

**Universidad Nacional  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Escuela de Ciencias Biológicas  
Centro de Investigación y Docencia en Educación  
Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias**

**Informe Escrito Final**

**Módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología**

**Tesis presentada como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias**

**Devi Diana Solórzano Cortés  
Jorge Eduardo Esquivel Naranjo**

**Campus Omar Dengo  
Heredia, 2021**

Este trabajo de graduación fue aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional mediante acta de aprobación UNA-ECB-ATFG-031-2021, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias.

Pablo Blanco V.

M.Sc. Pablo Blanco Vargas  
Presidente del Tribunal  
Representante del Decanato  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



M.Ed. Carolina Sancho Blanco  
Representante Unidad Académica  
Escuela de Ciencias Biológicas



Dr. Frank Solano Campos  
Tutor



Dra. Adriana Zúñiga Meléndez  
Asesora



M.Sc. Irán Barrantes León  
Invitado especial

## Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo el desarrollo de una propuesta de módulos de actualización profesional en biotecnología, dirigidos hacia los docentes de Biología en Educación Diversificada, que les permita desarrollar clases mediante el aprendizaje activo mientras se promueven habilidades, acorde con las nuevas políticas curriculares que ha implementado el país en los últimos años. La propuesta surge del análisis del programa de Biología para Educación Diversificada para detectar los contenidos vinculados a la biotecnología y se construye a partir de conocer el entorno de la biotecnología en las instituciones educativas y los factores que pueden influir en el abordaje de estas temáticas a través de la aplicación de un cuestionario a docentes participantes de una muestra seleccionada del 10% de instituciones por Dirección Regional de San José, Alajuela y Heredia y su posterior validación mediante expertos en la materia. Esta disciplina científica ha mostrado un crecimiento exponencial, ya que influye en múltiples actividades y procesos cotidianos, por tanto, diversos estudios han promovido su inclusión en el currículo educativo. Sin embargo, dichas investigaciones y este trabajo han detectado, a través del cuestionario a docentes, que la enseñanza de la biotecnología en múltiples países de Latinoamérica (incluido Costa Rica) es escasa, ya que no recibe el énfasis que su importancia demanda. Los resultados indican que dicho fenómeno se ve influenciado por concepciones propias de los docentes sobre temas que suelen ser controversiales, falta de infraestructura y tiempo, e incluso, su formación universitaria y profesional. Es por ello, que el MEP ha planteado una serie de desafíos que deben cubrirse, entre estos la capacitación y desarrollo profesional continuo del personal docente, al desempeñarse como facilitador del proceso y desarrollador de propuestas pedagógicas centradas directamente en el estudiante como responsable de su propio aprendizaje. Debido a lo expuesto, se genera esta propuesta que integra los diferentes elementos para dotar al docente de herramientas que, se espera, le permitan abarcar contenidos biotecnológicos actuales a través de actividades centradas en los estudiantes y su participación activa mientras se promueve el desarrollo de habilidades.

## **Agradecimiento**

Agradecemos profundamente a la Universidad Nacional, por ser nuestra segunda casa y permitir que formáramos nuestra carrera profesional en ella. Orgullosos de formar parte de los profesionales con sello UNA.

A todos los docentes que colaboraron con nosotros, brindándonos su valioso tiempo y la información necesaria para entender la realidad actual de la educación en biotecnología y así poder diseñar este trabajo.

A los académicos y expertos que participaron en los procesos de validación, por su tiempo y brindarnos las valiosas observaciones y recomendaciones, ya que esos aportes resultaron fundamentales para mejorar el trabajo.

A nuestro Comité Asesor, por velar que siguiéramos adelante y que este trabajo pudiera ser concluido. Por todas las observaciones, recomendaciones y palabras de apoyo.

A nuestros compañeros, ahora colegas, por ser pilar fundamental en todo ciclo cursado y por apoyar constantemente el trabajo realizado.

A nuestras familias, por darnos los recursos necesarios para poder asistir a la UNA, por su incansable compañía, guía y labor día a día para vernos triunfar.

## Dedicatoria

A todos los que han estado conmigo en cuerpo y también en espíritu. Llegué a la UNA desde lejos, y encontré un grupo de personas especiales que hicieron de esto una etapa inolvidable. Familiares, compañeros y amigos que me abrieron las puertas para poder continuar. A pesar de que a veces fue complicado, con estas personas se tornó llevadero.

*-Eduardo.*

Para todas las personas que han formado parte de mi vida en este proceso y me han dejado enseñanzas, aprendizajes y conocimientos que me han hecho cambiar en muchos aspectos y ser la persona que soy hoy. Nunca pensé ser tan feliz con lo que estudié y me doy cuenta de que tomé la mejor decisión. Para mi familia que ha sido un pilar fundamental para llegar a este punto, para mi adorado hijo que es mi motor y motivación, para mi pareja que me ayudó en los momentos más difíciles y de crisis, a mis amigos que siempre han estado para alentarme, para los profesores del comité que siempre nos ayudaron y motivaron para salir adelante con la tesis y para mi gran amigo y compañero de tesis por ser el complemento perfecto, soportamos mucho y preservamos hasta que finalmente terminamos.

*-Devi.*

# Índice

Resumen .....	II
Agradecimiento .....	III
Dedicatoria.....	IV
Índice .....	V
Índice de tablas .....	VII
Índice de figuras .....	VIII
Abreviaturas o acrónimos.....	IX
1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación .....	7
1.3. Problema .....	10
1.4. Objetivos.....	10
1.4.1. Objetivo General .....	10
1.4.2. Objetivos Específicos.....	10
2. Marco Teórico .....	11
2.1. Generalidades sobre Biotecnología. ....	11
2.2. Ámbitos de estudio de la biotecnología.....	12
2.3. Importancia de la biotecnología.....	16
2.4. Enseñanza secundaria en Costa Rica .....	18
2.5. Situación de la enseñanza de la biotecnología.....	19
2.6. Estrategias metodológicas utilizadas en la enseñanza de la biotecnología.....	20
2.7. Enseñanza basada en Aprendizaje activo. ....	22
2.8. Desarrollo de habilidades.....	24
2.9. Módulos de actualización. ....	25

3. Marco Metodológico .....	28
3.1. Paradigma .....	28
3.2. Enfoque .....	28
3.3. Tipo de estudio.....	29
3.4. Descripción de categorías .....	29
3.5. Fuentes de información.....	33
3.6. Descripción de los instrumentos a utilizar .....	35
3.7. Descripción del análisis a realizar .....	37
4. Resultados.....	39
4.1 Resultados del diagnóstico, análisis e interpretación.....	39
4.2. Producto didáctico: Módulos de actualización profesional .....	57
5. Conclusiones y recomendaciones.....	59
6. Referencias .....	63
7. Anexos.....	83

## Índice de tablas

Tabla 1. Procesos que abarca la biotecnología industrial.....	15
Tabla 2. Estrategias didácticas enfocadas en el ámbito de aprendizaje activo.....	23
Tabla 3. Tipos de pensamiento y sus competencias. ....	25
Tabla 4. Modalidades de capacitación.....	26
Tabla 5. Muestra participante .....	34
Tabla 6. Evaluación de los conceptos básicos sobre las aplicaciones de la biotecnología en la vida cotidiana que poseen los docentes de biología de educación diversificada...	46

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Análisis de elementos curriculares en relación con tópicos de biotecnología incluidos en el programa de estudios de Biología para Educación Diversificada del MEP 2018</i> .....	40
Figura 2. <i>Evaluación de los conocimientos básicos que tienen los docentes de Biología de Educación Diversificada sobre los colores en que se clasifica la biotecnología según su área de estudio</i> .....	44
Figura 3. <i>Estrategias de mediación empleadas por docentes de Biología de Educación Diversificada en sus lecciones para abarcar las temáticas de biotecnología</i> .....	49
Figura 4. <i>Problemáticas a nivel institucional que según los docentes de Biología de Educación Diversificada limitan su labor a la hora de impartir temáticas relacionadas con biotecnología</i> .....	51
Figura 5. <i>Problemáticas a nivel de formación docente que limitan la práctica a la hora de impartir temáticas relacionadas con biotecnología</i> .....	55
Figura 6. <i>Evaluación por juicio de expertos sobre criterios vinculados al diseño y estructura de la propuesta de módulos de actualización profesional en biotecnología</i> .....	60
Figura 7. <i>Evaluación por juicio de expertos sobre criterios relacionados con la viabilidad para la implementación de la propuesta de módulos de actualización profesional en biotecnología</i> .....	61

## Abreviaturas o acrónimos

ABP	Aprendizaje Basado en Problemas
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
ARN	Ácido Ribonucleico
BioEDUCAR	Red Iberoamericana de Educación en Biotecnología Agroalimentaria
CONARE	Consejo Nacional de Rectores
COV	Compuestos orgánicos volátiles
CRISPR	Repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas
E.I.B.E	Iniciativa Europea para la Educación de la Biotecnología
EE. UU.	Estados Unidos Americanos
EuropaBio	Asociación Europea de Bioindustrias
FEES	Fondo Especial para el Financiamiento de la Educación Superior
MICITT	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PEN	Programa Estado de la Nación
RAE	Real Academia Española
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UNA	Universidad Nacional de Costa Rica
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

## **1. Introducción**

A continuación, se presentan las investigaciones que, a nivel internacional y nacional, reflejan el estado de la cuestión en torno a la biotecnología y su inclusión en el proceso educativo. Esto ha permitido clarificar aspectos importantes sobre la enseñanza de esta disciplina científica, la cuál ha sido de relevancia en los últimos años debido a su crecimiento exponencial en situaciones y procesos cotidianos. Por otra parte, se indaga sobre cómo se ha llevado a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje a través del aprendizaje activo y cuáles han sido los resultados obtenidos, lo que puede evidenciar la importancia de la aplicación de estrategias de aprendizaje activo para el abordaje de temáticas de contenido científico o la necesidad de su desarrollo, lo que permite trazar la ruta de la presente propuesta.

### **1.1. Antecedentes**

Existen investigaciones tanto a nivel nacional e internacional sobre las percepciones y conocimientos que tienen docentes y estudiantes sobre la biotecnología y la importancia de su implementación en la educación. Además, de otros estudios donde se hace énfasis en las nuevas aplicaciones que se le está dando a esta disciplina, ya que contribuye en la mejora de la calidad de vida, lo cual permite visibilizar la importancia de su correcto abordaje en el sistema educativo actual. Es por ello, que adicionalmente se hace referencia al aprendizaje activo como metodología en auge, que se está implementando en distintas áreas de la educación por su capacidad de generar aprendizaje significativo, como mecanismo para el desarrollo de temas afines. Es por lo anterior, que se recurrió a diversas investigaciones para revisar algunos antecedentes del tema y su desarrollo en el ámbito educativo.

Roa-Acosta et al. (2008), en Colombia, a través de una revisión bibliográfica sistemática, analizaron elementos conceptuales sobre el conocimiento biotecnológico y la formación de los docentes. Dentro de las principales conclusiones se menciona que el proceso de enseñanza y aprendizaje en ciencias ha trascendido y que se han creado nuevos campos de estudio de gran importancia como la biotecnología. Además, el desarrollo educativo en países de Latinoamérica ha centrado sus investigaciones en el estudiante y cómo este aprendía activamente, influenciado por los nuevos avances científico-tecnológicos. También, al investigar sobre el proceso de formación docente; se menciona que elementos de dicho proceso formativo pueden tener gran influencia a la hora de

realizar la planificación, el desarrollo y la evaluación de las clases. Por lo que se dice que, la forma de pensar y el accionar tanto del docente como del educando, son elementos interdependientes para la creación e implementación de estrategias didácticas para abordar el tema de biotecnología.

Por otra parte, Roa y Valbuena (2014), en una investigación desarrollada en la Universidad Pedagógica Nacional en Colombia, enumeraron los principales hechos relacionados con la constitución de la biotecnología en el ámbito educativo en varios países del mundo, al revelar que, entre las primeras publicaciones provenientes de organismos internacionales, están las realizadas por la UNESCO en 1990. Además, resaltan que, desde la década de los ochenta, la biotecnología ya era de gran importancia en escuelas y universidades del Reino Unido y de Estados Unidos, y que desde el año 2006 se han creado redes como la Iniciativa Europea para la Educación de la Biotecnología (E.I.B.E) en países de la Unión Europea y la Red Iberoamericana de Educación en Biotecnología Agroalimentaria (BioEDUCAR) (para el caso de Latinoamérica y España), instituciones claves en el desarrollo de dicha disciplina científica. Tras estudiar el desarrollo biotecnológico, la investigación considera necesario el seguimiento de la configuración didáctica de este tema, pues seguirá en auge debido a la transformación de las concepciones sobre lo vivo y lo muerto que está generando. Sin embargo, aunque muchos docentes conocen su importancia; la falta de formación, experiencia y capacitación impide el desarrollo de una propuesta didáctica adecuada para abarcar los temas relacionados.

La inclusión de la biotecnología en el currículo educativo se ha vuelto muy importante durante los últimos años. Espinel (2015), de la Universidad Pedagógica Nacional en Colombia, desarrolló una revisión sistemática en la cual se seleccionaron 30 artículos de distintas bases de datos, con el objetivo de conocer los motivos por los cuales los países han decidido incluir temáticas biotecnológicas en educación secundaria y universitaria, así como conocer sobre las actividades y propuestas didácticas desarrolladas para tal fin. Se reveló que en los últimos 10 años se ha considerado de vital importancia la introducción de la biotecnología en las aulas, pues contribuye en la alfabetización científica de la ciudadanía, para lograr la participación democrática y la toma de decisiones en temas científicos y tecnológicos. Además, los docentes están comenzando a implementar estrategias didácticas innovadoras, en las cuales, el estudiante puede intervenir activamente; como prácticas de laboratorio, conversatorios con especialistas,

debates, creación de boletines electrónicos y proyectos escolares para abordar los contenidos.

Continuando con la temática anterior, Ocelli et al. (2018) resaltan la opinión que poseen los profesores de secundaria sobre la biotecnología, las temáticas que deben abarcarse y las estrategias metodológicas que se utilizan en el proceso de enseñanza y aprendizaje del tema. Para ello, trabajaron con docentes de biología de 21 escuelas de secundaria de la ciudad de Córdoba en España, mediante cuestionarios y entrevistas. Los docentes opinaron que el desarrollar correctamente esta temática ayuda al desarrollo del pensamiento crítico, la construcción de argumentos y la inclusión en la toma de acciones sociopolíticas responsables. Entre los contenidos seleccionados por los docentes para desarrollar, se encuentra la ingeniería genética y sus aplicaciones, sin embargo; la mayoría manifiesta que necesitan recibir capacitaciones. Además, las actividades preferidas son las relacionadas con el modelo típico de transmisión, pero también algunos optan por usar actividades grupales como prácticas de laboratorio, debates guiados de temas controversiales, análisis y búsqueda de información en medios de comunicación. Todos concluyen en que el simple hecho de su inclusión en el currículo educativo no es suficiente.

En una investigación sistemática por Lazaros y Embree (2016), elaborada en Turquía, concluyen que, con el desarrollo avanzado de la ciencia y la gran popularidad que va tomando esta disciplina, es fundamental que se cree una cercanía con los educandos hacia la biotecnología desde edades tempranas. Además, indican que es de vital importancia que los docentes se capaciten constantemente para actualizarse en las nuevas temáticas y avances; para solventar el problema de materiales y laboratorios existen las simulaciones y modelos en línea que pueden ayudar a los docentes a realizar demostraciones de principios de la biotecnología, esto para evitar que el conocimiento se vuelva abstracto. Sugieren también que las mismas empresas que capacitan a los docentes pueden ser las proveedoras de materiales básicos para permitir la realización de los experimentos. Todo esto para motivar a los estudiantes en su participación dentro del campo biotecnológico y con ello promover la alfabetización científica.

Es importante resaltar que la labor de los docentes se verá influenciada en gran parte por su formación inicial, por lo que Pontes et al. (2016), en España, efectuaron un estudio con 188 estudiantes de carreras de enseñanza y aprendizaje de materias científicas, en la Universidad de Córdoba. Este dio como resultado que la mayoría de los futuros docentes

poseen creencias y concepciones previas que pueden influir en su posterior desempeño en las aulas. Además, la mayoría coinciden en que el uso de estrategias de aprendizaje activo con enfoque constructivista es el más apropiado. Esto porque el aprendizaje significativo surge producto del conocimiento inicial, la comprensión de la nueva información y la relación con ideas previas. Para ellos, la mejor forma de enseñar ciencias es desarrollar el método científico en el aula. Los autores creen que estos resultados se debieron a los conocimientos adquiridos en las materias de carácter psicopedagógico, por lo que se demuestra como la formación del docente juega un papel vital.

Una problemática que enfrenta la biotecnología en el ámbito educativo es mencionada por Espinel y Valbuena (2016) en su revisión sistemática en la cual analizaron 15 investigaciones de diversos países extraídas de distintas bases de datos relacionadas con el tema “creencias y conocimientos de la biotecnología en la escuela”, cuyo objeto de estudio fueron profesores y estudiantes. Como resultado, se concluyó que si bien las investigaciones sobre biotecnología en educación han aumentado, no existe un consenso sobre la naturaleza epistemológica de esta, pero sí concuerdan en que dicha disciplina es clave para la alfabetización científica. Además, se le está dando más importancia a los avances modernos, lo que deja de lado el desarrollo histórico de esta, lo que provoca una visión reducida acerca de la misma y con ello, que los docentes encuentren obstáculos a la hora de impartir sus lecciones, reflejando la necesidad de estar capacitándose constantemente en esta área.

De la mano con el estudio anterior, De la Vega et al. (2018), en la Universidad de Cádiz en España, llevaron a cabo un estudio donde participaron 104 estudiantes de décimo nivel de las provincias Huelva y Málaga. Los resultados de la investigación indicaron que la mayoría de los estudiantes tienen amplios conocimientos sobre biotecnología moderna, pero que, en procesos como la producción de panes mediante la fermentación, proceso estudiado por la biotecnología tradicional, no logran asociar los conceptos. Según los investigadores, a veces un aspecto tan básico como el propio desconocimiento del ADN y su transmisión, además de la falta de relación con los procesos biológicos pueden generar estos vacíos. Es por todo esto que los autores recomiendan la generación de seminarios, mesas redondas y capacitaciones donde los docentes puedan actualizarse, informarse y debatir sobre los nuevos modelos de aprendizaje propuestos para definir el más adecuado para impartir la temática de biotecnología.

Frente a la deficiencia en los modelos tradicionales de enseñanza en la biotecnología y el interés de los docentes en implementar estrategias novedosas, se ha venido investigando el uso del aprendizaje activo como modelo de enseñanza. Müeller et al. (2015) realizaron en Luisiana, EE. UU, un estudio cuasiexperimental donde participaron estudiantes para explorar los efectos de la aplicación de una unidad de aprendizaje activo, denominada The Apple Genomics Project, versus una unidad de aprendizaje pasivo con el objetivo de establecer los conocimientos adquiridos al contrastar las dos metodologías, empleadas durante 9 lecciones de 50 minutos. Los resultados arrojaron un aumento del conocimiento en campos como la biotecnología y la genética; además, los estudiantes participantes del The Apple Genomics Project obtuvieron calificaciones significativamente mayores en pruebas. Los autores concluyen que el aprendizaje activo puede involucrar a los estudiantes de secundaria en procesos de generación del conocimiento científico.

Por otra parte, Ballester y Moral (2014), en España, analizaron experiencias de educación activa en estudiantes de enseñanza y didáctica de asignaturas relacionadas con biotecnología y bioprocesos, en la universidad de Pablo de Olavide, esto al utilizar el simulador Aspen Batch Process Developer. Los resultados fueron positivos, ya que los autores indican que fue una forma de poner fin al clásico modelo utilizado en la enseñanza, donde se concibe al profesor como un mero transmisor de conocimientos. Señalan, además, que el aprendizaje activo resulta fundamental para desarrollar habilidades y competencias en los estudiantes, ya que estos son participes de su propio aprendizaje y que en este el docente actúa como un mediador que ayuda y supervisa para favorecer el aprendizaje. Todo esto genera un buen ambiente en el aula, motivación y aprendizaje significativo; sin embargo, son realistas en que, actualmente, este modelo educativo se incluye muy poco en los planeamientos, por la falta de docentes capacitados, pues el proceso de mediación es complejo.

Como se ha investigado en antecedentes, el aprendizaje activo abarca estrategias metodológicas y evaluativas variadas. Cortés et al. (2015) ejecutaron un estudio en Colombia, en el cual trabajaron con 30 docentes que asistieron a un diplomado de tecnología educativa, donde se desarrolló el enfoque constructor del aprendizaje activo y se usó la herramienta educativa “E-portafolios” para compartir sus opiniones y experiencias a lo largo del curso. Entre las conclusiones generadas se destaca que este tipo de estrategias propician un aprendizaje activo, apoyan los procesos pedagógicos y

generan conocimiento conforme se construyen herramientas que promueven el pensamiento, se comparte y se busca la mejora a través de la retroalimentación entre pares. Además, propicia un entorno de colaboración docente-estudiante, donde el estudiante tiene que difundir y producir, lo que promueve competencias y habilidades, concluyendo en aprendizajes significativos. Los docentes mencionan la importancia del uso de las TIC para potenciar el aprendizaje activo en los estudiantes.

Frente a la variedad de estrategias didácticas que existen desde el enfoque del aprendizaje activo, muchos autores apoyan su uso en el área de la biotecnología, entre ellos están Vilanova y Gadea (2018), los cuales realizaron un estudio para evaluar el grado de satisfacción de estudiantes que llevaron el curso de genómica, del grado de biotecnología en la Universidad Politécnica de Valencia. En este se implementaron metodologías del aprendizaje activo como clase inversa y el aprendizaje basado en proyectos. Los resultados indicaron la gran satisfacción y aceptación que presentaron la mayoría de los estudiantes frente a estas nuevas metodologías, consideran que son las más efectivas ya que estas han contribuido a mejorar la comprensión y aplicación de los conceptos de la asignatura y su interacción con el profesor, además se sintieron muy motivados con la asignatura y la catalogaron como “interesante”. Para los autores, estas metodologías dan énfasis en un aprendizaje más aplicado, profundo y con mejor entendimiento de las temáticas, además, se propicia que aumente la responsabilidad por parte del estudiante e incrementa su sentido de autonomía.

En Costa Rica, un estudio elaborado por Villegas (2017) buscaba conocer la función del currículo de Biología relacionado con la temática de biotecnología y la percepción que poseen los estudiantes. Este se produjo mediante encuestas y cuestionarios a 90 estudiantes de 3 colegios de San Carlos, 3 docentes y 2 asesores de ciencias. Los resultados indicaron que el desarrollo de temáticas biotecnológicas, en secundaria, se realiza de forma poco frecuente e ineficiente, además, demostró que aunque los docentes tengan conocimientos de la temática, no utilizan estrategias adecuadas que potencien el aprendizaje e interés de los estudiantes. Los conocimientos que poseen los estudiantes son muy básicos. La autora concluye que los docentes poseen un gran reto en sus aulas para el desarrollo de estas temáticas y que para ello, son necesarias nuevas estrategias didácticas que propicien el interés y la motivación hacia la biotecnología, usar la tecnología y los sentidos constituyen herramientas importantes.

## 1.2. Justificación

Con el pasar del tiempo, la biotecnología ha tomado un papel muy importante en el desarrollo científico-tecnológico, ya que se han logrado grandes avances en muchos ámbitos de la cotidianidad como el médico, industrial, agropecuario y en la obtención de muchos otros bienes y servicios (terapias, limpieza y recuperación de espacios naturales contaminados, producción de textiles, pigmentos y materias primas, por citar algunos ejemplos) en los cuales se utilicen organismos biológicos. Massieu et al. (2015) mencionan que dentro de lo que se conoce como la “tercera revolución científico-tecnológica”, la biotecnología es una línea muy importante de investigación, pues se argumenta que esta será el motor de la alfabetización científica, y con ella, el cambio social.

No obstante, los avances biotecnológicos siguen siendo, en muchos casos desconocidos por la sociedad, y se limita así la participación ciudadana, la alfabetización y el desarrollo. Es por ello por lo que se debe propiciar la apertura de espacios de comunicación científica y la inclusión de las nuevas líneas científico-biotecnológicas en los programas educativos. Lo anterior debido a que la educación es esencial para el progreso de cualquier país y en la actualidad, con la globalización, la educación científica y tecnológica han tenido una gran importancia en la formación básica de la mayoría de los países. Como lo mencionan Vázquez y Manassero (2009) la calidad de la educación en ciencia y tecnología reside en su contribución a la preparación de la ciudadanía; esto en áreas como la capacitación laboral, la sociedad del conocimiento y la información, la globalización, el conocimiento de las nuevas tecnologías, la formación de científicos y la competencia profesional en las industrias y empresas.

Al saber la importancia que tiene para un país el desarrollo de la educación científica-tecnológica, actualmente la enseñanza de las ciencias enfrenta tres grandes retos: el primero corresponde a la incursión, en los programas de secundaria; de contenidos modernos e importantes sobre biotecnología, que propicien el desarrollo de personas críticas con discernimiento para la toma de decisiones y participación social activa, a través de estrategias didácticas innovadoras que logren desarrollar habilidades en los estudiantes. El segundo reto es motivar e involucrar a los educandos en el estudio de esta disciplina, ya que actualmente la forma de abarcar los temas hasta ahora propuestos, por parte de algunos docentes; está muy limitada y hace que, para el estudiante, sea algo difícil de comprender. Lo expuesto anteriormente genera una reducción en el conocimiento de

sus aplicaciones, al considerar la biotecnología como algo aislado de su vida cotidiana. Un tercer reto radica en la actitud y posición presente las personas frente a la biotecnología, influenciadas muchas veces por factores socioculturales o por falta de conocimiento, por ello la gran labor que adquiere la educación en el ámbito de la biotecnología, de informar y generar posturas críticas sobre los nuevos avances biológicos y tecnologías en la sociedad.

El predominio del método de transmisión donde los docentes se dedican a la exposición de los temas debido a la falta de capacitación, el escaso acceso y uso de laboratorios, las limitadas visitas a centros de ciencia y tecnología, la falta de uso de recursos audiovisuales y tecnológicos, son algunas de las razones que impulsan a formular una nueva propuesta de actualización profesional dirigida a los docentes de Biología de secundaria. La misma se centra en el desarrollo de habilidades, que propicien una mejora en la labor educativa y con ello contribuir en esta área, la cual está un tanto limitada y poco explorada en la educación costarricense y latinoamericana.

Valdez et al. (2004) mencionan que los jóvenes con un alto grado educativo poseen amplios conocimientos en el área de biotecnología y son conscientes que esta mejorará la calidad de vida en 20 años, la aceptan como herramienta para mejorar la competitividad de Costa Rica. Sin embargo, los estudiantes de otras disciplinas como sociales y arte, poseen deficiencias y rechazos sobre las temáticas relacionadas con dicha disciplina científica. Esto refleja que, a nivel de secundaria, los estudiantes no están recibiendo la correcta formación en este ámbito. Lo expuesto anteriormente deja en evidencia el estado de la enseñanza de la biotecnología, ya que; al comparar los datos anteriores con la situación actual, 15 años después; la enseñanza de biotecnología en secundaria sigue siendo similar. No se han presentado cambios significativos a nivel de currículo o a nivel de capacitaciones docentes para generar un avance en el proceso enseñanza y aprendizaje de dicha área. De la Vega, Lorca y De las Heras (2018), afirman que muchas de las investigaciones en estos últimos años se han enfocado en el déficit conceptual y actitudinal de todos los estudiantes sin importar su edad, hacia los procesos afines con la biotecnología y los conceptos relacionados.

Actualmente se han modificado los programas de estudios del Ministerio de Educación Pública (MEP) y ahora su enfoque se centra en el desarrollo de habilidades y competencias, esto como respuesta a las nuevas necesidades (sociales, económicas y culturales, entre otras). El propósito de este cambio, según Argudín (2015) viene

derivado de las teorías de cognición y se centra en necesidades, estilos de aprendizaje y potencialidades individuales para que el estudiante llegue a desarrollar determinadas destrezas demandadas por la sociedad. Además, según el MEP (2018), se busca la evolución del enfoque tradicional centrado en contenidos hacia enfoques participativos de formación integral que promuevan en los estudiantes habilidades para la comunicación, pensamiento crítico y reflexivo, toma de decisiones y resolución de problemas mediante la aplicación de procesos propios de las ciencias.

Por lo que el propósito de esta investigación es el desarrollo de una propuesta de actualización profesional en biotecnología para docentes de Biología de secundaria. Dicha propuesta se centra en el aprendizaje activo como un enfoque de enseñanza que facilite el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología. Se pretende, además, que este trabajo sea una herramienta para la actualización y mejora de la labor educativa del docente, a través del desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, sistémico y científico, así como para resolución de problemas, comunicación y colaboración, que permitan responder ante las nuevas necesidades de la educación costarricense, en un área que ha sido invisibilizada pese a su importancia.

De modo que este instrumento permita ajustar un elemento educativo importante como lo es la biotecnología, según lo han mencionado los autores anteriormente, a los nuevos paradigmas y políticas educativas que se han implementado recientemente en el país, de modo que se le permita al estudiante, como centro de su proceso de aprendizaje, y al docente, como guía de dicho proceso, trabajar de forma integral los contenidos establecidos en el programa de estudio, no de forma memorística, sino que a través de la aplicación y vinculación con situaciones cotidianas, de forma que se adquiera el conocimiento de la temática al mismo tiempo que se promueve la criticidad, toma de perspectivas, comunicación de información y colaboración entre pares, con el objetivo de buscar una adecuada preparación en los estudiantes, para los retos de la sociedad.

### **1.3. Problema**

¿Cómo promover el desarrollo de habilidades en los profesores de Biología de Educación Diversificada mediante una propuesta de módulos de actualización profesional basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología?

### **1.4. Objetivos**

#### ***1.4.1. Objetivo General***

Desarrollar una propuesta de módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología.

#### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

1. Identificar los elementos curriculares propuestos en el programa de estudio de Biología para Educación Diversificada relacionados con biotecnología.
2. Caracterizar los conocimientos con los que cuentan los profesores para el desarrollo los contenidos relacionados con biotecnología del programa de estudio de Biología para Educación Diversificada.
3. Reconocer las estrategias de mediación implementadas por los profesores de Biología en el abordaje de los contenidos de biotecnología en el programa de Biología de Educación Diversificada.
4. Identificar las problemáticas institucionales y de formación que enfrenan los docentes de Biología a la hora de desarrollar los contenidos relacionados con biotecnología del programa de Biología de Educación Diversificada.
5. Validar una propuesta de módulos de actualización en biotecnología enfocados en el desarrollo de habilidades mediante el aprendizaje activo.

## 2. Marco Teórico

En este capítulo se presentan los sustentos teóricos que permiten explicar claramente cada uno de los conceptos básicos entorno a la biotecnología, su definición, áreas de estudio, así como algunas aplicaciones y su importancia, y cómo esta se ha ido relacionando e incorporando en el proceso de enseñanza secundaria costarricense.

### 2.1. Generalidades sobre Biotecnología

El término “Biotecnología” fue utilizado por primera vez en 1919 por Karl Ereky con el objetivo de referirse a la obtención de productos a partir del uso de organismos vivos (Ferry, 2014). Sin embargo, mencionan Espinel-Barrero y Valbuena-Ussa (2018) que el auge que esta ha tenido en los últimos años se debe a la incorporación de técnicas de ingeniería genética a microorganismos procariontes, células vegetales y animales, lo que generó, por ejemplo; la síntesis biotecnológica de insulina en 1978, contribuyendo así, a la consolidación de la biotecnología como ciencia y, a partir de esto, se empezaron a desarrollar una gran variedad de aplicaciones y procedimientos comerciales en diversos ámbitos que cada día van en crecimiento, y formar con ello, una gran industria biotecnológica que representa un sector muy productivo en el mundo.

Con base en lo mencionado anteriormente, la biotecnología es muy antigua, por lo que se ha creado una división de esta según su evolución temporal, que ubica en primer lugar, a la biotecnología antigua, que como indican Salinas et al. (2016), estaba orientada principalmente a aplicaciones para la conservación y transformación de alimentos, como la fermentación para hacer licor realizada por civilizaciones antiguas y que se extendió hasta el área de salud con el descubrimiento de las vacunas. Y en segunda instancia, la biotecnología moderna, la cual se originó en los años sesenta con importantes avances en biología celular como la genética molecular y del desarrollo y el descubrimiento de la estructura del ADN. Sin duda fue marcada de forma especial por el descubrimiento de la ingeniería genética y los anticuerpos monoclonales (Massieu et al., 2015). Además, con los grandes avances que han acontecido desde los años noventa sobre conocimientos biológicos como células madre, biología de sistemas y sintética, nanotecnología, bioingeniería y otros nuevos campos que evolucionan de forma rápida, se ha agregado el concepto de biotecnología actual o contemporánea (Muñoz, 2014).

La biotecnología se considera una ciencia multidisciplinar, pues está compuesta por una gran cantidad de técnicas provenientes de la química, agronomía, biología molecular, microbiología, ingeniería, medicina, genética, nutrición, veterinaria, informática, la estadística y otras disciplinas relacionadas que utilizan, para diversos fines, organismos vivos como bacterias, virus, hongos, células vegetales o animales. Es entonces, definida como la aplicación de principios científicos y tecnológicos mediante el uso de organismos vivos o compuestos a partir de ellos para producir bienes y servicios (Organización de Naciones Unidas [ONU], 1992; Albetis, 2016; Casillas, 2017). Otra definición la aportan Bull et al. (como se citó en Vargas y Mora, 2014), la cual dice: “se entiende por biotecnología a la actividad multidisciplinaria que comprende la aplicación de los principios científicos y de la ingeniería al procesamiento de materiales por agentes biológicos para proveer bienes y servicios” (p. 18). La definición anterior es actualmente la aceptada por instituciones del país tales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT).

## **2.2. Ámbitos de estudio de la biotecnología**

En la actualidad, con los nuevos avances científicos y la aparición de nuevas tecnologías, la biotecnología se ha convertido en herramienta vital y de gran uso en diversos campos científicos e industriales. Esto ha traído como consecuencia la implementación de un método de clasificación al utilizar un sistema de colores, que se designa de acuerdo con el área de estudio, sus características y utilidades.

### ***Biotecnología roja (biotecnología médica)***

Es la relacionada con la medicina humana y animal, la cual menciona Espíritu et al. (2014), busca tratar las diversas patologías existentes mediante nuevos tratamientos que utilicen tecnologías basadas en silenciamiento de genes, anticuerpos monoclonales, péptidos, entre otras. En esta se encuentra todo lo relacionado con el diseño de organismos para producir antibióticos, vacunas más seguras y eficientes, fármacos, diagnósticos moleculares, terapias regenerativas, ingeniería de tejidos y tratamiento de enfermedades mediante manipulación genética (Martínez, 2017).

Sin embargo, el desarrollo de la biotecnología roja ha requerido un proceso de muchos años para lograr todos los productos y servicios que tenemos en la actualidad. Como citan

Mauriz et al. (2014), fueron de gran importancia los trabajos de Jenner y Pasteur, quienes fueron pioneros de la inmunización, pues crearon las primeras vacunas y sus aplicaciones. Además, en 1928 Fleming descubrió la penicilina y Griffith estableció el principio de transformación. En 1953 Watson y Crick descubrieron la estructura del ADN, lo cual fue el inicio de la biología molecular que permitió descubrir genes, determinar su función y participación en el desarrollo que enfermedades para que con ello se lograra su diagnóstico, tratamiento y prevención (Albetis, 2016). En los años 70 se comienzan a usar las tecnologías de hibridomas para la creación de anticuerpos monoclonales y en el año 2001 fue importante la publicación del borrador de la secuencia del genoma humano y la investigación con células madre, lo cual contribuyó con nuevos procesos biotecnológicos como el primer anticuerpo murino humanizado (Mauriz et al., 2014).

En los últimos 10 años, las nuevas tecnologías en genómica, proteómica, ingeniería de tejidos y terapia celular han dado un gran salto (Valdés et al., 2018). Producto de ello, científicos han logrado trabajar en técnicas para editar el genoma de los seres vivos, al generar que en el año 2012 se lograra editar ADN mediante el CRISPR-Cas9, se cree que este avance ha marcado una nueva etapa en la historia del dominio del ser humano sobre la vida (Bellver, 2016). Debido a su impacto, la Real Academia Sueca de Ciencias otorgó el Premio Nobel de Química 2020 a Emmanuelle Charpentier (Unidad Max Planck para la ciencia de los patógenos, Berlín, Alemania) y Jennifer A. Doudna (Universidad de California, Berkeley, EE. UU.) por el desarrollo de un método de edición del genoma (Nobel Prize Outreach AB, 2021).

### ***Biotecnología azul (biotecnología marina)***

Describe las aplicaciones en ambientes marinos y dulceacuícolas para la generación de productos y aplicaciones de interés industrial en la medicina, alimentación, cosmetología y agricultura, además de la generación de fuentes de energía no contaminantes (García-Romeral et al., 2017). También, incluye procesos de mejoramiento genético de especies acuáticas para aumentar su productividad y resistencia a enfermedades, al tomar en cuenta la gran contaminación que poseen los mares (Gómez-Pinchetti, 2015).

Las microalgas son consideradas organismos muy útiles para generar productos naturales como fuentes energéticas, principalmente la creación de biocombustibles tipo bioetanol y biodiesel, también se pueden utilizar a manera de suplemento en pastas, vino,

refrescos, cereales y en el tratamiento de aguas para retirar metales pesados del medio acuático (Bonell, 2009). Por otra parte, existe gran variedad de productos biotecnológicos en el mercado que se han producido a partir de organismos marinos, por ejemplo, el salmón transgénico AquAdvantage, el cual se convirtió en el primer animal genéticamente modificado autorizado para consumo humano (Corti, 2015). También se han creado fármacos para combatir diversos tipos de cáncer, como mencionan Hernández et al. (2013), el primer antitumoral del mundo, la ecteinascidina 743 procedente del tunicado *Ecteinascidia turbinata* y que hoy se comercializa en 80 países como tratamiento para el sarcoma de tejidos blandos y el cáncer de ovario, la hemiasterlina (E7974) aislada de una anemona marina (*Hemiasterella minor*) para combatir el cáncer de próstata y esófago o el *Ticoralina* para combatir el cáncer de mama, colon, pulmón y páncreas.

### ***Biotecnología verde (biotecnología agrícola)***

Se refiere a la biotecnología aplicada a los procesos agrícola-ganaderos. Es la encargada del tema de cultivos in vitro y clonación de plantas de interés, desarrollo de cultivos resistentes a plagas, producción de biofertilizantes y biopesticidas. También, se relaciona con la obtención de alimentos con mayor contenido nutricional y lo relacionado con su transporte y almacenamiento (Amaro-Rosales y Villavicencio-Carbajal, 2015; Chauvet, 2015). Un avance muy importante de la biotecnología agrícola es la creación de plantas transgénicas, las cuales están diseñadas para crecer bajo condiciones ambientales adversas como inundación o sequía; además, plantas resistentes a determinadas enfermedades y plagas.

En el campo forestal, indican Centelles y Ferrer (2016) se incluye el mejoramiento genético de especies arbóreas al utilizar la ingeniería genética, para optimar la calidad de la madera y su resistencia a factores del ambiente; además, de la creación de papel de forma amigable con el ambiente. En la ganadería, se aplica mediante la modificación genética de animales, para aumentar la productividad (Mestries, 2015). Según Chauvet (2015) la biotecnología ha llegado entonces a consolidar a la agricultura y la ganadería como una rama muy importante de la industria.

### ***Biotecnología blanca (biotecnología industrial)***

Se refiere a todos los usos de organismos vivos o sus derivados en procesos industriales. Su fin es utilizar bacterias, hongos y otros microorganismos para la creación de productos químicos o nuevos materiales de uso doméstico y biocombustibles, que sean

más eficientes, al consumir menos recursos naturales y ahorrar energía. Sustituye así, los contaminantes químicos peligrosos que se utilizan en la actualidad (Tang y Zhao, 2009). Los crecientes avances científico-tecnológicos presentados sobre la estructura y transformaciones de los materiales biológicos, indican Oliart-Ros et al. (2016), han hecho que esta área sea la de mayor demanda, con crecientes avances y aporte superior a la actividad económica de los países. La biotecnología industrial abarca el 5% de los procesos químicos mundiales, esto no solo por la generación de nuevos productos, sino también; por la conexión que se ha creado entre estos conocimientos y los procesos tradicionales de miles de años.

Rendueles y Díaz (2014) dividen la biotecnología industrial en tres campos que se muestran en la tabla 1, según los procesos manejados: utilización de microorganismos, aplicación de enzimas o el aprovechamiento de materiales biológicos. A continuación, se muestra la propuesta de estos autores donde se mencionan ejemplos de procesos que abarca la biotecnología industrial basados en dicha clasificación.

**Tabla 1**

*Procesos que abarca la biotecnología industrial*

Biocatalizador	Productos	Ejemplos
Células	Productos químicos	Bioetanol, bioplástico y ácidos orgánicos
	Enzimas	Celulasas y amilasas
	Inóculos	Levadura del pan
	Productos farmacéuticos	Antibióticos, esteroides y hormonas
	Tratamientos ambientales	aguas, metano y COV
	Alimentos	Bebidas, vitaminas, quesos, cárnicos
	Tejidos	Piel
Enzimas	Productos químicos	Glutamato y aminoácidos
	Síntesis orgánica	Hidrolasas (lipasas y proteasas)
	Productos comerciales	Detergentes enzimáticos
Sin biocatalizador	Productos vegetales	Papel y azúcar
	Grasas animales	Mantecas y sebos
	Grasas vegetales	Aceites
	Producto animal	Hormonas, sangre, lactosuero

*Nota.* Información tomada y adaptada de Rendueles y Díaz (2014).

### ***Biotecnología gris (biotecnología ambiental)***

Está relacionada con los procesos y usos enfocados al cuidado del medio ambiente y los recursos naturales. De gran importancia, ya que el medioambiente y el buen estado del

planeta son temas de prioridad mundial. Comprende desde el mantenimiento de la biodiversidad, al utilizar herramientas que aplican técnicas de clonación para preservar especies, hasta la eliminación de agentes contaminantes empleando microorganismos y plantas (Sepúlveda, 2015). Adicionalmente, incluye también aplicaciones de análisis genético de poblaciones y especies, tecnologías de almacenamiento de genomas, entre otros usos (Villena, 2014).

Existen 4 procesos muy importantes que han surgido como productos de los avances en materia de biotecnología ambiental:

- ✓ La biorremediación, que Blasco y Castillo (2014) definen como el proceso por el cual los microorganismos convierten sustancias tóxicas y moléculas orgánicas en otras menos tóxicas y más pequeñas (biomasa microbiana). En la actualidad, al ser el área de la biotecnología ambiental más conocida, se están creando organismo genéticamente modificados para dicho fin.
- ✓ La fitorremediación se deriva del proceso anterior y aún se encuentra en desarrollo. Consiste en el uso de plantas para limpiar ambientes muy contaminados, debido a la capacidad de las plantas de absorber y tolerar altas concentraciones de contaminantes (Cota-Ruiz et al., 2018).
- ✓ La biominería reúne una serie de procesos microbiológicos que se utilizan para recuperación de metales a partir de los minerales (Bernadelli et al., 2017).
- ✓ Bioenergía, como indican Rincón y Silva (2014), es la obtención de energía renovable mediante la transformación de materia orgánica, proveniente de algún proceso biológico. Sus usos más conocidos son los biocombustibles.

Esta es la clasificación más reciente y ha sido considerada como la de mayor proyección a mediano plazo.

### **2.3. Importancia de la biotecnología**

La biotecnología está evolucionando de forma rápida, cada día abarca más áreas de estudio y actualmente se están desarrollando investigaciones e innovaciones catalogadas como “increíbles” debido a la complejidad que presentan y la gran cantidad de aportes que pueden generar al mejoramiento de la calidad de productos y servicios (Mestries, 2015). Por ejemplo, estudios del ADN y ARN, ingeniería celular y de tejidos relacionado con la salud humana, bioinformática para creación de aplicaciones para el análisis de

datos, nanotecnología, industria alimenticia para hacer productos más nutritivos y saludables, biocombustibles para ahorro energético, entre muchos otros ejemplos.

Actualmente, la biotecnología se ha consolidado como una nueva forma de economía, ya que cada uno de sus campos de estudio abarca los sectores tradicionales en que se divide la actividad económica, lo cual es de gran interés para los países (Salinas et al., 2016). Las industrias biotecnológicas actualmente están buscando posicionarse como uno de los principales ejes para el progreso económico de países en vías de desarrollo.

En Costa Rica, la biotecnología ha tenido un impacto positivo en el área agrícola, donde las prácticas para el mejoramiento y calidad de los cultivos y alimentos han sido las mayormente beneficiadas (Consejo Nacional de Rectores [CONARE], 2003). En el área de salud, especialmente en las ciencias médicas y farmacéuticas, se han tenido los mayores avances en los métodos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades genéticas. Es sabido que antes muchas personas morían a causas de diabetes pero en 1978 se comenzó a comercializar la insulina, lo cual ha evitado la muerte de miles de personas en todo el mundo (Albetis, 2016). Lo anterior evidencia el alcance de innovaciones en términos de técnicas y productos con utilidad económica en los que están inmersos el conocimiento tecnocientífico obtenido.

Si continuamos en el ámbito de la salud, la biotecnología ha buscado cambiar el concepto de salud, al dirigirse cada vez a una medicina más personalizada, con tratamientos más eficaces y hechos a la medida (Martínez, 2017). En la industria se ha logrado la reducción significativa de costos, la sustentabilidad, la percepción positiva de procesos industriales y el uso de materiales biodegradables, así como la reducción del consumo de energía, de generación de desechos y emisiones de gases de efecto invernadero (Ferry, 2014).

En la industria agroalimentaria, el desarrollo de productos que permiten aumentar la producción global es de vital importancia, ya que con ello se logra responder a las distintas necesidades de alimentación de la poblacional mundial. En materia medioambiental, el reemplazo de fuentes no renovables de energía ha venido a generar un gran beneficio y alivianar la preocupación de agotar los limitados recursos del planeta. Por ello, la biotecnología es de gran importancia ya que significa un ejercicio de desarrollo de la mano de la sostenibilidad, cuyo fin es la búsqueda de un bienestar común a lo largo del

tiempo, al lograr la existencia continua de los humanos, y causar el menor impacto en la naturaleza y en búsqueda de un equilibrio entre el hombre y su medio (Amaro-Rosales y Villavicencio-Carbajal, 2015).

#### **2.4. Enseñanza secundaria en Costa Rica**

Según la Ley Fundamental de Educación (Ley 2160, 1957) la enseñanza secundaria en Costa Rica se compone de estructuras y modalidades enfocadas en la cobertura de necesidades generales y vocacionales de la persona. La finalidad de dicho ciclo educativo contempla el desarrollo del pensamiento crítico-reflexivo como herramienta en la resolución de problemas e impulsar el progreso. Así mismo, se propone el desarrollo de aptitudes, habilidades y destrezas que orienten al estudiante y propicien su desenvolvimiento en actividades vocacionales o profesionales.

Para conseguir buenos resultados según los fines propuestos, el MEP plantea una serie de desafíos entre los que se encuentran: (1) Capacitación y desarrollo profesional continuo del personal docente, como facilitador del proceso y desarrollador de propuestas pedagógicas, (2) Propuestas pedagógicas centradas directamente en el estudiante, como responsable de su propio aprendizaje, (3) Modificación de los ambientes de aprendizaje, buscando la innovación, diversidad y creatividad, que integre lo lúdico y (4) Evaluación y retroalimentación de los procesos educativos (Programa Estado de la Nación [PEN], 2017).

El objetivo es que los estudiantes, al ser los responsables de su propio aprendizaje, logren construir su propio conocimiento, guiados por el educador como mediador del proceso pedagógico, a través de la indagación, la experimentación y la contrastación de conocimientos que presente el educando, ya que el grado de aprendizaje depende del desarrollo de los conocimientos previos, los que a su vez aportan a la formación de los nuevos conocimientos (Jaramillo, 2019). Así mismo, Zúñiga-Escobar (2017) expresa que uno de los objetivos de las personas en el ejercicio de la labor docente a la hora de impartir los contenidos es identificar si los estudiantes realmente adquieren y aprenden los conocimientos necesarios. La educación se plantea el fin de que los educandos puedan aplicar los conocimientos de forma práctica en las situaciones que se presenten en la vida cotidiana, ya sea social o profesionalmente.

## **2.5. Situación de la enseñanza de la biotecnología**

La ciencia está en constante desarrollo y deben considerarse los aspectos relevantes, como los grandes avances científico-tecnológicos en genética, biología molecular, clonación y el genoma humano. Es necesario que los docentes sepan cómo incorporar al proceso educativo todos esos conocimientos ligados a la actualidad científica, mediante procesos significativos de enseñanza, ya que dichos avances han permitido a la ciencia y a la humanidad, proyectar un futuro y asumir nuevos retos (Jaramillo, 2019).

Debido a lo expuesto anteriormente, mediante la transformación curricular reciente en los todos los programas de estudio de la oferta académica del MEP, y especialmente, para efectos de esta investigación, en Biología, se busca la integralidad en el proceso, en el cual, el estudiante es el centro del hecho educativo. Se pretende que el educando sea el responsable de su propio proceso de aprendizaje, por lo que este debe responder a las expectativas y metas propias de la persona. Se redirige el proceso educativo del país, del enfoque tradicional, que estaba centrado en el conocimiento del docente y los contenidos, hacia enfoques de participación estudiantil. La nueva perspectiva pedagógica busca la formación integral del educando, mediante el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo, y la habilidad de comunicación, teniendo presente el desarrollo científico y tecnológico (MEP, 2018).

Bernal (como se citó en Jaramillo, 2019) recalca la relevancia del descubrimiento de saberes a través de las ciencias naturales. Lo que constituye una situación didáctica donde se refuercen las habilidades y capacidades como formadoras de personas críticas a través de la observación, la investigación y la experimentación. Los docentes deben aplicar estrategias enfocadas en generar aprendizaje integral, significativo que posibilite al estudiante realizar innovaciones creativas ligadas a los conocimientos científico-tecnológicos.

El sexto informe del Estado de la Educación, del Programa Estado de la Nación (PEN, 2017) hace referencia a la medida del MEP sobre el cambio de la mayoría de los programas de estudio en las asignaturas de secundaria como un logro importante durante los últimos años. Sin embargo, no se puede mejorar la educación solo con los cambios antes mencionados, y es que se debe revisar también el área docente. Esto porque, como se indica en este informe, muchos de los docentes en servicio no cuentan con los perfiles

requeridos, ya que en el país existe gran oferta de carreras en Educación con diferencia de contenidos, calidad y enfoques, entre otros aspectos, por lo que el país no tiene una perspectiva común de lo que debe ser la preparación de nuevos docentes. Debido a lo expuesto, se desarrollaron programas del 2016 al 2018 de capacitación docente enfocados en promoción de habilidades y desarrollo de herramientas teórico-prácticas asociadas a los contenidos propuestos en los nuevos programas de estudio.

Dentro de las problemáticas que sufren los docentes encargados del abordaje de las temáticas de biotecnología en secundaria; Espinel y Valbuena (2017) lograron identificar la complejidad de conocer y analizar la estructura disciplinar de esta ciencia. Este factor influye en la identificación y selección, por parte de los docentes, de algunos de los contenidos, los cuales debido al desarrollo biotecnológico y los avances científico-tecnológicos pueden considerarse controversiales. Por otra parte, el diseño, escogencia y aplicación de estrategias debería enfocarse en métodos contribuyentes integrales, que permitan tanto la comprensión general del contenido; como de los subsistemas presentes en la sociedad y su desarrollo, con el objetivo de que el estudiantado adopte una posición crítica para la toma de decisiones y participación en debates.

El Plan Nacional de Desarrollo Alberto Cañas Escalante 2015-2018 (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica [MIDEPLAN], 2014) genera una serie de propuestas para reformar aspectos en el sector educativo. Dentro de las cuales plantea una modificación de la enseñanza de las ciencias articulada entre los diversos ciclos educativos. Lo anterior surge con el fin de fortalecer la educación de las personas, enfocada en conocimientos científicos y tecnológicos que puedan ser aplicados durante su vida en aspectos de cotidianidad, investigación, laboral, social y desarrollo sostenible.

## **2.6. Estrategias de mediación utilizadas en la enseñanza de la biotecnología**

Se definen las estrategias metodológicas como “todos aquellos enfoques y modos de actuar que hacen que el profesor dirija con pericia el aprendizaje de los alumnos. La estrategia didáctica, pues, se refiere a todos los actos favorecedores del aprendizaje” (Carrasco, 2004; como se citó en Trimiño-Quiala y Zayas-Quesada, 2016, p. 58).

Para desarrollar adecuadamente el proceso educativo, García y Orozco (como se citó en Rivera et al., 2017) mencionan que la didáctica de ciencias implica que los docentes elijan y promuevan la implementación de diferentes estrategias didácticas. Estas deben

permitir al estudiante construir su conocimiento mediante la interacción dentro del contexto social, ambiental y demás factores relacionados que generen competencias científicas.

No obstante, pese a los esfuerzos implementados por el MEP o por docentes en servicio para lograr alcanzar los objetivos propuestos, es necesario revisar y analizar las estrategias metodológicas que se están empleando en el proceso. Como lo menciona Zúñiga-Escobar (2017), es necesario identificar cuáles técnicas didácticas se pueden desarrollar en el aula para el abordaje de los contenidos específicos de forma integral, lo que propicia el alcance de objetivos, la correcta apropiación del contenido y la promoción de habilidades.

Un estudio realizado por Ocelli et al. (2018) para determinar cuáles son las estrategias de enseñanza más utilizadas por los docentes de secundaria durante el abordaje de la biotecnología, arrojó que los docentes mantienen, generalmente, la preferencia de implementar estrategias tradicionales, las cuales se caracterizan porque el estudiante sea un receptor de información, y se limita así la capacidad de cuestionamiento del educando y su creación democrática del conocimiento. Entre dichas estrategias se agrupan algunas tales como lecturas de materiales proporcionados por el docente, dictados, exposiciones y resolución de guías de estudio, entre otras.

De Longhi (2015) propone tres estrategias que podrían ser utilizadas durante el desarrollo de contenidos de ciencias:

- (1) Indagación dialógica problematizadora: definida como estrategia focalizada en análisis de situaciones, desde la indagación a través de cuestionamientos, el tratamiento de la información a través del diálogo y la contextualización y solución de problemas.
- (2) El laboratorio: contexto para la puesta en práctica de procesos y técnicas para construcción de ciencia experimental.
- (3) Tecnologías de información y comunicación (TIC): recursos y medios para acceso al conocimiento fuera de aspectos presenciales.

Los grupos docentes, tanto de Biología como de otras áreas, deben estar en constante actualización. Es recomendable que se refresquen los conocimientos, así como las

estrategias y técnicas implementadas en el aula, de modo que las mismas estén adaptadas al contexto histórico, social y educativo y no presenten desfases. Suárez-Ramos (2017) enfatiza en que, si el docente no utiliza recursos didácticos adecuados, posiblemente se genere un aprendizaje memorístico de corto plazo. Por lo que se propone la utilización de técnicas que influyan más y generen mayor impacto en la construcción de un conocimiento más duradero. Las técnicas usadas comúnmente son: (1) ilustraciones o dibujos esquemáticos. (2) modelos didácticos. (3) mapas conceptuales, mentales o cognitivos.

Por otra parte, Melo y Hernández (2014) proponen el juego como una técnica que permite la asimilación del contenido, ya que induce a dar significados a partir de relaciones. Además, como lo mencionan estos autores, Piaget definía el objeto del juego como aquel elemento con significaciones sociales que aportan a la construcción del conocimiento del estudiante. El proceso no solo ayuda al aprendizaje, sino que abarca el afecto, el aprendizaje social y el desarrollo cognitivo, y se genera un desarrollo integral.

## **2.7. Enseñanza basada en Aprendizaje activo**

La definición de aprendizaje activo, al considerar aspectos generales brindada por Bonwell y Eison (como se citó en Prieto, 2016) se entendería como “la realización de diferentes actividades por parte del estudiantado, que se encuentran acompañados de la reflexión sobre las acciones que se están llevando a cabo” (p. 174). Posteriormente, otros autores como Mignorance et al. (2017) mencionan que estas metodologías generan un cambio en el paradigma y modifican las clases tradicionales, ya que se introducen así, nuevas herramientas y metodologías, cuyo objetivo es enfocarse en el aprendizaje del estudiante (y no en el docente) de forma interactiva, personalizada, colaborativa y de descubrimiento. McCombs (2001), Stroh y Sink (como se citó en Prieto, 2016) aportan argumentando que el aprendizaje debe ser activo, no pasivo; donde los estudiantes se involucren activamente. Ellos mismos deben actuar en diferentes contextos y construir su propio conocimiento. Para ello, se sugiere que los profesores eviten las lecciones magistrales como forma principal de enseñanza.

El proceso de aprendizaje activo implica delegar parte de la responsabilidad a los estudiantes, lo que restaría control a la parte docente. Para mantener el control del desarrollo de las clases, los educadores son responsables de velar por la adecuada

planificación y desarrollo de actividades, en la tabla 2 se describen algunas metodologías enfocadas en aprendizaje activo. La delegación de responsabilidad tiene que ser progresiva. Por lo tanto, en algunas ocasiones no es conveniente pasar de actividades pasivas, enfocadas en el docente, a actividades activas donde se le de toda responsabilidad al discente (Prieto, 2016).

**Tabla 2**

*Estrategias didácticas enfocadas en el ámbito de aprendizaje activo*

Métodos	Definición
Reflexión	Implica el desarrollo de destrezas para desenvolverse en entornos modernos de aprendizaje y la identificación de hechos centrales y cuestionamientos. Se debe aprender a reflexionar también sobre perspectivas y marcos alternativos e implicaciones acerca de lo estudiado.
Proyectos	Promueve la unificación de conocimientos teórico-prácticos que implique la colaboración entre pares y su relación con elementos cotidianos. Abarca la organización colectiva, la información mutua, iniciativas comunes, discusión sobre el proceso y las interacciones personales.
ABP	Propone una contextualización de problemas en aspectos reales. No debe entenderse como la técnica aislada, sino como todo un enfoque donde el estudiante es el que aprende aplicando investigación basado en problemas. Su objetivo es que el educando aprenda a encontrar núcleos problemáticos dentro de diversas situaciones.
Enseñanza y aprendizaje mutuos	Metodologías con fin de estimular que los estudiantes se enseñen unos a los otros. Implica la aplicación de estrategias adecuadas de aprendizaje. Se trabaja con grupos como un conjunto social. Se fomentan procesos reflexivos y de negociación. Ejemplo de técnica utilizada: puzle

*Nota.* Información tomada de Huber (2008).

Además, los contenidos biotecnológicos pueden resultar abstractos, por lo que Lazaros y Embree (2016) consideran que es conveniente que el desarrollo de las clases implique una metodología práctica. Esto propicia el mejor procesamiento del conocimiento y la retentiva eficaz, ya que se gana experiencia práctica. A la vez, estas metodologías pueden asociarse con experiencias previas de los educandos.

Mueller et al. (2015) han comprobado que la enseñanza basada en el aprendizaje activo ayuda a mejorar las experiencias de los estudiantes. Se mejora la visión sobre la ciencia, se generan nuevas perspectivas sobre la biotecnología y la genómica. Además, los estudiantes encuentran las estrategias de aprendizaje activo más atractivas, y con buena experiencia de aprendizaje.

## **2.8. Desarrollo de habilidades**

Referentes bibliográficos definen la habilidad como un concepto que entrelaza aspectos psicológicos y pedagógicos. Se contemplan las acciones y operaciones (psicológico) y el proceso desarrollado para la asimilación de dichas acciones, las cuales, según Reyes-González y García-Cartagena (2014), solamente se dan cuando el educando actúa y prosigue por una determinada secuencia lógica que conllevan distintas operaciones. Los modos de actuación del estudiante están dominados por la integración de diferentes operaciones que posea cada habilidad.

Por otra parte, el desarrollo de habilidades permite al estudiante formar parte de su cultura, y que pueda preservarla y reproducirla, como fuente de experiencia creadoras de conocimientos. Dicho sistema de experiencias, según indican Tamayo et al. (2016), se forma en manera conjunta con conocimientos y habilidades y forma en el educando el desarrollo de la imaginación, independencia cognoscitiva, solución de problemas y la creatividad. Además, los mismos autores mencionan que en las ciencias es importante el desarrollo de habilidades intelectuales, sin dejar de lado las prácticas, con el fin de reforzar los conocimientos. Ya que diversos estudios pedagógicos confirman que el desarrollo de habilidades brinda al estudiantado nuevos campos cognitivos conceptuales, enfocados en procesos y fenómenos.

Todos los avances gestionados en el desarrollo educativo y los cambios que se han implementado dentro de los modelos curriculares del MEP (2018) pretenden preparar al estudiante como una persona partícipe de procesos sociales con capacidad de debate y emisión de criterios, además, de que él mismo sea el propio responsable de su proceso educativo. Dicho diseño curricular, aprobado por el Consejo Superior de Educación y que entró en rigor en el ciclo lectivo 2018, propone el desarrollo de habilidades en los educandos, dentro de las cuales destacan: (1) el pensamiento crítico sobre la realidad global, (2) relaciones interpersonales de convivencia, dialogo, derechos humanos y valores éticos, (3) respeto a la libertad de expresión, (4) participación reflexiva y responsable para el bienestar colectivo, (5) comunicación efectiva y (6) reconocimiento y respeto a la diversidad en todas sus expresiones.

Así mismo, es importante que en los educandos se desarrollen tres tipos de pensamiento: el pensamiento crítico, reflexivo y creativo. Esto permitirá que los estudiantes participen activamente y adquieran un aprendizaje profundo. Orozco y García

(2017) describen en la tabla 3 las competencias que deben emplearse para desarrollar estos pensamientos.

**Tabla 3**

*Tipos de pensamiento y sus competencias*

Tipo de pensamiento	Competencias
Comprensivo	Clasificar, comparar, analizar, secuenciar, descubrir razones.
Crítico	Interpretar causas, predecir efectos, razonar analógica y deductivamente.
Creativo	Generar ideas, establecer relaciones, crear metáforas, emprender metas

*Nota.* Información tomada de Orozco y García (2017).

Es importante reconocer que el proceso de enseñanza y aprendizaje en Costa Rica ha evolucionado, ya que se buscan enfoques activos, de participación, donde el estudiante cuente con una formación integral mediante el desarrollo de habilidades, que mejoren los procesos de comunicación, pensamiento crítico, reflexión mediante situaciones de aprendizaje y procesos afines a la ciencia (MEP, 2018).

## **2.9. Módulos de actualización**

Se definen como una forma de organizar los contenidos que se quieren abarcar en paquetes de formación, que puedan ser a distancia, presencial o combinados y de forma continua o permanente (Bermúdez, 2015). De modo que, el docente puede formarse progresivamente en etapas de formaciones, largas o cortas para lograr el desarrollo de conocimientos y herramientas que respondan a necesidades académicas, metodológicas o curriculares (García y Rojas, 1998). Además, Yukavetsky (2003) agrega que son materiales didácticos dirigidos a trabajadores que contienen todos los elementos necesarios para la enseñanza y aprendizaje de determinados conceptos y destrezas.

Estos han surgido frente a las demandas de la sociedad. El trabajo del docente ya no es desempeñarse como transmisor de contenidos, sino centrarse en la persona y su aprendizaje como ser humano que está en desarrollo y se desenvuelve en un determinado entorno sociocultural. Frente a ello, Romero (2009) menciona que es necesario que los docentes se adecuen a los nuevos contextos y tiempos y que estos estén actualizados, para lograr comprender conceptos y con ello resolver las necesidades presentes en el ámbito educativo. Es importante resaltar, además, que las capacitaciones no son hechos aislados,

sino que se coordinan, planifican, ejecutan y evalúan, al mismo tiempo que se inserta y motiva a los docentes en la temática que se quiere impartir, para con ello lograr un ambiente propicio y con ello alcanzar las metas propuestas (Bermúdez, 2015). De acuerdo con la metodología que emplee el especialista para impartir sus capacitaciones, se pueden categorizar tres modalidades que se describen en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Modalidades de capacitación*

Tipo de capacitación	Concepto
Presencial	Es una modalidad basada en la interacción directa entre el capacitor y los capacitores, por ello se requiere la presencia de ambos. Esta permite que la interacción sea más cercana y que el capacitador este siempre disponible para aclarar dudas, además del intercambio de experiencias que se dan entre pares. Por otro lado, condiciona la participación de los docentes y, además, no permite la flexibilidad de horarios ni espacio. Es el más implementado por el MEP.
Distancia	Esta modalidad promueve la utilización del autoaprendizaje a través del uso de recursos virtuales que pueden crearse, manipularse, actualizarse y mejorarse de acuerdo con las necesidades específicas de formación. Las personas que utilizan esta metodología pueden acceder a este tipo de capacitación independientemente de dónde vivan, acabando con las dificultades reales que representan las distancias geográficas. Además, respeta la organización del tiempo, respetando la vida familiar y las obligaciones laborales. Sin embargo, el intercambio con docentes y pares se ve limitado.
Mixto	Combina las dos estrategias anteriores presencial y a distancia. Lo parte presencial se distribuye a lo largo del periodo de la capacitación para aclarar dudas y compartir experiencias basadas en los materiales virtuales planificados y facilitados por el capacitador.

*Nota.* Elaboración propia a partir de Chocano y Yanac (2018); López et al. (2016) y Herdoiza (2004).

Actualmente, la capacitación y actualización de los docentes se considera un factor de gran importancia en un mundo en donde la tecnología y la ciencia avanzan a pasos acelerados. A continuación, se resumen algunas ventajas según López (2018):

- 1) Aumenta los conocimientos del docente.
- 2) Potencia habilidades y destrezas de los docentes.
- 3) Proporciona una oportunidad para reflexionar sobre la práctica profesional.
- 4) Permite identificar otras necesidades educativas existentes.
- 5) Los docentes recibirán una enseñanza que responde a las necesidades de la actualidad.

Sin embargo, existen algunos factores o situaciones que pueden generar dificultades a la hora de planear módulos de capacitaciones dirigidos a docentes, y que se deben contemplar para generar los mejores resultados. Cascante et al. (2008) mencionan algunas:

1) Que el capacitador y los capacitores no hagan uso adecuado de las actividades propuestas.

2) El tiempo, ya que se requiere la disponibilidad de los capacitores por un tiempo determinado.

3) Problemas de logística, a través de situaciones que pueden detener el programa de capacitación.

4) Requiere la elaboración detallada de manuales, planeamientos y recursos de presentación para el capacitador.

## **3. Marco Metodológico**

### **3.1. Paradigma**

La presente investigación se basó en el paradigma interpretativo o naturalista, que Miles y Huberman (1994) lo definieron como en el que el investigador busca alcanzar una visión sistemática, integrada y amplia del contexto que se está estudiando, mediante un contacto con el campo de estudio. Esta investigación se fundamentó en dicho paradigma debido a que su punto de partida surgió de las opiniones, experiencias y prácticas educativas que tienen los docentes de Biología en el área de biotecnología, es decir se pudo acceder a la naturaleza misma del fenómeno desde una perspectiva holística, al haberse tomado en cuenta las distintas realidades de los docentes. Posteriormente, a partir de ello, se desarrolló una serie de módulos de capacitación que buscan promover la adquisición de conocimientos y herramientas que propicien el desarrollo de habilidades, para generar una mejor gestión de la labor educativa.

### **3.2. Enfoque**

El presente proyecto fundamentó su metodología de investigación en el enfoque cualitativo dominante, que como indican Cuenya y Ruetti (como se citó en Ramos, 2015) se basó en comprender el fenómeno investigado en su ambiente común, mediante las descripciones de situaciones que permitieron el desarrollo informativo. Se utilizó para descubrir y refinar preguntas de investigación. Del mismo modo, Cortés y Iglesias (2004) definen que el proceso es más dinámico ya que se utiliza mayoritariamente en procesos sociales donde se busca la interpretación de los hechos, es decir, no busca medir variables que intervengan en los procesos sino más bien entenderlas. Es por ello por lo que se seleccionó este enfoque, ya que la investigación persiguió la comprensión de determinadas realidades y fenómenos relacionados con el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología, se buscó la interpretación de un contexto educativo. Sin embargo, también, se hizo uso de elementos del enfoque cuantitativo para la recolección y tabulación de datos, no obstante, la interpretación de estos correspondió al enfoque cualitativo dominante, y con ello, se generaron conclusiones que permitieron la construcción de módulos de capacitación que aporten a la enseñanza en la temática de biotecnología.

### 3.3. Tipo de estudio

El estudio fenomenológico, según Trejo (2012), “es un nuevo paradigma que observa y explica la ciencia para conocerla exactamente y, de esta forma, encontrar la verdad de los fenómenos” (p. 98). Además, Aguirre-García y Jaramillo-Echeverri (2012) indican que los estudios fenomenológicos contribuyen de gran forma al conocimiento de las realidades educativas especialmente a las vivencias de los partícipes de los procesos formativos. Parte de esta investigación buscó analizar y entender las experiencias en común que poseen los docentes en cuanto a los conocimientos en el área de biotecnología, estrategias didácticas utilizadas para su implementación en las aulas y las problemáticas que enfrentan en el proceso educativo de esta, por ello, este tipo de estudio es el que correspondió para esta investigación, ya que se pretende contribuir al fenómeno estudiado, mediante la interacción con los docentes.

### 3.4. Descripción de categorías

Con el fin de lograr el propósito de la investigación se plantearon las siguientes categorías de análisis (ver anexo 4):

*a) Elementos curriculares presentes en el programa de Biología para Educación Diversificada en relación con la biotecnología*

Según el nuevo programa del MEP (2018) estos son definidos como un conjunto de saberes en el área de Biología, acumulados por los seres humanos cuya asimilación por parte de los estudiantes se considera valiosa e importante y que para su desarrollo y socialización se requiere del diseño y aplicación de actividades educativas sistematizadas para asegurar su total comprensión y apropiación. Dentro de esta se plantearon las siguientes subcategorías:

**Criterios de evaluación.** Diversos autores afirman que es necesario establecer diferentes criterios y fabricar instrumentos que permitan medir la calidad de procesos educativos y que, a su vez; permitan determinar la eficacia de este (Ewell, 2010. Como se citó en León y López, 2014). A su vez, dichos autores citan a Coates y Seifert (2011), quienes afirman que “la definición de criterios de evaluación permite una evaluación cuantitativa de la calidad de la educación” (p. 4).

**Situaciones de aprendizaje.** Se incluyen todos los procesos, acciones y elementos que, según Feo (2018) integran, involucran e impulsan el proceso de comunicación para

la enseñanza y el aprendizaje, enfocados en la promoción y la mejora del proceso educativo, mediante el alcance de metas comunes.

**Contenidos sobre biotecnología.** Dentro de las temáticas encontradas en el plan del MEP (2018), se encuentran el mapeo del genoma humano, poblaciones modificadas por manipulación, aplicaciones en medicina forense, productos de origen biotecnológico, terapias génicas, tratamientos tempranos de padecimiento o enfermedades hereditarias, reproducción asistida, producción de alimentos y fármacos, biomateriales, biocombustibles biodegradación, biorremediación o fitorremediación y biolixiviación.

**Habilidades propuestas a desarrollar.** Refiere a las acciones junto con un proceso desarrollado para la asimilación de estas, las cuales según Reyes-González y García-Cartagena (2014) pretenden preparar al estudiante como una persona partícipe de procesos sociales con capacidad de debate y emisión de criterios, además, de que él mismo sea el propio responsable de su proceso educativo.

#### ***b) Conocimiento de los profesores sobre Biotecnología***

Imbernón (2016) refiere a que los docentes deben poseer formación específica que le permita llevar a cabo su labor, además, Martínez (como se citó en Salazar-Gómez y Tobón, 2018) indica que implica la apropiación selectiva y crítica de la información, o sea, saber y aprovechar dicho conocimiento en la solución de problemas de contexto. Dentro de las subcategorías que se desarrollaron se encuentran:

**Áreas de la biotecnología.** Según Muñoz (2014) la biotecnología divide su ámbito de estudio en biotecnología medicinal (roja), ambiental (gris), agrícola (verde), marina (celeste) e industrial (gris); además se encuentran otras áreas en exploración, pero estas son las que se encuentran ya establecidas.

**Beneficios de la biotecnología.** esta se refiere a los aspectos positivos que ha generado la biotecnología en la vida de las personas. Algunos beneficios que nos cita Ferry (2014) son la creación de nuevos fármacos y medicinas, tratamientos de remediación de aguas y suelo, mejora en productos de alimentación, higiene, belleza, creación de biocombustibles y todo esto a partir de organismos vivos, provocando una gran mejoría en la calidad de vida.

### **Conocimientos de las aplicaciones de la biotecnología en la vida cotidiana.**

Respecto a lo que saben las personas en general, se mantienen diferentes posiciones sobre las aplicaciones biotecnológicas justificando como peligroso, no ético, cruel o antinatural (Vargas y Mora, 2014). Sin embargo, hay personas que consideran que los avances científicos son beneficiosos siempre y cuando no causen daños a la salud (Vega et al., 2018).

#### ***c) Estrategias de mediación implementadas por los docentes***

Las estrategias metodológicas son una planificación del proceso pedagógico, utilizada por docentes respecto a técnicas y actividades para potenciar el aprendizaje en los estudiantes (Trimiño-Quiala y Zayas-Quesada, 2016). Dentro de las estrategias que podrían ser implementadas en clases de biotecnología con mayor frecuencia pueden ser:

**Debate.** Disputa entre dos o más personas o grupos, que exponen sus argumentos ante un moderador para defender una posición ante un tema de referencia (Cattani, 2003).

**Estudios de caso.** Mediante esta estrategia se planea conocer el significado de alguna experiencia a partir del estudio de los aspectos relacionados con el hecho. O sea, se estudia un fenómeno específico (Galeano, 2018).

**Laboratorios virtuales.** Constituye una técnica utilizada para reemplazar los laboratorios físicos, en este caso se manipulan los mismos elementos que en la realidad y se obtienen los mismos resultados. Se emplea para estimular un aprendizaje más significativo, fortaleciendo los contenidos teóricos abordados previamente (López y Mejía, 2017).

**Simulaciones.** permite realizar laboratorios virtuales o experimentos de forma simulada, o sea; manipular distintas variables y observar las distintas respuestas del sistema, para hacer una conexión entre la realidad y lo realizado de forma virtual (Infante, 2014).

**Indagación.** Corresponde a la estrategia que implica que los estudiantes generen cuestionamientos a los que se les intente resolver, buscando evidencia en fuentes de información, para proponer explicaciones y así comunicar o socializar los resultados obtenidos mediante procesos sistemáticos (Camacho et al., 2008).

**Cuestionarios.** Lorca et al. (2016) indican que están constituidos por una serie de preguntas dirigidas a obtener información precisa sobre un tema específico.

**Esquemas.** Son una herramienta de expresión gráfica, mediante la cual se pueden sintetizar las ideas principales, secundarias y detalles de un tópico (Real Academia Española [RAE], 2014).

**Mesas redondas.** Según Casal y Granda (2003), su objetivo es dar a conocer distintos puntos de vista sobre un tema en cuestión, los encargados de emitir los distintos criterios son los estudiantes a los cuales se les asignará una temática que deben abordar simulando ser especialistas.

**Portafolios.** Se definen como una colección de evidencias sobre el proceso educativo, seleccionados por el docente, para mostrar el trabajo realizado y los logros de los distintos procesos educativos, estos pueden ser físicos o digitales (Cortés et al., 2015).

#### *d) Problemáticas en la enseñanza de la Biotecnología*

La RAE (2014) define la palabra problemática como una dificultad. En este sentido, se entiende que existen diversos elementos que pueden dificultar el proceso educativo. Moreira et al. (2020) aluden a la importancia de la formación docente continua y la actualización permanente, sin embargo, en múltiples ocasiones se consolida como un obstáculo debido a la demanda económica y de tiempo o por la poca o limitada formación pedagógica. Además, se determina que ciertas políticas institucionales son obstaculizadoras, así como cuestiones del currículum y la burocratización. Dentro de las subcategorías se describieron las siguientes:

**Problemáticas institucionales.** Son las deficiencias que tienen los centros educativos y que dificulta el proceso enseñanza-aprendizaje. Entre estas encontramos la mala infraestructura y la falta de laboratorios, materiales tecnológicos y de presupuesto que poseen las instituciones (Palladines, 2015).

**Problemáticas de formación en los docentes.** Se definen como deficiencias que poseen los docentes a la hora de formarse en las universidades y que generan vacíos, afectando la labor educativa (González y Barba, 2014). El sexto Informe del Estado de la Educación (PEN, 2017) ratifica la problemática en la enseñanza en Costa Rica, ya que muchos docentes no se encuentran capacitados o con los perfiles requeridos.

### *e) Módulos de actualización*

Chocano y Yanac (2018) los definen como una serie de actividades didácticas planeadas y divididas por temáticas dirigidas a docentes, cuyo objetivo es ampliar conocimientos, habilidades y estrategias que mejoren la labor educativa. Las subcategorías son:

**Desarrollo de habilidades.** Argudín (2015) define una habilidad como una aptitud específica a desarrollar para una situación. Entre algunas habilidades que se deben desarrollar está la creatividad, el trabajo en equipo, el pensamiento sistémico, la construcción de argumentos y la resolución de problemas, entre otras.

**Aprendizaje activo.** Prieto (2016) lo describe como un tipo de aprendizaje en el cual el estudiante es el constructor de su propio conocimiento mediante la participación activa de éste en las distintas actividades, que provoquen una reflexión individual de forma permanente.

### *f) Proceso de validación*

Dicho procedimiento se utiliza para comprobar que un producto o proceso proporciona un alto grado de seguridad y calidad a la hora de implementarlo, esta procura que los módulos sean de calidad y cumplan con las características para los cuales fueron creados (Lera et al., 2016). Las dos subcategorías corresponden a:

**Mejora en el proceso de enseñanza y aprendizaje.** Araya (2014) recalca la necesidad de brindar mejores propuestas curriculares, que propicien el desarrollo de habilidades; ya que esto permite al estudiante una mejor comprensión. López et al. (2016) indican que si se aprenden nuevas metodologías para reforzar las habilidades y los docentes se mantiene al día con los nuevos avances, se beneficiaría la labor educativa.

**Efectividad de los módulos en el desarrollo de habilidades.** En la medida en que estos módulos logren de forma progresiva ir desarrollando habilidades en los docentes y que esto a su vez comprendan como desarrollarlas en sus estudiantes, se podrán considerar como efectivos.

## **3.5. Fuentes de información**

Las fuentes de información son de dos tipos:

## ***Documentales***

Se seleccionó el programa de Biología para Educación Diversificada del MEP, ya que es donde se involucran contenidos de biotecnología. Mediante una matriz de análisis de contenido se evalúa cuáles son los temas específicos propuestos.

## ***Profesores participantes***

Se consideraron, para este estudio, a las instituciones educativas de educación secundaria académica diurna, públicas y privadas de las Direcciones Regionales de Educación (DRE) San José Central, Oeste y Norte; así como Heredia y Alajuela. La población total de colegios por DRE se tomó de la Nómina de Centros Educativos clasificada por Dirección Regional y Circuito del año 2019, en la lista de colegios diurnos y nocturnos de la Dependencia Pública, Privada y Privada Subvencionada elaborada por la Dirección de Planificación Institucional (MEP, 2019). Del total de instituciones para cada DRE, se invitó a participar a una muestra mínima que corresponde al 10% en cada caso.

La población total de instituciones por DRE, así como la muestra invitada y el número de profesores se detalla en la tabla 5:

**Tabla 5**

### ***Muestra participante***

Direcciones Regionales de Educación (DRE)	Total de la población de colegios por DRE	Muestra mínima invitada de los colegios por DRE	Cantidad de colegios que participaron	Cantidad de docentes participantes
San José Central	22 colegios	2	2	3
San José Oeste	21 colegios	2	4	9
San José Norte	30 colegios	3	4	5
Alajuela	40 colegios	4	4	4
Heredia	40 colegios	4	7	18

*Nota.* Elaboración propia a partir de resultados de la aplicación del instrumento para docentes de Biología (2020). El total de colegios por DRE se tomó de la Nómina de Centros Educativos del MEP (2019).

Estas instituciones y sus docentes fueron participantes de procesos de capacitación impartidos por el proyecto denominado “Biotecnología para todos: socialización de conceptos, aplicaciones y beneficios” de la Universidad Nacional (UNA), Universidad de Costa Rica (UCR) y Tecnológico de Costa Rica (TEC) y el cual fue financiado con

Fondos para la Educación Superior Estatal (FEES) otorgado por el CONARE. Estas capacitaciones fueron llevadas a cabo entre los años 2015-2018 y los docentes fueron de 6 provincias del país, exceptuando Heredia.

En total se contó con un N de colegios igual a 21 y un N de profesores igual a 39.

### **3.6. Descripción de los instrumentos a utilizar**

Varios instrumentos fueron empleados para la recolección de la información. A continuación, se describen:

- a) Matriz para análisis de contenidos del programa de estudio de Biología para décimo año de la Educación Diversificada del MEP, donde se contempla la nueva metodología propuesta. La matriz ( ver anexo 1) contiene 5 columnas, en una se ubica el eje temático propuesto, esto muestra una idea de qué temas se desarrollarán. La segunda columna contiene los criterios de evaluación, que según el MEP (2018) son los referentes inmediatos de la evaluación. Por lo tanto, de los criterios de evaluación se tendrá una visión general del contenido a desarrollar. En la tercera columna, se describirán las situaciones de aprendizaje, estas son las estrategias recomendadas por el MEP a los docentes para la ejecución de las clases. Esta columna es importante porque se sugieren actividades específicas, por lo tanto, brindan información más explícita de cuáles son los temas por tratar. En la cuarta columna, se desglosarán los contenidos sobre biotecnología identificados en las columnas anteriores. Estos contenidos permitirán enfocar los instrumentos posteriores hacia los temas de relevancia para la recolección de la información. Por último, en la columna 5, se indicará cuáles son las habilidades propuestas por el MEP a desarrollar para cada contenido. Esta información se recopila con el fin de enfocar la propuesta, principalmente; hacia los contenidos y habilidades propuestas. La constancia de validación de este instrumento se adjunta en el anexo 5.
- b) Cuestionario, el cual está dividido en tres partes: la primera parte busca determinar cuáles son los conocimientos que poseen los docentes de secundaria en el área de biotecnología, para ello se colocarán una serie de enunciados y los docentes deben indicar si son verdaderos o falsos, y en este último caso; explicar el porqué. En la segunda parte, para la identificación de estrategias metodológicas utilizadas por los profesores, se coloca un ítem que contenga una lista de estas y con ello, que los docentes marquen una “x”; seleccionando las que utilizan en el desarrollo de sus

clases. Además, se contempla un espacio donde los docentes amplían alguna otra estrategia metodológica que no esté en la lista. La tercera parte abarcará las problemáticas que presentan los docentes a la hora de enseñar biotecnología. En esta sección, se colocaron dos preguntas de respuesta abierta, para que los docentes escriban sobre las problemáticas, tanto a nivel institucional como de formación que han presentado a la hora de realizar clases de biotecnología (ver anexo 2). La constancia de validación de este instrumento se encuentra en el anexo 6.

- c) Matriz de validación, la cual será utilizada para la validación de la estrategia. Consiste en una rúbrica analítica con indicadores, la cual consta de una sección administrativa que contempla los datos del centro donde se imparte la actualización, el nombre del moderador, fecha y hora y demás aspectos importantes que deban ser considerados. Por otra parte, como segunda sección se incluye la rúbrica la cual consta de cuatro columnas, una donde se incluyen los nombres de todos los participantes presentes en la sesión. En las otras tres columnas se contempla una descripción del logro que debe ser alcanzado por cada participante, el cual se describe en tres rangos: alto, medio o bajo. El facilitador del módulo, a través de la observación durante la realización de alguna de las estrategias didácticas propuestas, debe supervisar si el participante cumple o no los objetivos, y debe anotar en la rúbrica, cual es el nivel alcanzado por cada participante durante la experiencia (ver anexo 3).

Debido a la crisis sanitaria en la que se ha encontrado el país y que se ha visto acrecentada desde el año 2019, producto de la enfermedad Covid-19 causada por el virus SARS-CoV-2 y al atender a las medidas impuestas por el Ministerio de Salud de Costa Rica, debimos modificar la estrategia de validación para la propuesta de módulos de actualización profesional elaborados en este trabajo. Por consiguiente, se debió emplear un formulario de validación a través de medios digitales, en vista que no se pudo reunir a los docentes para la aplicación de la matriz de validación descrita anteriormente. A continuación, se describe el formulario de validación aplicado:

- d) Formulario de validación, el cual consiste en una plantilla digital que será compartida a expertos en la materia, ya que sus campos de estudio y laboral se relacionan directamente con la educación, la investigación y el área científica-biotecnológica. El formulario consta de tres secciones, de las cuales se incluye: una sección administrativa en la que se especifica el nombre de la propuesta a validar, la universidad y las áreas académicas a las que pertenece, así como el logo de la

universidad, la facultad a la que está adscrita la carrera y el nombre de la carrera a la que pertenece la propuesta realizada. La segunda sección corresponde a un saludo y a la solicitud realizada a los expertos, así como el registro de correo electrónico del experto participante. Por último, la tercera sección contempla las indicaciones y los criterios a validar. En este aspecto, se solicita a los expertos que evalúen los indicadores descritos según su criterio en los valores “nada aceptable”, “poco aceptable”, “aceptable” o “muy aceptable”. Los indicadores se dividen en dos tipos: primero, los de diseño y estructura, que abarca elementos como la claridad de la información, la secuencia lógica de desarrollo, la actualidad de la información según el avance biotecnológico y educativo, la suficiencia de los elementos para el desarrollo de contenidos y habilidades, la intencionalidad en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, la metodología y la correspondencia entre todos sus elementos. Además de un espacio de observaciones referentes a los criterios antes mencionados. Segundo, respecto a la viabilidad para su implementación, que abarca la pertinencia para su implementación, la funcionalidad para desarrollo de contenidos y habilidades, el tiempo de desarrollo, el espacio físico y la disponibilidad de recursos. Adicionalmente, el espacio de observaciones para los criterios sobre dichos aspectos. Por último, se solicitó a los expertos brindar un criterio general de validación según su evaluación, los cuales pueden ser: “no aplicable”, “válido (mejorar según observaciones)” o “válido (aplicable)” y una constancia de validación con sus datos personales (nombre completo, número de cédula, grado académico y profesión), la cual constituye una declaración de autenticidad. Este instrumento se extrae del proyecto de investigación “Fortalecimiento del perfil de los docentes de la educación media (III Ciclo y Diversificada) de Matemática, Química, Física y Biología en los colegios públicos académicos diurnos de la Dirección Regional de Educación de Heredia” código SIA 0152-17 que previamente fue validado por expertos y aplicado en múltiples ocasiones, y que, para el caso de esta investigación, se brindó la autorización para su uso con las modificaciones pertinentes realizadas en función de la terminología enfocada al campo de estudio correspondiente. El instrumento se adjunta en el anexo 7.

### **3.7. Descripción del análisis a realizar**

Mediante investigación cualitativa, se obtendrá gran cantidad de datos e información que brindan una descripción del fenómeno que se está estudiando. Dicha información

puede ser estudiada mediante un análisis descriptivo, el cual busca generar una imagen del problema, meramente descriptiva. Los datos recopilados deben ser categorizados, ya que se implica la clasificación y simplificación de estos. Algunas de las categorías de información que se reciban, expresarán unidades de numeración, sin embargo, el estudio no será cuantitativo, sino que lo que se busca es agrupar dicha información en unidades en las cuales se relacionen las respuestas obtenidas, y así darle un significado conceptual. Además, los datos se compararán en tablas donde se ordenan las categorías previamente determinadas, contrastando las respuestas de los encuestados para la obtención de conclusiones generales que respondan a los objetivos planteados y así que pueda ser traducido en la generación de módulos de actualización para docentes.

## **4. Resultados**

### **4.1 Resultados del diagnóstico, análisis e interpretación**

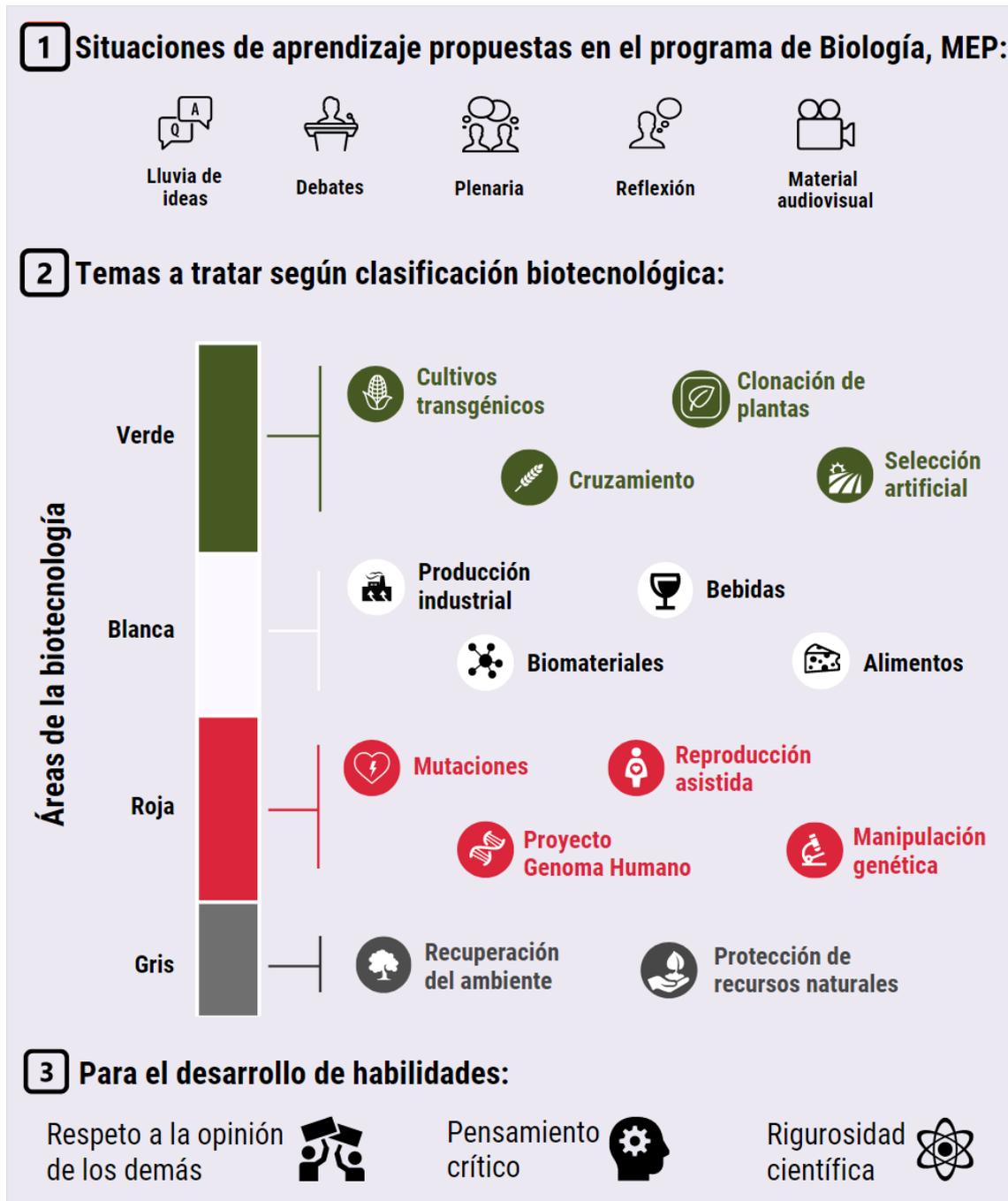
Es sabido que la educación permite la formación de ciudadanos críticos, participativos y responsables. La alfabetización científico-tecnológica consiente el desarrollo de capacidades aplicables en aspectos de cotidianidad para la toma de conciencia. Diferentes teóricos, citados por Ocelli et al. (2018), afirman que la biotecnología abarca aspectos que implican la puesta en práctica de conocimientos y habilidades en temas de interés social, como la clonación, modificación genética de organismos, transgénicos, entre otros. Por dicha razón, la biotecnología se considera un área científica de gran importancia que debe ser incluida en el currículo y que instituciones en diferentes países ya han empezado a enseñar en secundaria.

Según lo expuesto anteriormente y con el fin de determinar cómo se ha incluido la biotecnología en el sistema educativo costarricense en secundaria, a partir de los resultados del análisis de contenido del programa de estudio de Biología para Educación Diversificada (ver anexo 1), se recopiló lo referente a los criterios de evaluación propuestos por el MEP que involucran diversas situaciones de aprendizaje para el desarrollo de temas biotecnológicos, los cuales se agruparon en categorías de acuerdo con el criterio de la Asociación Europea de Bioindustrias (EuropaBio) y se presentan en la figura 1. En este sentido, como lo señalan Lauría y Cantú (2015) durante la convención de 2003 denominada Cordia-EuropaBio, de dicha asociación, se implementó una clasificación de las aplicaciones biotecnológicas mediante un código de colores que agrupaban los dominios de esta área científica y que fueron previamente descritos en el marco teórico. Es el modelo más utilizado actualmente debido a que se considera más didáctico y sencillo.

En la figura 1 se resumen los elementos curriculares relacionados a la biotecnología identificados en el programa de estudio de Biología para Educación Diversificada agrupados por las categorías según colores de la biotecnología (sistema descrito anteriormente):

**Figura 1**

*Análisis de elementos curriculares en relación con tópicos de biotecnología incluidos en el programa de estudios de Biología para Educación Diversificada del MEP 2018*



*Nota.* Clasificación en código de colores según criterio de la Asociación Europea de Bioindustrias (EuropaBio) (2013). Fuente: Elaboración propia según análisis de elementos curriculares del programa de Biología para Educación Diversificada académica y técnica del MEP en rigor desde el ciclo lectivo 2018 (2019).

En la figura 1 se representaron las áreas identificadas presentes en el programa de estudio analizado mediante la matriz (anexo 1), en la cual se extrajeron los criterios de evaluación vinculados a elementos biotecnológicos. Para los criterios de evaluación identificados, se consideraron las situaciones de aprendizaje propuestas por el MEP, de modo que se detectaron conceptos que aluden a temas por trabajar en las clases de Biología y se agruparon en las diferentes categorías expuestas en la figura anterior. En dicho programa, en el caso de décimo año académico y undécimo año técnico, se divide en tres grandes ejes temáticos. Sin embargo, solamente el eje temático II denominado “uso sostenible de la energía y los materiales, para la preservación y protección de los recursos del planeta” incorpora un único criterio de evaluación, de siete criterios que se incluyen, que propone el estudio de temáticas biotecnológicas a través del énfasis en las aplicaciones e implicaciones de la biotecnología en áreas de la vida cotidiana. El criterio de evaluación vinculante propone “fundamentar las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología en diferentes contextos”. Dentro de los tópicos que se sugieren desarrollar están los relacionados con el medio ambiente, industria, agricultura y medicina, clasificadas como biotecnología gris, blanca, verde y roja respectivamente según el código utilizado.

Por otra parte, no se encontraron contenidos relacionados al área de la biotecnología azul. Además, este programa propuesto por el MEP, que fue aprobado por el Consejo Superior de Educación para regir en el ciclo lectivo 2018, busca que los estudiantes, a través de algunas situaciones dirigidas por el docente, desarrollen habilidades como el pensamiento crítico, la tolerancia a la opinión de los demás y la rigurosidad científica que le permitan una participación social responsable. Adicionalmente, cabe mencionar que para undécimo año académico y duodécimo año de educación técnica no se identificaron criterios de evaluación vinculados con la biotecnología.

Estamos en una época de grandes avances científicos, por lo que surge la necesidad de incluir una mayor cantidad de temáticas biotecnológicas en los planeamientos de Biología del MEP. Lo anterior se respalda con lo que indican Lazaros y Embree (2016), en donde señalan que el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias ha trascendido y está en constante avance, por lo que es muy importante comenzar a acercar a los educandos hacia la biotecnología desde las aulas. Torres y Martínez (2011) indican que involucrar este tipo de contenidos, que impliquen controversias socio-científicas, permite el desarrollo de un pensamiento crítico en la población estudiantil. Además,

Espinel (2015) agrega que incluir temas de biotecnología en el currículo, contribuye a la alfabetización científico-ciudadana para lograr la participación democrática y la toma de decisiones responsables en temas científicos-tecnológicos.

Los temas que se lograron extraer del planeamiento del MEP, según la figura 1, son contenidos de gran importancia en esta área del conocimiento, como lo son la manipulación genética, la reproducción asistida, la producción de artículos y/o materiales u obtención de bienes y/o servicios, el mantenimiento de espacios naturales, entre otros, ya que actualmente gran cantidad de avances biotecnológicos han ido surgiendo. Por lo que, para poder formar ciudadanos que respondan a las nuevas demandas de la sociedad, se hace evidente estar en una constante actualización de conocimientos del personal docente y de los contenidos incluidos en los programas de estudio, agregando temáticas que generen una malla curricular innovadora de acuerdo con los avances científico-tecnológicos.

Pero no sólo los contenidos teóricos tienen importancia a la hora de impartir clases sobre biotecnología y sus aplicaciones, las estrategias metodológicas empleadas juegan un papel vital. En este caso y como se observó en la figura 1, el MEP promueve en su programa de estudio de Biología, estrategias participativas como las lluvias de ideas, reflexión, plenarias, debates, preguntas generadoras y el uso de materiales audiovisuales, esto para que los estudiantes se integren activamente en el proceso educativo. Pero para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento científico como el pensamiento crítico y sistémico, la resolución de problemas y aprender a aprender y adicionalmente generar mayor interés hacia las temáticas, aún se pueden incluir nuevas estrategias metodológicas como laboratorios y simuladores digitales, entornos educativos virtuales, juegos y debates, de manera que el estudiantado se involucre activamente. Frente a lo mencionado, Ocelli et al. (2018), destacan que el desarrollo de habilidades y conocimientos se ven favorecidos mediante el análisis de casos, materiales audiovisuales o actividades grupales como los debates y la indagación de opiniones. Hand y Levison (2012) agregan que al manifestar la gran diversidad de opiniones y posturas de cada persona acerca de temas que implican controversias socio-científicas, se genera el reconocimiento y respeto por las mismas. Además, Lazaros y Embree (2016) indican que el uso de laboratorios y simulaciones son de gran ayuda a los docentes para demostrar algunos principios y evitar que el conocimiento se vuelva abstracto. Por ello, estos nuevos programas están buscando una transformación curricular, donde se acabe con el clásico

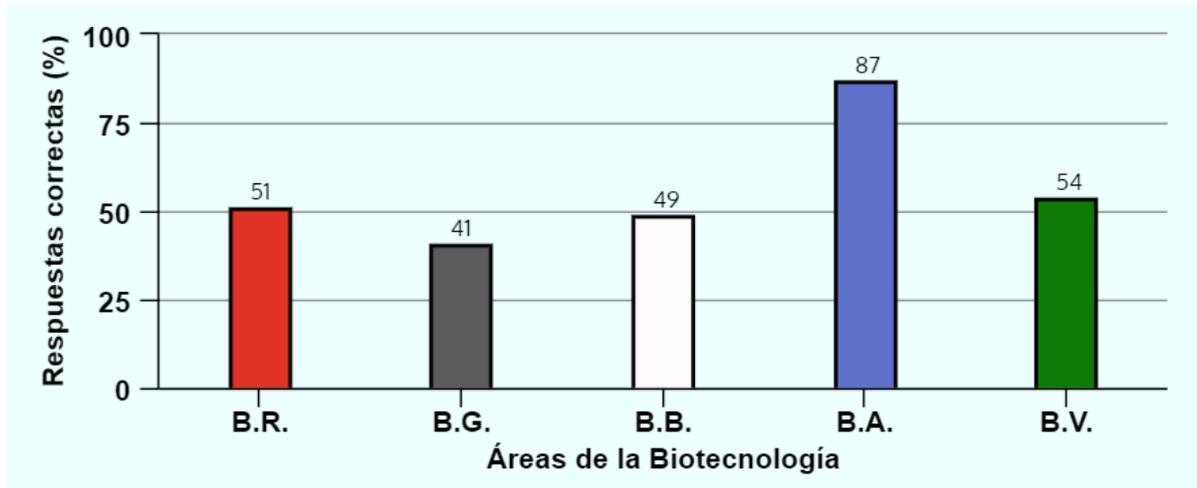
modelo de transmisión y en su lugar, se implementen estrategias participativas; que generen aprendizajes significativos en los estudiantes (MEP, 2018). Sin embargo, aún se pueden agregar actividades como los laboratorios y las simulaciones que potencian el desarrollo de habilidades y competencias, generan un buen ambiente en el aula y motivan a los estudiantes, acercándolos a las temáticas biotecnológicas.

Por último, las habilidades que se promueven en este eje temático son esenciales y necesarias para la preparación de personas críticas. Ocelli et al. (2018) indican que, el desarrollar correctamente contenidos biotecnológicos, ayuda a la formación del pensamiento crítico, la construcción de argumentos y la inclusión en la toma de acciones sociopolíticas responsables. Es por ello por lo que el objetivo que traza el MEP al desarrollar estos planeamientos, no solo es la generación de conocimiento por parte de los estudiantes, sino que también busca la transformación de estos en ciudadanos que ayuden a contribuir activa y positivamente en la sociedad.

El análisis expuesto anteriormente, relacionado con los elementos curriculares del programa de Biología, permite identificar que los docentes deben conocer una serie de contenidos relacionados con temáticas biotecnológicas, ya que esto permitirá desarrollar lecciones de manera adecuada, y con ello, guiar al estudiante a una comprensión objetiva de los contenidos a través de diseños de clase, materiales y estrategias de mediación que permitan la comprensión clara de los contenidos, el establecimiento de pautas a seguir y la promoción de habilidades de pensamiento científico. En este mismo sentido, se consideró oportuno conocer cuáles son las percepciones y conocimientos básicos de los docentes sobre elementos biotecnológicos, para esto se desarrolló una serie de preguntas teóricas sobre elementos, técnicas, conceptos y aplicaciones de corte biotecnológico en distintas áreas. En la figura 2 se presentan los resultados obtenidos en el cuestionario para docentes (anexo 2), en donde se realizaron preguntas sobre los colores en los que se clasifica la biotecnología según su ámbito de estudio con el objetivo de evaluar conocimientos dichos básicos.

## Figura 2

*Evaluación de los conocimientos básicos que tienen los docentes de Biología de Educación Diversificada sobre los colores en que se clasifica la biotecnología según su área de estudio*



*Nota.* Donde B.R (biotecnología roja), B.G (biotecnología gris), B.B (biotecnología blanca), B.A (biotecnología azul), B.V (biotecnología blanca) según criterio de la Asociación Europea de Bioindustrias (2013). Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la aplicación del cuestionario para docentes (2019).

Según la figura 2, se observó que en el área en que hubo mayor cantidad de respuestas correctas fue en la biotecnología azul (marina), donde el 87% de los docentes participantes contestaron de forma asertiva, mientras que en el área de biotecnología gris (ambiental) sólo el 41% de los docentes participantes contestaron de forma correcta. Cabe resaltar que no existió ninguna área en la que el 100% de los docentes respondieran de forma acertada.

Según Blasco y Castillo (2014) el uso de los colores en la biotecnología se creó con la necesidad de clasificar y simplificar, de cara a la sociedad, los usos de esta. Sánchez (2007) aporta que es un sistema sencillo que ha permitido una rápida difusión. Teniendo en cuenta lo anterior, resulta preocupante los resultados de la figura 2, esto porque no existió un área en la que todos los docentes participantes contestaran de forma correcta y esto genera cuestionamientos sobre las percepciones que estos tienen sobre la temática y su labor en las aulas. Frente a esto, Imbernón (2016) plantea que cuando un docente se encuentra en su contexto educativo, necesariamente requiere de una formación específica en varios conocimientos teóricos que permitan desarrollar sus lecciones de la mejor manera. Además, Francis (2005) apoya al decir que toda actividad educativa que realiza

un educador tiene como respaldo una serie conocimientos teóricos implícitos que lo orientan con ideas sobre la temática, su enseñanza y sobre cómo se construye esta, o bien, cómo se aprende. Por ello, resulta difícil comprender cómo los profesores abordan esta temática de los colores de la biotecnología en sus lecciones, si muchas de las percepciones que poseen son erróneas. Por tanto, se debe velar porque la información que se les está dando a los estudiantes en las aulas sobre biotecnología sea veraz, adecuada a las necesidades y actualizada. Frente a esto, queda resaltada la importancia de generar capacitaciones para los docentes que imparten estas temáticas, para que estos puedan tener los conceptos adecuados sobre los colores de la biotecnología y así, que su labor en las aulas sea la idónea. Ya que, como lo indica el MEP (2018), es necesario que los docentes “valoren la importancia de los procesos de capacitación y actualización permanentes para aprovechar la creciente producción de conocimiento y la diversidad de fuentes de información, que contribuyen en la resolución de problemas de la vida cotidiana” (p. 18).

También es importante que los docentes tengan conocimiento sobre las principales aplicaciones de la biotecnología en la vida diaria, esto para generar que los estudiantes dejen de verla como algo alejado de nuestra cotidianidad. Por lo que, en el cuestionario aplicado a los docentes, también se hicieron preguntas relacionadas con estas temáticas, como se puede ver en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Evaluación de los conceptos básicos sobre las aplicaciones de la biotecnología en la vida cotidiana que poseen los docentes de Biología de Educación Diversificada*

Área	Conceptos básicos y su aplicación	Respuestas correctas	Respuestas incorrectas
Alimentación	Fermentación	30	9
	Producción de cerveza	39	0
	Elaboración de probióticos	38	1
Medicina	Técnicas de reproducción asistida	19	20
	Medicina regenerativa	39	0
Medio ambiente	Preservación de recursos naturales	34	5
	Biorremediación	15	24
Industria genética	Clonación	39	0
Agricultura	Transgénicos	39	0

*Nota.* Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la aplicación del cuestionario para docentes, N=39 (2019).

En la tabla anterior se observa que en las preguntas relacionadas con aplicaciones como producción de cerveza, medicina regenerativa, clonación y transgénicos, todos los docentes contestaron de forma acertada. Mientras que, las preguntas de aplicaciones relacionadas con biorremediación y técnicas de reproducción asistida fueron en las que menos docentes contestaron correctamente.

Las aplicaciones biotecnológicas que generaron mayor cantidad de respuestas correctas por parte de los docentes son aquellas que ya, desde hace varios años, han estado incluidas en los planeamientos del MEP. Esto debido, en gran parte, a los avances generados en torno a estas (por ejemplo, aplicación de probióticos en alimentos, organismos genéticamente modificados, reproducción asistida, procesos industriales), al crear con ello gran cantidad de información disponible. Pero otro motivo muy importante, además, es que estas temáticas suelen generar controversias y debates políticos, sociales y religiosos entre las personas, y por lo tanto se producen, con ello, mucha divulgación por parte de los medios de comunicación. Un ejemplo de ello, lo menciona Jiménez

(2007) el cual indica que el uso de transgénicos y la clonación, como nueva forma de producir vida, han retado las tradiciones de las distintas culturas, lo que provoca reacciones diversas en la sociedad, sean de aceptación o rechazo. Todo ello ha generado grandes debates en las poblaciones e inclusive el surgimiento de organizaciones para apoyar u oponerse a estos avances.

Aunado a lo antes expuesto, Occelli et al. (2018) mencionan que dada la cantidad de información disponible tanto en libros como en medios de comunicación, los contenidos que los docentes prefieren impartir son los relacionados con ingeniería genética y sus aplicaciones. Esto que comentan los autores explica por qué son las temáticas con mayores nociones correctas y las que más se suelen impartir en las aulas. Sin embargo, esto podría ser contraproducente, dado que otras temáticas que están en auge y cobrando importancia no se abarcarían en las aulas o en menor proporción, por el gran énfasis que se les da a las áreas ya conocidas o cuyo manejo suele ser mayor por parte del educador. Por ello, surge la necesidad de comenzar a abordar en las aulas nuevos ámbitos y aplicaciones de la biotecnología, que permitan generar nuevos conocimientos, mayor difusión y que los estudiantes (algunos futuros docentes) tengan conocimiento y correctas percepciones de ellas.

Por otra parte, y como se mencionó anteriormente, las temáticas relacionadas con técnicas de reproducción asistida (Fecundación In Vitro y pruebas genéticas de preimplantación para detectar aneuploidías, FIVGenetic) y protección del medio ambiente (biorremediación, biominería, fitorremediación), al ser aplicaciones recientes (90's hacia nuestra época), suelen tener poca difusión a nivel de medios de comunicación. Sin embargo, frente a una sociedad cada día más tecnológica y debido a los problemas medioambientales que se están generando en el planeta, son temáticas de importante difusión. Según Barrere (2016) el desafío en países iberoamericanos es establecer, en sus programas educativos, nuevos contenidos que permitan socializar y debatir temáticas relacionadas con salud y técnicas de mejoramiento medioambiental. Estas temáticas, además, ayudan a profundizar la comprensión de procesos biológicos. Blasco y Castillo (2014) indican, por ejemplo, que la biorremediación es el área de la biotecnología medioambiental con más investigaciones e inclusive para su desarrollo se han recurrido a las modificaciones genéticas de los organismos utilizados para tal fin. Es por ello, que al observar la reducción en la cantidad de respuestas correctas en estas áreas por parte de los docentes participantes se deja en evidencia la gran necesidad de que se generen

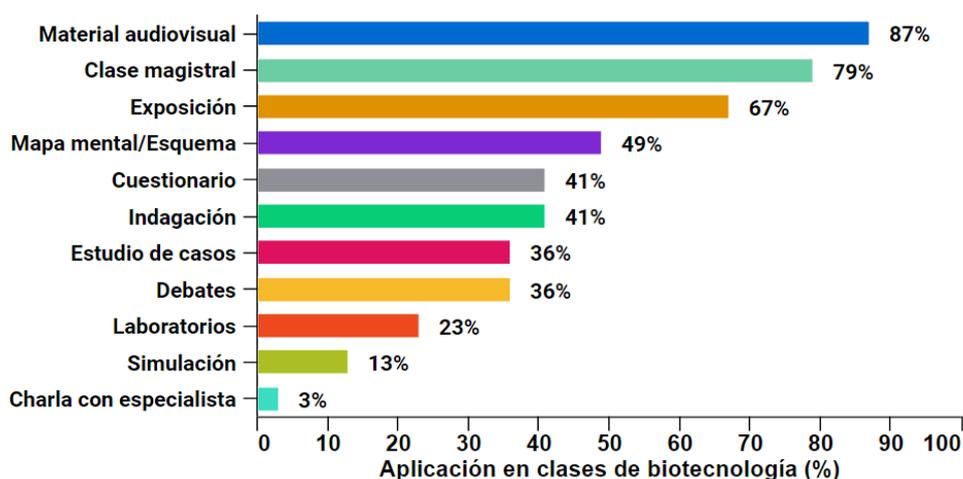
capacitaciones y materiales didácticos que permitan al docente aprender y comprender sobre estas temáticas y entonces relacionarlas con muchas aplicaciones ya conocidas y poder generar una mayor difusión e informar a los estudiantes, de cara a los grandes avances que van surgiendo en el área científica.

Cabe resaltar la gran importancia que se le da a las concepciones y percepciones que tienen los docentes ya que estos son los responsables, en primera instancia, de generar el acercamiento de los estudiantes a las temáticas. Como indica Padierna (2016) el docente debe conocer y buscar la forma de innovar en su labor, ya que se busca la transformación curricular y, con ello, el éxito en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Por lo antes expuesto, es que el manejo adecuado de las temáticas que competen es de los elementos más importantes. Por lo que, si se busca aumentar la difusión de temáticas biotecnológicas en las personas desde las aulas, el papel del docente debe, como facilitador de la información y guía del proceso de enseñanza y aprendizaje, ser un elemento muy importante por considerar en esta línea.

Otro gran aspecto que se debe considerar, además de las percepciones que poseen los docentes, son las estrategias de mediación que estos implementan a la hora de abarcar la temática de biotecnología, ya que, el objetivo de estas es guiar y acercar al estudiante en la comprensión de los contenidos que se imparten. La figura 3 contempla los resultados que se obtuvieron al consultar, a los docentes, por las que utilizan con mayor frecuencia en sus clases para el desarrollo de este tipo de contenidos. Para tal efecto, algunas de ellas se agruparon en una misma categoría, de acuerdo con el objetivo para el cual han sido creadas.

**Figura 3**

*Estrategias de mediación empleadas por docentes de Biología de Educación Diversificada en sus lecciones para abarcar las temáticas de biotecnología*



*Nota.* Elaboración propia con los datos obtenidos a partir de la aplicación del cuestionario para docentes (N=39) (2019).

Como muestra la figura anterior, las estrategias de mediación más utilizadas por los docentes en sus lecciones de biotecnología son los materiales audiovisuales (al menos el 87% de los docentes hacen uso de estas) y las clases magistrales. Además, se observa que las exposiciones y los mapas mentales (mapas conceptuales y esquemas) también son muy utilizadas por estos. Por otro lado, hay algunas estrategias que, según los resultados obtenidos son poco empleadas por los docentes como lo son los laboratorios, simulaciones o la invitación de algún especialista, donde para estas últimas dos actividades, menos de un 20% de docentes las incorporan en sus lecciones.

Los resultados presentados apoyan la problemática que se ha mencionado a lo largo de esta investigación, ya que demuestran que la mayoría de los docentes participantes siguen utilizando en sus lecciones de biotecnología estrategias de mediación poco innovadoras, en vez de utilizar las que busquen generar clases interactivas y dinámicas. Como indica Acevedo (como se citó en Espinel-Barrero y Valbuena-Ussa, 2018), en la actualidad los profesores siguen manteniendo apego hacia la transmisión del conocimiento teórico de los temas científicos y no se dirigen al saber hacer mediante la puesta en práctica de las técnicas. Por ello, surge la interrogante sobre ¿por qué los docentes siguen prefiriendo e incorporando estas estrategias?, cuando la mayoría de las

investigaciones recomiendan no utilizar este tipo de metodologías, e inclusive; el MEP ha actualizado sus planeamientos y ha propuesto el uso de estrategias innovadoras, donde el estudiante sea el constructor de su aprendizaje. En posteriores figuras, se analizarán algunos factores que pueden influir en estas decisiones, sin embargo; los resultados obtenidos demuestran la necesidad que tienen los docentes de buscar herramientas que les ayude a innovar en la forma de abordar y enseñar contenidos biotecnológicos, de cara a las nuevas metodologías que se van generando producto de las necesidades actuales que demanda la sociedad.

Además, si se comparan las estrategias propuestas en el programa de estudio de Biología, con las estrategias utilizadas actualmente por los docentes, se ve como los nuevos enfoques educativos buscan la participación del estudiante como el responsable de su aprendizaje, a través de la guía del docente, mediante estrategias que implican la intervención conjunta de la comunidad educativa. Se promueve la criticidad y la opinión. Sin embargo, como expuso anteriormente Acevedo (como se citó en Espinel-Barrero y Valbuena-Ussa, 2018), y que se refuerza con los resultados obtenidos en esta investigación, los docentes mantienen la tendencia a dictar el conocimiento y se limitan las actividades en las que el estudiante deba ser crítico para resolver situaciones o expresar su opinión y, aún más, la aplicación y práctica de técnicas científicas, ya que como se observa en la figura 3, son muy pocos los docentes que utilizan el laboratorio como metodología a la hora de impartir la biotecnología.

La biotecnología se agrupa dentro de las ciencias fácticas, ya que su investigación se basa en los fenómenos de la realidad a través de hechos en el ámbito material y experimental. Según lo anterior, Jaramillo (2019) menciona que se deben proponer y ejecutar estrategias y metodologías integrales, que busquen alcanzar un aprendizaje articulado mediante la enseñanza moderna. Ya que las estrategias que impliquen dicha participación estudiantil, a través de la innovación, permiten el desarrollo de estudiantes críticos y con saberes integradores y no solo “consumidores del currículo en forma rígida y fraccionada”. Es por ello por lo que se considera necesario que los docentes busquen nuevas metodologías, que se modifique la manera en la que se enseñan las ciencias en las aulas, con el objetivo de acercar al estudiante a la realidad científica de forma cotidiana a través de la participación, experimentación, la observación y el razonamiento. Lo anterior refuerza lo mencionado sobre la necesidad de la constante actualización por parte de los docentes, para su dotación de las herramientas necesarias y con ello buscar la manera de

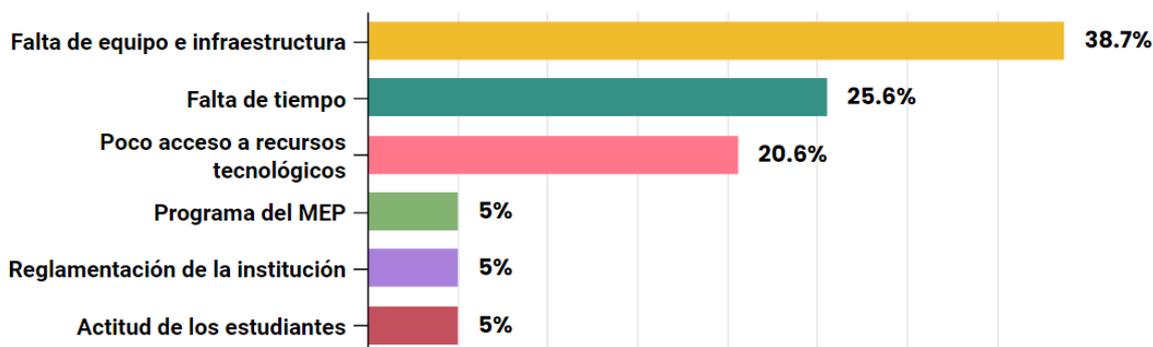
invertir los resultados obtenidos en la figura anterior, y disminuir el dictado magistral y aumentar estrategias rezagadas de aplicación y metodología científica.

Durante el desarrollo de este análisis se ha hablado de las percepciones que tienen los docentes en temáticas biotecnológicas y qué tipo de actividades de mediación pedagógica implementan en el desarrollo de sus lecciones para buscar un proceso educativo exitoso. Sin embargo, con base en los resultados, se ha observado que algunas percepciones que poseen los docentes participantes no son las correctas y el uso de estrategias de mediación innovadoras por parte de ellos suele estar muy limitado. Frente a esto surgen las siguientes interrogantes ¿Qué problemáticas o limitaciones pueden estar presentes en las instituciones educativas que afectan el correcto abordaje de temáticas biotecnológicas por parte de los docentes?, ¿Qué está pasando en la formación del docente de Biología que está generando estas problemáticas?

Respecto a la primera interrogante, es sabido que en muchas de las instituciones educativas existen algunos elementos o situaciones que influyen en la labor del docente y con ello afectan el proceso de enseñanza y el aprendizaje de la biotecnología, como el limitado acceso y uso de recursos tecnológicos o el déficit en la dotación de infraestructura adecuada para el desarrollo del proceso educativo (MEP, 2020). Debido a lo antes mencionado, en la figura 4 se presentan los aspectos que, según los docentes, generan complicaciones e impiden el correcto abordaje de la temática.

#### Figura 4

*Problemáticas a nivel institucional que según los docentes de Biología de Educación Diversificada limitan su labor a la hora de impartir temáticas relacionadas con biotecnología*



*Nota.* Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación del cuestionario a docentes de Biología (N=39) (2019).

Como se observa en la figura anterior, las principales problemáticas mencionadas por los docentes fueron la falta de equipo e infraestructura (laboratorios equipados) y la falta de tiempo para abarcar los contenidos. Además, el poco acceso a los recursos tecnológicos también ha dificultado, según los docentes el desarrollo de clases sobre biotecnología. Cabe resaltar que, el 5% de estos educadores mencionan que los mismos estudiantes y su actitud e indisposición se constituyen como una limitante.

La falta de equipo e infraestructura es una problemática que desde siempre ha afectado la calidad en general de los procesos educativos en temáticas como biotecnología. Esto ha causado que, por ejemplo, en lugar de realizar laboratorios físicos o simulaciones en temas como procesos biotecnológicos industriales para obtención de productos o alimentos, elaboración de medicinas y tratamientos, manipulación genética y genoma humano para innovar la forma de dar lecciones, se deban realizar actividades poco dinámicas y apegadas al modelo típico de transmisión. Como indica Allanta (2017), la infraestructura pública realizada por el Gobierno generalmente sigue métodos convencionales que genera que esta sea insustentable, poco atractiva y no responde a los requerimientos de desarrollo pedagógico y económico. Además, Pizarro (2015) resalta que la infraestructura en las instituciones es importante para mejorar la calidad educativa, ya que está demostrado en estudios científicos que los ambientes agradables propician un mejor rendimiento de los estudiantes y aprendizajes significativos.

Frente a esto, es razonable que los docentes indiquen que la falta de equipo e infraestructura es el principal factor que les afecta, ya que son escasos los colegios públicos que cuentan con laboratorios o los insumos necesarios. Este año, según Pérez (2019) del periódico El MundoCr, el MEP ha declarado de urgencia nacional la infraestructura educativa. Es por ello por lo que se genera la idea de que la correcta infraestructura en los centros educativos va a generar ambientes agradables y propicios, donde los estudiantes pueden realizar sus actividades diarias, y que mejore la calidad de los aprendizajes en esta área científica. Además, esta problemática pone en manifiesto la necesidad de generar propuestas educativas que utilicen estrategias metodológicas prácticas, con pocos recursos y materiales de fácil acceso para que se pueda acercar a los educandos a temáticas biotecnológicas.

En cuanto al factor tiempo, mencionado por los docentes, se sabe que el MEP propone planeamientos diseñados para abarcarse con éxito durante el curso lectivo. Sin embargo, durante el desarrollo de este suelen surgir una gran cantidad de situaciones como feriados,

congresos, consejos, reuniones, huelgas y otros factores que siempre van a generar atrasos en el desarrollo de los contenidos. Según Rodríguez (2007), el factor tiempo en las aulas muchas veces cierra la posibilidad de nuevas experiencias, en tanto que limita el desarrollo profesional, la creatividad y la iniciativa en docentes y estudiantes. Por ello, Del Carmen (1994) indica que al ser la falta de tiempo uno de los problemas más importantes para abordar contenidos, se debe analizar cuáles de estos son más importantes para tratar de establecer una cierta jerarquía, es decir, hacer una priorización.

Lo anterior se ve fortalecido por Flores (2015) quien resalta que se debe maximizar el aprovechamiento del tiempo, es decir que este se use potencialmente en experiencias educativas realmente significativas que generen oportunidades de aprendizaje. Por último, Razo (2016) aporta que el correcto uso del tiempo se considera una labor de planificación en la cual los docentes deben trabajar constantemente. Por todo lo anterior, si bien el factor tiempo juega un papel en contra para incluir temáticas biotecnológicas, no se debería considerar una razón de peso para no abordarlas. Con el correcto uso de estrategias de mediación, los docentes pueden crear espacios de aprendizaje donde se puedan abarcar aspectos importantes de las diversas de áreas biotecnológicas.

En cuanto a la reglamentación institucional mencionada por docentes, esta se refiere a las limitaciones y prohibiciones que tienen algunos centros educativos por las controversias político-religiosas que suelen generarse entorno a algunos temas de la biotecnología. Y es que como indican Roa y Valbuena (2014), la biotecnología está transformando las concepciones sobre lo vivo y lo muerto, es por ello por lo que al mencionar palabras como: selección artificial, clonación, terapia génica, ingeniería genética y productos industriales, la mayoría genera desaprobación en las personas. Por otra parte, Espluga (2017) agrega que las temáticas relacionadas con los transgénicos, la clonación y las células madre han generado múltiples y prolongados conflictos sociales, polarizando a la población a su favor o en su contra.

Esto demuestra la gran falta de información que se presenta en gran parte de la población y se constituye como una problemática, ya que la difusión de aplicaciones puede estarse dando de forma incorrecta y no objetiva, y generar consecuentemente que en algunos centros educativos se supriman estas temáticas, al catalogarse como “perjudiciales, inadecuadas o controversiales”. Por lo que capacitar a educadores para generar las percepciones adecuadas que permitan la propuesta de ideas y nociones correctas en los estudiantes (futuros ciudadanos activos en la toma de decisiones

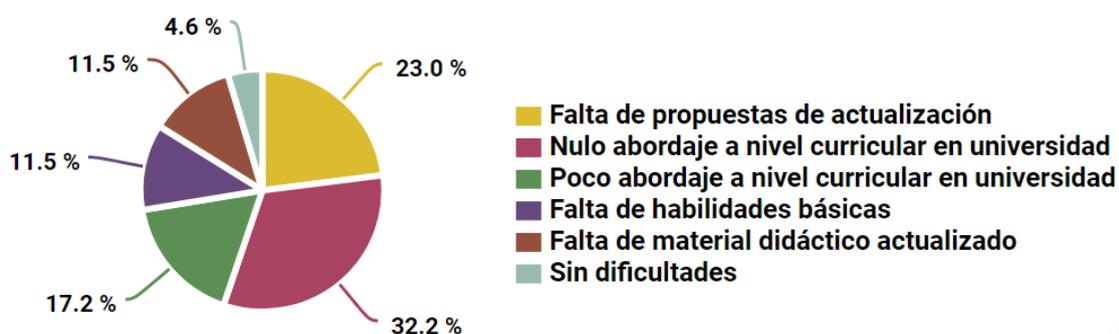
sociopolíticas, económicas y ambientales) es indispensable para cambiar este conflicto que se ha generado en nuestra sociedad, de modo que se promueva, tanto en el cuerpo docente como en el estudiantado, la articulación de conceptos biotecnológicos con situaciones cotidianas, donde no solo se contemplen los conocimientos adquiridos, sino adicionalmente sus emociones y sentimientos, valores, creencias culturales, religiosas, morales que les permita tomar decisiones apropiadas y justificaciones sólidas al respecto (Sadler et al., 2017; como se citó en Quaranta et al., 2020).

Por último, un factor mencionado es la actitud negativa de los estudiantes, lo cual es un elemento en contra para el desarrollo de clases innovadoras sobre biotecnología, sin embargo, muchas veces estas actitudes se deben a desinterés por la falta de estrategias metodológicas adecuadas que acerquen al estudiante a la comprensión e importancia de la temática. Toro (2019) menciona, para complementar lo antes indicado, que la falta de interés mostrada por los estudiantes surge al expresar que su enseñanza es descontextualizada de la sociedad y del entorno, poco útil, difícil, aburrida y poco participativa. Solbes y Esteve (2017) apoyan al argumentar que, lo que principalmente genera esta problemática es la forma en que se enseñan estas temáticas y las valoraciones negativas a su alrededor. Adicionalmente, Hasni y Potvin (2015) sustentan que determinadas estrategias de enseñanza como las que permitan a los estudiantes establecer vínculos entre lo aprendido en las aulas y su vida cotidiana o métodos basados en la indagación, pueden ayudar a aumentar el interés. Es por lo que, para despertar en los estudiantes interés, motivación y actitudes positivas, se debe hacer una evaluación de la forma de abarcar las temáticas y como docentes se debe ser estratégicos en las actividades a implementar para lograr que estos encuentren relación entre todos los procesos biotecnológicos y el mundo que nos rodea.

En el desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología, no solo se presentan limitaciones a nivel de institución educativa, sino que muchas veces los profesores suelen enfrentar problemáticas durante su formación como docentes. Esto genera repercusiones a la hora de abordar e impartir temáticas relacionadas con biotecnología. Por tal motivo, se consultó a los docentes sobre las experiencias a nivel académico, para conocer las limitaciones que consideran han enfrentado a nivel de formación profesional y los resultados se presentan en la figura 5.

**Figura 5**

*Problemáticas a nivel de formación docente que limitan la práctica a la hora de impartir temáticas relacionadas con biotecnología*



*Nota.* Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación del cuestionario para docentes (N=39) (2019).

Los docentes mencionan que, según su proceso de formación en docencia de Ciencias, la mayor limitante constituye que no se brinda un abordaje a la temática biotecnológica en las universidades. Esto les ha afectado actualmente su labor a la hora de impartir clases de biotecnología, ya que, según indican, en algunos casos (donde se abarcan temas sobre biotecnología a nivel de estudios en docencia) no se imparte como una materia específica, sino que los contenidos se incluyen dentro de cursos de biología general, por lo que se debe ser autodidacta en este ámbito científico. Otra limitación indicada, es la falta de constantes capacitaciones, ya que no se solventan los vacíos de información. Para los docentes, sería importante que las universidades brinden retroalimentación a los educadores de secundaria y capacitación en el uso de nuevas plataformas que se están desarrollando a nivel nacional y global. También, hay profesores que mencionan que nunca tuvieron preparación en estos temas y otros que indican que la falta de habilidades les ha afectado su labor. Existen, además; unos pocos docentes que han manifestado que su proceso de formación les permitió no tener dificultades para abordar temáticas biotecnológicas.

Lo expuesto anteriormente se ve apoyado por Roa (2011), quien indica que en el proceso de formación de docentes en el área de las ciencias naturales no se presentan referentes epistemológicos claramente establecidos, por lo que no se hace de la biotecnología un objeto de enseñanza. Es por esto por lo que la integración de dicha área

científica en el currículo es muy escasa. De igual forma que Pedrancini et al. (2007) y Ocelli (2013) (como se citó en Espinel, 2015) concuerdan en que:

Debe brindarse a los docentes un proceso de actualización sobre la epistemología de la biotecnología, la organización de los contenidos de aprendizaje y las conexiones explícitas entre estos conceptos y las últimas innovaciones científicas y biotecnológicas, dicho proceso resulta esencial en la mejora de la enseñanza-aprendizaje de la biotecnología en las aulas. (p.1327)

Por otra parte, el sexto Informe Estado de la Educación (PEN, 2019) recalca que, en las instituciones de educación superior, se deben realizar los cambios necesarios para rediseñar la oferta educativa. Los cambios de actualización de las ofertas académicas no pueden estar exentos de investigación, ni omitir el desarrollo docente ni a la institución. Lo expresado en el informe puede referir a conocer las necesidades actuales y enrumbar la oferta académica, en este caso en la educación, hacia las áreas relevantes para el desarrollo socioeconómico del país. Dicho aspecto podría verse reflejado en la determinación de la importancia de los avances biotecnológicos en el ámbito global, y la formulación de un curso universitario dedicado a informar y formar docentes conscientes de las implicaciones y aplicaciones de esta área en la vida cotidiana.

Esto es un problema que se ha venido señalando desde hace años atrás, cuando Castellanos et al. (1996) (como se citó en Roa y Chavarro, 2011) aseguran que el proceso de formación docente exige nuevas pretensiones referentes a la biotecnología. El autor infiere que se debe realizar una modificación de los programas, ya que estos no permiten un desarrollo integral en todos los niveles de formación de la biotecnología. Lo mencionado se debe a que no se tienen presentes las connotaciones actuales, reales y futuras de la misma. Además, otro aspecto a considerar es que, en educación básica; debe incorporarse una asignatura para la comunicación de los principios, las aplicaciones e implicaciones de la biotecnología, con carácter teórico-práctico. Por último, los autores mencionan que en las universidades no se forman docentes con el perfil necesario que le permita desarrollar la biotecnología de manera integral, ya que no se cuenta con programas dedicados a alcanzar dicho objetivo.

Lo expuesto por los autores citados anteriormente sobre la realidad de la biotecnología en la formación docente en los últimos años, es evidenciado por los docentes consultados, quienes manifestaron que, durante su formación, la biotecnología no se enseña

profundamente como un curso propio de la disciplina, sino que su contenido se imparte como un eje temático dentro de cursos de biología general. Debido a los resultados generales obtenidos en la consulta a los docentes y las revisiones bibliográficas, se concreta que actualmente la biotecnología no tiene el énfasis que requiere, según el avance científico-tecnológico presentado en los últimos años y como generadora de la alfabetización científica, para ser incluido en los programas educativos. Por esto, es que se refuerza que la constante actualización del personal docente es necesaria, para que, a través de ellos, se permita llevar la realidad científica a los jóvenes como participantes de la sociedad actual.

#### **4.2. Producto didáctico: Módulos de actualización profesional**

En este apartado, con base en los resultados obtenidos y en el análisis realizado en la sección anterior, donde se hace una evaluación integral del proceso de la enseñanza de la biotecnología en la asignatura de Biología en Educación Diversificada en Costa Rica, se presenta el material final elaborado. El mismo constituye una serie de módulos de actualización profesional para los docentes, el cual cuenta con herramientas apropiadas para promover el desarrollo de habilidades y facilitar mejoras en el proceso de enseñanza y aprendizaje de contenidos vinculados con estas temáticas científicas.

El material se divide en cuatro grandes módulos, los cuales se denominaron utilizando el sistema de colores propuesto por la EuropaBio (2013) y debido a las recomendaciones de los investigadores previamente expuestas, dando como resultado un módulo de biotecnología roja, blanca, verde y gris. En cada uno de dichos módulos, se agruparon todos los contenidos sobre biotecnología que se detectaron en el programa de estudio de Biología para Educación Diversificada del MEP (2018), luego de la aplicación del instrumento respectivo (ver anexo 1), y los cuales se evidencian en la figura 1. Importante hay que indicar que, debido a que no se detectaron temáticas relacionadas con la biotecnología azul, esta área biotecnológica no se incluye en los módulos de actualización. Por otra parte, las temáticas desarrolladas y las actividades propuestas dentro de los módulos se desarrollaron partiendo del análisis previamente elaborado, abarcando las necesidades encontradas en el programa de estudio, en los docentes y en las instituciones educativas y, además, cubriendo los temas que se mostraron como medulares dentro del programa.

De forma general, el material brinda una introducción al docente, de manera que pueda hacer énfasis en la importancia que presenta la actualización profesional y el enfoque en el desarrollo de habilidades en los procesos educativos actuales que recomienda el MEP.

Por otra parte, cada uno de los módulos posee, además; diferentes apartados que se describen a continuación:

***Fundamento teórico.*** Brinda un extracto de información actualizada y los conceptos básicos sobre la temática a tratar, que permite al docente y a los estudiantes contextualizar, comprender y realizar las actividades propuestas.

***Planeamiento y habilidades.*** Detalla, en primera instancia, los momentos de aprendizaje en los que se divide el módulo y el nombre de las actividades que se desarrollarán posteriormente, además, la(s) habilidad(es) que cada una de dichas actividades pretende promover. Se brinda, adicionalmente, una descripción de dichas habilidades que se buscan potenciar en el módulo, con su respectiva definición e indicadores (estos constituyen las pautas necesarias para desarrollar las habilidades). Además, se incluyen los planeamientos didácticos para cada una de las actividades a desarrollar, basados en las plantillas actuales del MEP.

***Materiales necesarios.*** Indica, de forma general, todos los insumos que se necesitan y con lo que se debe contar para la aplicación y el desarrollo del módulo respectivo.

***Descripción de las actividades.*** De acuerdo con cada momento de aprendizaje, se detalla ampliamente cada una de las actividades a realizar con su respectiva guía de instrucciones, se especifican los materiales, se agregan los enlaces o referencias a anexos necesarios, preguntas e indicaciones específicas, para que la actividad pueda cumplirse con éxito.

***Criterios de evaluación.*** Se incluyen todas las rúbricas de evaluación para cada una de las actividades comprendidas en cada momento de aprendizaje y que se pueden utilizar para evaluar de forma sumativa o formativa. La rúbrica evalúa, para cada actividad, todas las habilidades que se promueven y contiene sus respectivos indicadores mediante tres niveles de desempeño (inicial, intermedio y avanzado). Por lo que estas rúbricas se basan en el formato del MEP para el desarrollo de habilidades.

**Anexos.** Los cuales corresponden a un conglomerado de materiales a utilizar en cada una de las actividades propuestas. El docente facilitador, al leer las descripciones de cada actividad, va a ver referenciado cada anexo que debe emplear. Se incluyen imágenes, artículos, juegos, fichas, infografías, entre otros recursos útiles para desarrollar el aprendizaje activo mientras se fomentan habilidades. Estos pueden imprimirse o utilizarse de forma digital, según los medios con los que se cuente.

Al finalizar todos los módulos, se agrega un apartado de recomendaciones generales para el uso, aplicación y aprovechamiento de los módulos, propiciando su adecuado manejo y su potencial. Se brindan algunas conclusiones generales y se incorporan todas las referencias bibliográficas utilizadas para la confección de los módulos.

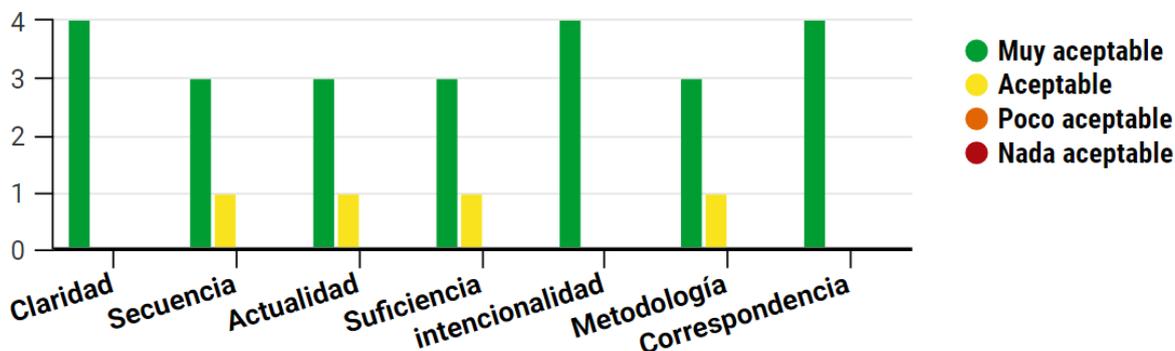
Por otra parte, es importante indicar que, como parte de los objetivos específicos de este trabajo, el producto didáctico elaborado fue enviado a un conjunto de expertos para la respectiva validación, entre los que desatacan:

- Andrea Alvarado Arguedas, con grado académico Máster, Docente en el MEP y UNA.
- Edwin Fabián Chacón Benavides, con grado académico Licenciado y de profesión Docente de las Ciencias Exactas y Naturales y Físico.
- Carolina Sancho Blanco, con grado académico M.Ed. y Licenciada en Biología, UNA.
- Silvia Mau Incháustegui, con grado académico Doctorado y de profesión microbióloga.

A los expertos se les remitió el formulario de validación (anexo 7) en el que se debía evaluar elementos del diseño y la estructura como la claridad, secuencia, que los elementos fueran acordes a la actualidad biotecnológica y educativa, la suficiencia en aspectos de cantidad y calidad, la metodología, la correspondencia entre todos los elementos teóricos, prácticos y de evaluación y, además, su intención. En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de los expertos, relacionados al diseño y la estructura según los criterios descritos anteriormente:

**Figura 6**

*Evaluación por juicio de expertos sobre criterios vinculados al diseño y estructura de la propuesta de módulos de actualización profesional en biotecnología*



*Nota.* Elaboración propia a partir del formulario de validación de la propuesta de módulos de actualización profesional en biotecnología mediante juicio de expertos (N=4) (2021).

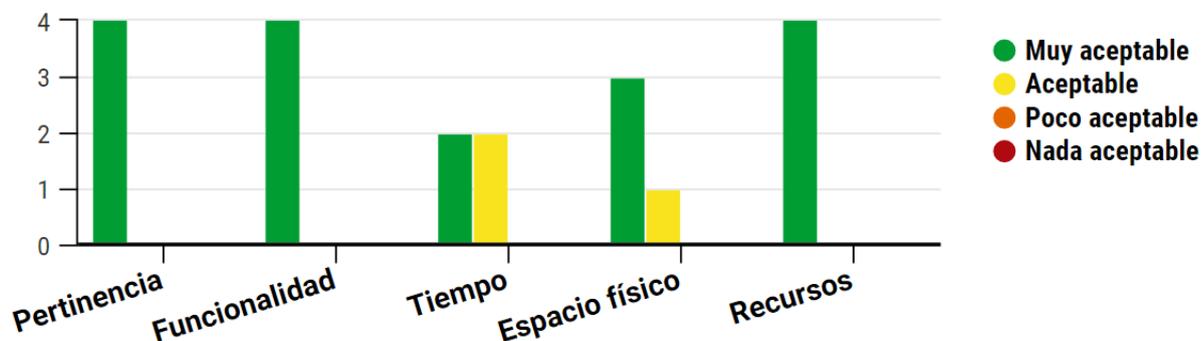
Cabe resaltar, según los datos anteriores, que los expertos determinaron unánimemente que la claridad es muy aceptable, ya que la propuesta de módulos se encuentra elaborada en un lenguaje que facilita su comprensión y además es preciso. Aunado a ello, también consideran muy aceptable la intencionalidad de la propuesta de módulos de actualización profesional en la promoción de habilidades de pensamiento científico y la correspondencia entre las actividades planteadas, los rasgos de las habilidades que se pretende promover y sus niveles de desempeño.

Hubo opinión variada en cuanto a la actualidad de la información incluida, la metodología (en cuanto a los recursos y actividades propuestas y su respuesta a los objetivos) y a la suficiencia para el desarrollo de contenidos biotecnológicos y habilidades, ya que se evaluaron de forma aceptable y muy aceptable por parte de los expertos.

Por otra parte, se les solicitó a los expertos la validación en términos de la viabilidad para su implementación. En este apartado se debían considerar aspectos de pertinencia para la implementación en clases, la funcionalidad para desarrollar contenidos biotecnológicos y la promoción de habilidades, el tiempo de desarrollo, el espacio físico como factor limitante y, por último, la posibilidad de adecuación de las actividades en función de los recursos con los que cuenta el docente o la institución educativa. Los resultados obtenidos en el instrumento se muestran en la figura 7:

**Figura 7**

*Evaluación por juicio de expertos sobre criterios relacionados con la viabilidad para la implementación de la propuesta de módulos de actualización profesional en biotecnología*



*Nota.* Elaboración propia a partir del formulario de validación de la propuesta de módulos de actualización profesional en biotecnología mediante juicio de expertos (N=4) (2021).

En esta evaluación, se determinó unánimemente que tanto la pertinencia para su aplicación en las clases de biología, como su funcionalidad para desarrollar contenidos vinculados a la biotecnología mientras se promueve el desarrollo de habilidades y la facilidad de adecuación de las actividades, en función de los recursos disponibles, son muy aceptables.

Por otra parte, hubo diferencia de opinión en cuanto al tiempo en el que se propone el desarrollo de las actividades, ya que dos expertos consideran dicho factor muy aceptable y dos lo consideran aceptable. Además, en cuanto al espacio físico, ha sido considerado por la mayoría de los expertos, como muy aceptable. Por lo cual se puede determinar, de forma general, que el espacio físico no es factor limitante para el desarrollo de las actividades propuestas.

Adicionalmente, a los expertos se les pidió opiniones y recomendaciones sobre los criterios evaluados, dentro de lo que se mencionó la incorporación de instrumentos de evaluación de actividades, las cuales corresponden a las rúbricas que se incluyen en cada módulo, para cada una de las actividades propuestas y en función de las habilidades que se fomentan, esto acorde con la nueva política curricular del MEP. Además, se recomendaron aspectos meramente estéticos. También, cabe recalcar, que se comentó en las observaciones que “la propuesta de módulos generada en este trabajo es muy valiosa para desarrollar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología y sus aplicaciones, ya que las actividades propuestas muestran calidad y creatividad, responden

a los objetivos y son aplicables con los recursos de instituciones y casas. Se menciona, además, que el diseño es excelente y cada una de las habilidades de pensamiento señaladas son cubiertas con las actividades pensadas. Por último, se califica como sobresaliente, ya que se muestra un abordaje de temas complejos a través de su aplicación por medio de actividades o juegos, lo que mejora su comprensión, despierta el interés y desarrollan distintas habilidades en los estudiantes”.

Para finalizar, los expertos emitieron su criterio general de validación correspondiente a los módulos de actualización profesional. A continuación, se muestran los criterios de forma independiente

<b>Experto</b>	<b>Criterio General</b>
M.Ed. Andrea Alvarado Arguedas	Válido (mejorar según observaciones)
Lic. Edwin Fabián Chacón Benavides	Válido (aplicable)
M.Ed. Carolina Sancho Blanco	Válido (aplicable)
Dra. Silvia Mau Incháustegui	Válido (aplicable)

Por tanto, de forma general se determina que la propuesta es válida.

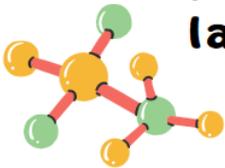
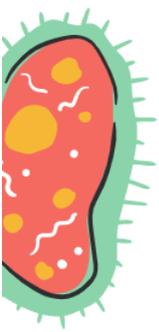
Las constancias de validación emitidas por cada experto dentro del formulario digital empleado para dicho fin se muestran en el anexo 8.

A continuación, se adjunta el producto didáctico como resultado de este trabajo, el cual fue validado por los expertos y que consiste en la secuencia de módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biotecnología:



DEVI SOLÓRZANO CORTÉS & EDUARDO ESQUIVEL NARANJO

**Módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biotecnología.**



## BIOTECNOLOGÍA

ROJA



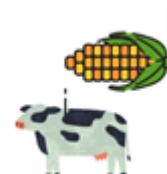
GRIS



BLANCA



VERDE





# TABLA DE CONTENIDOS

Introducción .....	I
Biotecnología Blanca .....	1
Fundamento teórico.....	1
Planeamiento y Habilidades .....	4
Materiales necesarios .....	10
Descripción de la actividad .....	10
Criterios de evaluación.....	17
Anexos.....	21
Biotecnología Roja.....	29
Fundamento teórico.....	29
Planeamiento y Habilidades .....	31
Materiales necesarios .....	37
Descripción de la actividad .....	37
Criterios de evaluación.....	42
Anexos.....	46
Biotecnología Verde .....	49
Fundamento teórico.....	49
Planeamiento y Habilidades .....	51
Materiales necesarios .....	58
Descripción de la actividad .....	58
Criterios de evaluación.....	64
Anexos.....	68
Biotecnología Gris .....	75
Fundamento teórico.....	75
Planeamiento y Habilidades .....	80
Materiales necesarios .....	86
Descripción de la actividad .....	86
Criterios de evaluación.....	93
Anexos.....	97
Recomendaciones para su uso .....	101
Conclusiones Generales .....	102
Bibliografía consultada .....	103



## ÍNDICE DE ANEXOS

### Biotecnología blanca

<b>Anexo 1.</b> “Jugando con bacterias” .....	21
<b>Anexo 2.</b> “Ficha de preguntas y observaciones” .....	24
<b>Anexo 3.</b> “Aplicaciones de microorganismos en la industria” .....	25
<b>Anexo 4.</b> “Casos prácticos” .....	27

### Biotecnología roja

<b>Anexo 1.</b> “Trivia sobre aplicaciones de la Biotecnología roja” .....	46
<b>Anexo 2.</b> “Creando y aprobando una vacuna” .....	48

### Biotecnología verde

<b>Anexo 1.</b> “Creando compost en el colegio” .....	68
<b>Anexo 2.</b> “Preparación y mantenimiento” .....	71
<b>Anexo 3.</b> “¿Qué puedo compostar?” .....	73
<b>Anexo 4.</b> “Bitácora de observaciones y actividades” .....	74

### Biotecnología gris

<b>Anexo 1.</b> “Biotecnología y Medio ambiente” .....	97
<b>Anexo 2.</b> “Datos de resultados sobre biorremediación” .....	99
<b>Anexo 3.</b> “Ilustración: Encuentra el punto de contaminación” .....	100



# INTRODUCCIÓN

La presente propuesta denominada “*Módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biotecnología*” considera como elementos fundamentales el desarrollo de habilidades, acorde con las que fueron establecidas en la nueva política curricular del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica (MEP) dentro de las que se proponen las siguientes dimensiones y habilidades:

<b>Dimensión</b>		<b>Habilidades</b>
<b><i>Maneras de pensar:</i></b> Se refiere al desarrollo cognitivo de cada persona, por lo que implica las habilidades relacionadas con la generación de conocimiento.	Pensamiento sistémico Pensamiento crítico Aprender a aprender	Las habilidades de esta dimensión exigen el desarrollo de todos sus indicadores, con el propósito de lograr la estructura cognitiva superior completa.
<b><i>Formas de relacionarse con otros:</i></b> Se relaciona con el desarrollo de puentes que se tienden mediante la comunicación y lo colaborativo.	Colaboración Comunicación	Las habilidades de estas dimensiones complementan el desarrollo integral de la persona en actividades cotidianas esenciales, pues son fundamentales para el trabajo en equipo, el compromiso, la ética laboral y la adaptación al cambio.

*Nota.* Adaptado de los lineamientos para la elaboración del planeamiento didáctico, en el marco de la mediación pedagógica, para el desarrollo de los aprendizajes esperados y las habilidades. MEP, 2018.

Por otra parte, el programa de estudio de Biología para Educación Diversificada, desde el punto de vista de la nueva política curricular denominada “Educar para una nueva ciudadanía” pretende que la enseñanza y el aprendizaje de la Biología sea liderada por docentes en los que destaque la búsqueda, adquisición y producción de conocimientos a través de procesos permanentes de capacitación y actualización profesional. Lo que les brindará un sólido conocimiento disciplinar y a su vez, altas habilidades de pensamiento científico, que les permitan acercar el conocimiento al aula y promover el desarrollo de habilidades a través de procesos educativos relevantes, contextualizados en los aspectos cotidianos y de calidad. De igual forma, esta política curricular propone que el hecho educativo debe brindarles a los estudiantes, oportunidades de aceptación, sentido de pertenencia y genera oportunidades para el desarrollo de las habilidades antes descritas, mediante la gestión de estrategias de aprendizaje presenciales y virtuales, las cuales son necesarias para hacer frente a los retos del presente siglo (MEP, 2018).

Las actividades incluidas en este documento hacen referencia a los temas tratados en el eje temático II: “Uso sostenible de la energía y los materiales, para la preservación y protección de los recursos del planeta”. Correspondiente al décimo nivel de la educación diversificada académica y al undécimo nivel de la educación diversificada técnica.

Debido a lo detallado anteriormente, tanto las actividades de mediación como sus respectivos indicadores de aprendizaje esperados que se proponen responden al criterio de evaluación:

*Fundamentar las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología en diferentes contextos.*

Por lo que se pretende que este documento, que ha sido elaborado con esmero, favorezca el proceso permanente de construcción del conocimiento y la promoción de habilidades, a través del aprendizaje activo, en el área de la Biotecnología. Ya que como lo menciona Hibbard et al. (1996) (Como se citó en González et al., 2017) a través de estrategias de aplicación y ejecución significativas, en el marco del aprendizaje activo, se fomenta la construcción del conocimiento y su aplicación, ya que se promueve la participación de los educandos y se desarrollan habilidades y hábitos de trabajo en contextos del mundo real.

Por tanto, con un cuerpo docente en constante actualización en temas de relevancia científica, pero que en ocasiones han sido invisibilizados, y con herramientas que fomenten un proceso enseñanza y aprendizaje integral ¡vamos a poder educar para una nueva ciudadanía!



# BIOTECNOLOGÍA BLANCA



## FUNDAMENTO TEÓRICO



*“Veo un brillante futuro para la industria de la biotecnología cuando sigue el camino de la industria de la computación. Volviéndose pequeña y domesticada en lugar de grande y centralizada.”*

Freeman Dyson, 2007.

El término “Biotecnología” fue utilizado por primera vez en 1917 por Karl Ereky con el objetivo de referirse a la obtención de productos a partir del uso de organismos vivos (Ferry, 2014). Sin embargo, mencionan Espinel-Barrero y Valbuena-Ussa (2018), que el auge que esta ha tenido en los últimos años se debe a la incorporación de técnicas de ingeniería genética a microorganismos procariotas, células vegetales y animales, generando, por ejemplo; la síntesis biotecnológica de insulina en 1978 (Chance y Frank, 1993). Contribuyendo así a la consolidación de la biotecnología como ciencia y, a partir de esto, se empezaron a generar una gran variedad de aplicaciones y procedimientos comerciales en diversos ámbitos que cada día van en crecimiento, formando con ello una gran industria biotecnológica que representa un sector muy productivo en el mundo. Las técnicas que se utilizan van desde cultivos celulares, bioprocesos, ingeniería genética, cultivos de tejidos, biocatálisis, ingeniería de proteínas, biosensores y bioingeniería (Ocelli et al., 2018).

Como se ha observado, la biotecnología blanca no está limitada solamente al uso de microorganismos como las bacterias, aunque sean comúnmente utilizadas. También, dependiendo del objetivo del investigador o de la empresa, podrían emplearse cultivos de células animales o vegetales. Ya que, como se ha definido en diferentes fuentes como Washington Biotechnology and Medical Technology Online, North Carolina Biotechnology Center o The Biotech Life Dictionary (como se citó en Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia [CAR/PL], 2003), la biotecnología es:

La técnica de manipulación de formas vivas (organismos) (o partes de estos) para obtener o modificar productos útiles para la humanidad. Es la integración de las ciencias naturales y la ingeniería para conseguir aplicar organismos y células —o partes de estos— así como análogos moleculares en la producción de bienes y servicios. (p. 11)

La biotecnología blanca se relaciona con los procesos industriales para la producción de diversos materiales, en los que, durante el proceso, intervenga un organismo, sus partes o productos (por ejemplo, enzimas). Estos facilitan la obtención de productos de interés de carácter medicinal, alimentario o biopolímeros, entre otros (González, 2012). Por ejemplo, producción de insulina, hormonas, vinos, panes y lácteos, celulosa, ácido hialurónico. Así también como servicios medioambientales de biorremediación de ecosistemas o gestión de desechos.

Dicha área no es nueva, sino que lo que se pretende es recurrir a la naturaleza, utilizando materiales renovables y aprovechando la eficacia natural probada. De este modo, se busca la protección de los recursos, disminuir el impacto sobre el entorno y aumentar la eficacia de los procesos convencionales. Aunado a ello, esta disciplina nos permite obtener productos innovadores. Científicos prevén que la biotecnología blanca será el principal combustible de la competitividad de la industria química. También, otra previsión de los científicos es que después de la biotecnología roja (medicina y salud) y la verde (agrícola); la biotecnología blanca se apunte como precursora de olas biotecnológicas, debido a su potencial científico y económico (Bachmann et al. (2004) y Festel et al. (2004), como se citó en Renneberg, 2019).

En múltiples procesos industriales se utilizan, comúnmente; a los microorganismos. Estos son todos aquellos organismos de tamaño pequeño que no son visibles a simple vista, sino que se necesita ayuda de un microscopio para observarlos. De este gran grupo los más abundantes son las bacterias. Sin embargo, dentro de este se agrupan también las levaduras, los protozoarios y microalgas (Thieman y Palladino, 2010). Su origen se dio a partir de los procesos de fermentación alcohólica tales como los de la fabricación del vino, vinagre y la cerveza. (Salinas et al., 2016). El desarrollo de métodos científicos de tamizaje y aislamiento permitieron la selección de microorganismos deseables de la naturaleza o mutados para propósitos específicos de interés industrial, agrícola o ambiental (Bonell, 2009). Como, por ejemplo, el uso de las bacterias del género *Lactobacillus*, las cuales son utilizadas en la industria biotecnológica de alimentos para la producción de yogurt (Acuña, 2019).

Algunas de las aplicaciones biotecnológicas en la industria son:

Biocatálisis enzimática.	Una de las aplicaciones con más auge, ya que sustituyen muchos productos químicos tóxicos, no generan o con mínimos residuos biodegradables y evitan procesos industriales extremos, ya que las enzimas funcionan a temperaturas moderadas, presión atmosférica y pH cercano al neutro. Usado en empresas de producción de vinos, zumos, cervezas, pastelería y horneados, almidón, textil, detergentes, alimentos y aditivos, alimentos animales, cosmética, papelería, aceites y grasas, química fina, entre otros.
Biorremediación.	Mecanismo usado por empresas para la transformación de residuos y depuración de suelos y aguas mediante la descomposición o metabolismo de sustancias.
Producción de biogás y alcohol.	Los residuos de múltiples procesos industriales pueden utilizarse para la producción de biogás y alcohol a través de procesos de fermentación.

*Nota.* Elaboración propia a partir de CAR/PL (2003).

Como se ha comentado en párrafos anteriores, la biotecnología industrial abarca múltiples procesos y productos. Rendueles y Diaz (como se citó en Ortega, 2020) hacen énfasis en que dicha disciplina abarca procesos celulares (en los que se dispone del uso de microorganismos, principalmente bacterias y levaduras), aunque también puede utilizar otros cultivos celulares, tejidos y órganos. Se menciona que este ámbito tecnológico se divide en dos vertientes, según el tipo de proceso o producto y sus implicaciones, los cuales se resumen a continuación:

Procesos en fase líquida.	Abarca procesos de producción de bebidas alcohólicas, grasas, aceites, inóculos, ácidos orgánicos, enzimas, productos de alimentación y salud (antibióticos, esteroides), agua y residuos, entre otros.
Procesos en fase sólida.	Contempla procesos comunes en industria alimentaria (fermentos como lácteos, cárnicos, vegetales, encurtidos), producción y cultivos de células tanto animales como vegetales.

Por tanto, la biotecnología blanca constituye una alternativa para la reducción del consumo energético y de materiales, y ayuda a disminuir la generación de residuos. Se caracteriza por generar procesos químicamente sostenibles, ya sea mediante la utilización de catalizadores biológicos o microorganismos elegidos o genéticamente modificados. Se proyecta una apertura

considerable, debido a su reducción de impacto ambiental y amplias posibilidades de innovación.

## PLANEAMIENTO Y HABILIDADES

- 1- Actividad focalización: Laboratorio “Conociendo los microorganismos” y “jugando con bacterias”. Con el desarrollo de dicha actividad, se pretende fomentar en el estudiante la habilidad denominada *pensamiento sistémico*.
- 2- Actividad exploración: “Aplicaciones de microorganismos en la industria”. A partir de los procesos descritos, el estudiante puede desarrollar el *pensamiento crítico*.
- 3- Actividad contrastación: Análisis de casos prácticos sobre aplicaciones biotecnológicas en la industria. Se pretende que con la ejecución de esta estrategia se promueva el desarrollo de la *comunicación* y la *colaboración*.
- 4- Actividad aplicación: Experiencia práctica “La acción de las enzimas en detergentes para la ropa”. La ejecución de esta actividad plantea el desarrollo de *pensamiento sistémico*.

### Habilidades por desarrollar

Habilidad y su definición	Indicador (pautas para el desarrollo de la habilidad)
<b>Pensamiento sistémico</b> Habilidad para ver el todo y las partes, así como las conexiones que permiten la construcción de sentido de acuerdo con el contexto.	Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos ( <b>patrones dentro del sistema</b> ).
	Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado ( <b>causalidad entre los componentes del sistema</b> ).
	Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas prácticas que le permiten la reconstrucción de sentidos ( <b>modificación y mejoras del sistema</b> ).
<b>Pensamiento crítico</b> Habilidad para mejorar la calidad de pensamiento y apropiarse de las estructuras cognitivas aceptadas universalmente.	Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales ( <b>razonamiento efectivo</b> ).
	Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros ( <b>argumentación</b> ).
	Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pros y contra de diversos puntos de vista ( <b>toma de decisiones</b> ).
<b>Colaboración.</b> Habilidad de trabajar de forma efectiva con otras personas para alcanzar un objetivo común, articulando los esfuerzos propios con los de los demás.	Interactúa de manera asertiva con los demás, considerando las fortalezas y las debilidades de cada uno para lograr la cohesión de grupo ( <b>sentido de pertenencia</b> ).
	Negocia con otros para llegar a un acuerdo común, a partir de diferentes criterios o posiciones ( <b>toma de perspectiva</b> ).
	Proporciona apoyo constante para alcanzar las metas del grupo, de acuerdo con el desarrollo de las actividades ( <b>integración social</b> ).
<b>Comunicación</b> Aspiración de una vida digna donde la relación de los seres humanos con la Tierra procure un desarrollo integral y la consecución de proyectos personales.	Interpreta diferentes tipos de mensajes visuales y orales de complejidad diversa, tanto en su forma como en sus contenidos ( <b>decodificación</b> ).
	Descifra valores, conocimientos actitudes e intenciones en las diversas formas de comunicación, considerando su contexto ( <b>comprensión</b> ).
	Crea, a través del código oral y escrito, diversas obras de expresión con valores estéticos y literarios, respetando los cánones gramaticales ( <b>transmisión efectiva</b> ).

*Nota.* Habilidades, definiciones y los respectivos indicadores son tomados de la Transformación curricular: Fundamentos conceptuales en el marco de la visión “Educar para una Nueva Ciudadanía” del MEP (2016) de acuerdo con las habilidades a desarrollar en las plantillas de planeamiento didáctico (2020).

*Planeamiento didáctico*

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos (<b>patrones dentro del sistema</b>).</p> <p>Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado (<b>causalidad entre los componentes del sistema</b>).</p> <p>Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas prácticas que le permiten la reconstrucción de sentidos (<b>modificación y mejoras del sistema</b>).</p>	<p>Fundamentar las aplicaciones e implicaciones de la biotecnología en el contexto de la industria (Biotecnología blanca).</p>	<p>Examina los factores o aspectos de los diversos organismos empleados en los procesos biotecnológicos para la generación de productos y obtención de servicios.</p> <p>Toma conciencia sobre la importancia de los procesos prácticos de laboratorio en aplicaciones de la Biotecnología blanca y de la relación de estas con los organismos, para el desarrollo de productos o procesos.</p> <p>Valora los procesos desarrollados como parte de la adquisición de técnicas, herramientas prácticas y conocimientos sobre procesos biotecnológicos, el uso de organismos y posibles mejoras.</p>	<p><b>Actividad de Focalización</b> <b><u>“Conociendo los microorganismos” y “jugando con bacterias”</u></b></p> <p>Se proponen dos actividades divertidas en las que los educandos se pueden introducir en el mundo de los microorganismos empleados en los procesos biotecnológicos industriales, de modo que puedan conocer diversos organismos, sus características y aplicaciones, para poder comprender la importancia y relación de los microorganismos en procesos biotecnológicos industriales. Para ello, el docente facilitador debe indicar a los estudiantes los materiales necesarios y los procedimientos.</p> <p>En primer lugar, se debe generar un medio de cultivo en los recipientes indicados, para ello se debe disolver los 8g de gelatina y el agua tibia. Una vez se haya realizado la mezcla, se distribuye en tres recipientes plásticos pequeños. Además, en alguno de ellos puede agregar 1 cucharadita de azúcar o sazónador para comida (que servirá como alimento para los microorganismos). Se deben dejar reposar las muestras para que enfríe y solidifique. Posteriormente, una vez bien solidificado el medio, se realiza el cultivo según las zonas de muestreo, frotando las superficies con hisopos húmedos y luego frotando los medios de cultivo para la siembra. Se rotulan las muestras y luego cada estudiante dejará el cultivo en reposo por entre 48 y 72 horas para que se desarrollen los microorganismos.</p> <p>Los estudiantes reflexionan contemplando los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué son los microorganismos y que características presentan?, ¿Cuáles son los diferentes grupos de microorganismos?</li> <li>• ¿Por qué se utiliza azúcar o el cubito de sazónador en la preparación de la gelatina?</li> <li>• ¿Qué es un medio de cultivo, puede relacionarse con los biorreactores?</li> <li>• ¿Qué tipo de microorganismos se forman en la placa, porqué ocurre esto?, ¿Cómo se relacionan estos microorganismos con los utilizados en la biotecnología blanca? Mencione algunos productos que se crean con el uso de microorganismos.</li> </ul>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
			<p>Por otra parte, una vez se ha dejado reposar la preparación de la práctica anterior, el docente divide el grupo en subgrupos y entrega a cada uno el material para desarrollar el juego de tablero “jugando con bacterias” que se adjunta en el anexo 1. Cada subgrupo lee las indicaciones suministradas y realizan la dinámica, avanzando en el tablero la cantidad de casillas que determinen los dados y con ello, obteniendo información de algunas especies de microorganismos que participan en bioprocesos.</p>
<p>Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales (<b>razonamiento efectivo</b>).</p> <p>Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros (<b>argumentación</b>).</p> <p>Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pros y contra de diversos puntos de vista (<b>toma de decisiones</b>).</p>	<p>Analizar los procesos y evidencias sobre las aplicaciones biotecnológicas en el campo industrial para la obtención de productos, bienes o servicios.</p>	<p>Explica críticamente los alcances de las aplicaciones en el campo de la Biotecnología blanca para beneficio de los seres humanos y otras especies.</p> <p>Justifica la aplicación de técnicas relacionadas con biotecnología blanca para la obtención de productos o servicios y con ello, la mejora de la calidad de vida de los seres humanos.</p> <p>Establece pros y contras sobre las aplicaciones e implicaciones del uso de técnicas y productos de la Biotecnología blanca.</p>	<p><b><i>Actividad de Exploración</i></b> <b><u>“Aplicaciones de microorganismos en la industria”</u></b></p> <p>El docente les indica a los estudiantes que deben realizar una preparación mezclando harina, agua tibia y levadura. Para ello se añaden 5 cucharadas de harina de trigo en un tazón. En otro recipiente se debe mezclar el agua tibia y una cucharada de la levadura. Luego mezcle todos los elementos (la harina con la mezcla de levadura). Posteriormente se les solicita a los estudiantes que realicen la determinación de las propiedades organolépticas que se presentan en la mezcla al inicio.</p> <p>Se deja reposar por un tiempo y se vuelven a determinar las características como presencia de burbujas, aumento de volumen, cambio en color, olor o textura posterior al tiempo de reposo establecido.</p> <p>Mientras transcurre el tiempo de reposo de la mezcla elaborada anteriormente, el estudiante (o su subgrupo) realizará una investigación y reflexión sobre información del uso del <i>Lactobacillus</i> en procesos de fermentación en aplicaciones biotecnológicas. Para esto, tome en cuenta las preguntas que se les suministra y anote las repuestas en la ficha del anexo 2.</p> <p>Posteriormente, el docente entrega a cada estudiante o grupo, de forma impresa o digital, la información que se adjunta en el anexo 3. Se realiza la lectura y se discute. Los estudiantes contrastan la información recibida con lo investigado en las actividades anteriores.</p> <p>El docente brinda un espacio para la puesta en común de lo leído y analizado.</p>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Interpreta diferentes tipos de mensajes visuales y orales de complejidad diversa, tanto en su forma como en sus contenidos (<b>decodificación</b>).</p> <p>Descifra valores, conocimientos actitudes e intenciones en las diversas formas de comunicación, considerando su contexto (<b>comprensión</b>).</p> <p>Crea, a través del código oral y escrito, diversas obras de expresión con valores estéticos y literarios, respetando los cánones gramaticales (<b>transmisión efectiva</b>).</p> <p>Interactúa de manera asertiva con los demás, considerando las fortalezas y las debilidades de cada uno para lograr la cohesión de grupo (<b>sentido de pertenencia</b>).</p> <p>Negocia con otros para llegar a un acuerdo común, a partir de diferentes criterios o posiciones (<b>toma de perspectiva</b>).</p> <p>Proporciona apoyo constante para alcanzar las metas del grupo, de acuerdo con el desarrollo de las actividades (<b>integración social</b>).</p>	<p>Fundamentar la importancia de las aplicaciones e implicaciones de procesos biotecnológicos en áreas de la vida cotidiana.</p>	<p>Examina el contenido de textos en el campo de la biotecnología, con énfasis en sus aplicaciones e implicaciones.</p> <p>Evalúa el contenido de un texto referido a información de lo esencial y lo característico acerca de las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología blanca (industrial).</p> <p>Transmite, de forma efectiva, los hallazgos acerca de las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología blanca en el desarrollo de actividades humanas.</p> <p>Contribuye al trabajo en equipo aportando ideas sobre aplicaciones de la Biotecnología blanca y su importancia en el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos y el desarrollo sostenible.</p> <p>Contribuye a la generación de los criterios propuestos por el grupo sobre la implementación de técnicas de Biotecnología blanca y sus implicaciones, basado en el respeto a la opinión de los demás.</p> <p>Emplea aportes de todas las personas en el grupo para la búsqueda y exposición de información sobre principios, hechos o fenómenos sobre el objeto de aprendizaje.</p>	<p><b>Actividad de Contrastación</b> <b><u>“Discusión de casos prácticos”</u></b></p> <p>Se realizará el análisis, en subgrupos, de casos reales sobre aplicaciones biotecnológicas en la industria a nivel global. El facilitador puede entregar los casos de forma impresa o digital, de acuerdo con las posibilidades y recursos con los que cuenta el grupo. Ver anexo 4.</p> <p>En subgrupos, se les solicita a los estudiantes que analicen los casos y discutan sobre la importancia, los beneficios, desventajas y novedades que encuentren en las situaciones descritas en cada caso.</p> <p>Se les solicita que nombren entre sus compañeros a un relator que presente al grupo lo discutido en su equipo de trabajo.</p> <p>Luego, se abrirá un espacio de diálogo en el que se expondrán diferentes puntos de vista, basando la dinámica en el respeto a la opinión de los demás y generando una construcción colectiva.</p>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos (<b>patrones dentro del sistema</b>).</p> <p>Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado (<b>causalidad entre los componentes del sistema</b>).</p> <p>Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas prácticas que le permiten la reconstrucción de sentidos (<b>modificación y mejoras del sistema</b>).</p>	<p>Reconocer la importancia de la aplicación de productos u organismos en procesos biotecnológicos en ámbitos de la vida cotidiana.</p>	<p>Reconoce los principios básicos, a partir de las observaciones críticas en el campo de la Biotecnología blanca, sobre sus aplicaciones e implicaciones.</p> <p>Relaciona la importancia y beneficios de aplicaciones de la Biotecnología blanca para el desarrollo y obtención de productos a partir de estas.</p> <p>Describe a relación entre las formas de vida y los procesos biotecnológicos y como estos aportan a la obtención de mejoras en la calidad de vida de las personas</p>	<p><b>Actividad de Aplicación</b> <b><u>“La acción de las enzimas en los detergentes para la ropa”</u></b></p> <p>Para el desarrollo de esta actividad, el docente facilitador debe suministrar o solicitar a los estudiantes los materiales necesarios que se especifican en la descripción de la actividad.</p> <p>Los estudiantes desarrollarán el procedimiento para realizar la gelatina en los frascos. Para ello, se debe mezclar 18g de gelatina saborizada en 50ml de agua tibia. Posterior a la preparación de la mezcla, se distribuyen 20ml en dos recipientes, y se debe dejar reposar para que enfríe y solidifique la gelatina. Una vez frío y solidificado, marcar la altura de la columna de sustancia.</p> <p>Por otra parte, preparar una mezcla de detergente para ropa al 10%. Para esto se debe mezclar 10ml de detergente en 90ml de agua y agitar muy bien la mezcla. Luego, agregar a cada recipiente 30 gotas de la mezcla de detergente (puede emplear productos que indiquen la presencia de enzimas en el empaque versus aquel que no lo especifique) y dejar reposar para posteriormente volver a medir la altura de la gelatina.</p> <p>Los estudiantes reflexionan a partir de preguntas generadoras: ¿Qué cambio se pudo registrar en la altura de la gelatina sólida y a que se debe?, ¿Cuál es el principal componente de la gelatina?, ¿Qué elementos biológicos puede contener un detergente para ropa y cómo permiten los procesos biotecnológicos desarrollar productos cotidianos? ¿Cómo las aplicaciones biotecnológicas inciden en la mejora de actividades cotidianas?</p> <p>Para finalizar, el docente comparte con los estudiantes el recurso audiovisual “CeBiB: Enzimas antárticas, innovaciones biotecnológicas para la industria. (<a href="https://youtu.be/9_UVAAVpydY">https://youtu.be/9_UVAAVpydY</a>) y se realiza una reflexión a partir de las siguientes preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la importancia de la biotecnología?</li> <li>• ¿Qué tipo de organismos o cuales productos de ellos se utilizan?</li> <li>• ¿Qué beneficios se obtienen de la aplicación de procesos biotecnológicos?</li> <li>• ¿Es importante continuar con investigación en el área biotecnológica?</li> </ul>



## MATERIALES NECESARIOS



Kit de juego bacterias.

Materiales caseros para experiencias prácticas.

Computadora con acceso a internet.

Material físico suministrado por los facilitadores.

Harina de trigo, levadura seca, agua tibia y azúcar.



## DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD



### Parte I. Focalización.

Mediante las estrategias que se presentan en este momento de la indagación, se propone que el estudiantado desarrolle la habilidad de *pensamiento sistémico*.

### Conociendo los microorganismos

Esta es una práctica de laboratorio casera y sencilla, que pretende brindar al estudiantado la oportunidad de generar su propio muestreo y cultivo de microorganismos. Ya que muchos de estos pequeños seres biológicos cumplen un papel importante en la producción industrial. Se busca que el estudiante:

- Se introduzca en la aplicación de métodos básicos de laboratorio para el desarrollo de habilidad de pensamiento sistémico.
- Describa las diferentes características de los grupos de microorganismos.
- Conozca el campo de aplicación de microorganismos en la Biotecnología blanca.

Esta práctica puede ser realizada individualmente o en subgrupos, según lo determine el docente, de acuerdo con las particularidades de cada grupo. En ambos casos (para un estudiante o para un subgrupo), los materiales necesarios para esta práctica son: 1 sobre (contiene 8 gramos aproximadamente) de gelatina sin sabor, 1 gramo de azúcar (si no cuenta con un instrumento de medida para la masa, puede usar 1 cucharadita), 1 cubito de sazónador para comidas, 1 tazón para mezclas, 3 tacitas plásticas pequeñas (puede reutilizarlas) y sus tapas (o puede utilizar papel aluminio o plástico), hisopos para la toma de muestras (puede emplear aplicadores de algodón), probeta (o instrumentos de cocina para medir volumen), agua caliente (manipular con mucho cuidado) y un marcador permanente.

Cada estudiante o subgrupo, con sus materiales, realizará el siguiente procedimiento (la muestra finalizada debe reposar, por lo tanto, se sugiere almacenar las muestras y continuar con las otras actividades propuestas):

- 1- Preparación de la gelatina: se debe utilizar agua caliente, por tanto, para facilitar el proceso, el o la docente puede calentar el agua para todos, empleando un microondas. Una vez se haya calentado el agua, se toma la probeta o el instrumento de medición de volumen, se miden 30 ml de agua caliente y se agrega en el tazón grande. En el agua caliente, disuelva el sobre de gelatina sin sabor (8 gramos).
- 2- Reparta la mezcla de gelatina preparada en las 3 tazas pequeñas (¡manipular con cuidado, ya que la mezcla se encuentra caliente!). Luego, una vez distribuida la mezcla de gelatina en cada tacita, se debe realizar la siguiente preparación: a la tacita #1 agréguele el cubito de sazónador y disuelva. A la tacita #2, agregue el azúcar (1 gramo/cucharadita) y disuelva. La tacita #3 queda solamente con la gelatina. Proceda a cubrir cada tacita con una tapa, papel aluminio o plástico, y etiquete las tacitas con el nombre de los estudiantes y la fecha de preparación y los ingredientes agregados. Deje en reposo para enfriar y que la gelatina solidifique.
- 3- Una vez que la gelatina se haya enfriado y solidificado, elija las zonas de muestreo (en función de la cantidad de medios de cultivos preparados). Abra las tazas por 30 segundos o elija una superficie y tóquela con un hisopo húmedo (humedezca con agua para facilitar la impregnación de microorganismos), luego frote el hisopo por la superficie de una de las gelatinas y cierre el medio de cultivo (repita en función de la cantidad de medios de cultivo (tacitas con gelatina)). Recuerde mantener la rotulación en cada cultivo y, además, agregue el sitio de muestreo.
- 4- Incube a temperatura ambiente por 48-72 horas o más. Constantemente revise las muestras y tome todos los datos que considere necesario sobre el avance del crecimiento de los microorganismos.

Los estudiantes pueden investigar contestando las siguientes preguntas:

- ¿Qué son los microorganismos y que características presentan?, ¿Cuáles son los diferentes grupos de microorganismos?
- ¿Por qué se utiliza azúcar o el cubito de sazónador en la preparación de la gelatina?
- ¿Qué es un medio de cultivo, puede relacionarse con los biorreactores?

- ¿Qué tipo de microorganismos se forman en la placa, por qué ocurre esto?, ¿Cómo se relacionan estos microorganismos con los utilizados en la biotecnología blanca? Mencione algunos productos que se crean con el uso de microorganismos.

### **Jugando con bacterias**

Una vez el estudiante se haya introducido en el mundo de los microorganismos aplicados en la industria, el juego de tablero “bacterias” se constituye como una opción divertida para que se refuercen algunas de las características de ciertos grupos de estos pequeños organismos.

Para realizar esta actividad, será necesario contar con la impresión del tablero de juego, las fichas, las tarjetas, un dado y ¡las reglas claras! Estos materiales se adjuntan en el anexo 1 “jugando con bacterias”.

Participantes: entre 2 y 4 estudiantes por tablero. El docente puede imprimir los tableros que sean necesarios de acuerdo con la cantidad de subgrupos de estudiantes.

Objetivo del juego: ser el primero en llegar a “Ciudad Bacteria”.

Es un juego rápido, que brinda al estudiantado un momento de sana diversión, mientras conocen algunas características de las bacterias con las que se desarrolla el juego. Para ello, el docente suministra a los subgrupos de participantes un tablero, las fichas y tarjetas de juego. Además, será necesario un dado, este se puede armar con el material del anexo o se puede usar algún otro con el que se cuente (incluso puede ser un dado digital).

Cada estudiante elige su personaje (ficha de juego). Se deben leer detenidamente las indicaciones del juego. Inicialmente el estudiante más joven, lanzará el dado y recorrerá la cantidad de casillas que se indique. Si el estudiante cae en alguna de las casillas marcadas del tablero, se darán a conocer algunas características o condiciones necesarias para cada tipo de bacteria, lo que permite que se vaya aprendiendo mientras se juega o incluso puede recibir un castigo. Las descripciones de las casillas también se incluyen en el anexo 1. Ganará el primer estudiante en llegar a la casilla marcada como “Ciudad Bacteria”.

### **Parte II. Exploración.**

Con el desarrollo de la actividad propuesta en la etapa de exploración, se fomenta el *pensamiento crítico* mediante la cual se puede generar el desarrollo de conocimientos y habilidades en relación con la Biotecnología blanca y sus aplicaciones.

## Aplicaciones de microorganismos en la industria

En esta actividad se conocerá sobre aplicaciones biotecnológicas que son comunes en la vida cotidiana (aunque su trasfondo biotecnológico generalmente pase desapercibido) y otras que no son tan conocidas aún.

Los materiales necesarios para esta práctica: 2 recipientes plásticos, agua tibia, 1 cuchara, harina de trigo, levadura seca, azúcar, probeta (o instrumentos de cocina para medir volumen).

Primero, se realizará una experiencia cualitativa. Para ello, y según lo disponga la persona docente, se podrá trabajar de manera individual o grupal (según las características particulares del grupo de trabajo).

Procedimiento:

### A. Fermentación de harina

1. Tome un recipiente y agregue 5 cucharadas de harina de trigo.
2. Para el siguiente paso se necesita agua tibia. Para facilitar el proceso, el o la docente puede calentar agua en microondas para todas las estaciones de trabajo. Manipular con mucha precaución para evitar accidentes. No necesita que hierba, solamente debe entibiar.
3. En otro recipiente mezcle aproximadamente 50 ml de agua tibia con 1 cucharada de levadura seca y 1 cucharada de azúcar, agite bien. Una vez que se realice la mezcla, agréguela en el recipiente con la harina y vuelva a mezclar bien.
4. Anote las características organolépticas de la mezcla inicial (olor, color, volumen, consistencia/textura, presencia de burbujas). Deje reposar por 1 a 2 horas (en caso de que se pueda, deje reposar más tiempo) (en este periodo de tiempo de reposo proceda con la siguiente actividad).
5. Una vez finalizado el tiempo de reposo, vuelva a observar y a determinar las características organolépticas de la muestra final: presencia de burbujas, variación de volumen, cambios en color, olor, consistencia o textura.
6. Genere una reflexión con base en las siguientes preguntas orientadoras:
  - ¿Qué ocurre con la mezcla antes y después de agregada la levadura, cuáles cambios se observan?
  - ¿Se utilizan microorganismos en estos procesos, cuáles?
  - ¿Cuáles son diferentes usos que se le pueden dar a este proceso?
  - ¿Puede relacionarse lo observado con aplicaciones industriales y la mejora de la calidad de vida de las personas?

7. Si se cuenta con laboratorio y microscopio, puede tomar 1 gota de la mezcla de agua, levadura y azúcar, colocarla en un portaobjeto, dejar secar y agregar 1 gota de azul de metileno. Retire el exceso de tinte, observe al microscopio y anote lo que observa, puede realizar dibujos acerca de lo observado. Si no se cuenta con microscopio, puede investigar las formas de las levaduras y dibujarlas.
8. Recopile las respuestas a las preguntas y realice los dibujos o adjunte imágenes en el anexo 2 “ficha para preguntas y observaciones”.

Mientras se deja en reposo la mezcla antes preparada, proceda con la siguiente actividad:

1. Mediante fuentes de internet, investigue:
  - ¿Qué son los *Lactobacillus* y cuáles son sus usos en la industria?
  - ¿Cuáles productos se obtienen a partir de su uso? y ¿Qué tipo de fermentación se produce?
  - Explique brevemente el mecanismo de reacción de fermentación de la lactosa y su transformación en yogurt. ¿Cuáles otros productos pueden fabricarse a través de fermentaciones?

Utilizando el material suministrado por el profesor en el anexo 3 “aplicaciones de microorganismos en la industria”, realice la lectura y contraste la información con las respuestas aportadas por usted en las preguntas anteriores.

### **Parte III. Contrastación.**

La *colaboración* y la *comunicación* son habilidades importantes dentro de las actividades humanas, por lo que, con la actividad de contrastación propuesta, se fomenta la participación en equipo y con ello, estas habilidades que promuevan el desarrollo integral de la persona.

### **Discusión de casos prácticos**

El o la docente facilitador divide el grupo en subgrupos (queda a discreción del docente la cantidad de subgrupos y la cantidad de participantes que los conforman, ya que eso dependerá de la cantidad de estudiantes matriculados) y suministra (puede realizarse de forma impresa o digital, de acuerdo con las posibilidades y recursos con los que cuenta el grupo) las fichas sobre casos prácticos que abarcan aplicaciones de la biotecnología blanca (ver anexo 4 “casos prácticos”).

En subgrupos, los estudiantes leen el caso y se les solicita que reflexionen acerca de los beneficios, las desventajas y novedades que encuentran en el proceso descrito. Luego, se abrirá un espacio para que se expongan los aspectos más importantes del caso asignado a los demás

compañeros. Para ello, cada subgrupo puede designar a un vocero que comente el argumento elaborado por el equipo o puede realizarse en conjunto. Esto con el fin de sintetizar la información y que todos los demás compañeros conozcan sobre las diferentes aplicaciones biotecnológicas en los distintos tipos de industrias a nivel global.

#### **Parte IV. Aplicación.**

La siguiente práctica de laboratorio plantea que el estudiante cultive el *pensamiento sistémico*, a través de la aplicación de procesos y conceptos, donde desarrolle técnicas y herramientas prácticas que le permitan abstraer hechos y datos y ver que todos los seres vivos y la materia forman parte del mismo sistema.

#### **La acción de las enzimas en detergentes para la ropa**

Mediante esta experiencia se propone comprobar la acción de sustancias biológicas introducidas en los detergentes sobre los sustratos específicos.

Las proteasas son enzimas muy utilizadas en la industria de producción de jabones y detergentes, ya que ayudan degradando de proteínas de mejor manera que sustancias químicas tradicionales. Por ello es que se agregan como ingrediente a las formulaciones para eliminar manchas generadas por proteínas como huevo o sangre, entre otras. Gran parte de estas enzimas son derivadas de cepas bacterianas de *Bacillus* spp. Son altamente usadas por su estabilidad en pH alcalinos, se pueden almacenar por largos periodos de tiempo y resisten variaciones de temperatura. Biotecnológicamente, las bacterias *Bacillus* spp. han sido modificadas por ingeniería genética para aumentar la capacidad de las proteasas que ellas producen, ante la presencia de blanqueadores que de otro modo podrían afectarlas.

La gelatina está compuesta por cadenas proteicas que son fácilmente degradadas en sus aminoácidos componentes. Se prepara del colágeno, una proteína presente en tendones y piel de animales.

Esta experiencia puede realizarse de forma individual o en subgrupos, la persona docente determinará la forma de ejecutar la práctica, de acuerdo con las particularidades del grupo de trabajo. En ambos casos, ya sea cada subgrupo o cada estudiante, los materiales que necesita para realizar esta experiencia son: 2 vasos de precipitado de 250 ml o frascos, 2 tubos o frascos de 100 ml, 1 sobre de gelatina con azúcar, marcadores, cuchara, gotero, detergente para lavar ropa (¡Precaución! los detergentes para lavar ropa son extremadamente básicos. No aspirarlos

porque pueden causar daños en las vías respiratorias) y agua caliente y un frasco para medir volumen (o probeta). Procedimiento (para cada estudiante o subgrupo):

- 1- Preparar la gelatina: el o la docente puede calentar agua para todos en un microondas ¡manipular con cuidado! En un frasco, y con ayuda del medidor de volumen, agregar 50 ml de agua caliente y mezclar 18 g de gelatina, agite con ayuda de una cuchara. Una vez hecha la mezcla, llenar dos tubos o frascos con 20 ml de solución de gelatina cada uno (rotule los tubos 1 y 2) y dejarlos reposar unos minutos hasta que enfríe y solidifique (si dispone del recurso, puede usar un refrigerador o una taza con hielo para agilizar el enfriamiento).
- 2- Una vez que la gelatina esté fría y sólida, con ayuda del marcador, señalar sobre el vidrio de cada tubo la altura de la gelatina sólida.
- 3- Preparar un frasco con una solución de detergente, mezclando 10 ml de detergente en 90 ml agua (10%).
- 4- En el tubo 1 agregar 30 gotas de la solución de detergente sobre la gelatina sólida. En el tubo 2 agregar 30 gotas de agua sobre la gelatina sólida.
- 5- Dejar reposar durante la noche y revisar ambos tubos a las 24 horas. Marcar la posición de la gelatina sólida.
- 6- Revisar nuevamente a las 48 horas, y marcar la altura de la gelatina sólida.

Puede generar variaciones utilizando gelatina con o sin azúcar, periodos prolongados de tiempo, diferentes temperaturas, o diferentes tipos de detergentes, entre otros.

El estudiante responde a las siguientes interrogantes:

- ¿Qué cambio se pudo registrar en la altura de la gelatina sólida y a que se debe?
- ¿Cuál es el principal componente de la gelatina?
- ¿Qué elementos biológicos puede contener un detergente para ropa?, ¿Cómo permiten los procesos biotecnológicos desarrollar este y otros productos cotidianos?
- ¿Cómo las aplicaciones biotecnológicas inciden en la mejora de actividades cotidianas?

Para finalizar, el docente comparte con los estudiantes el recurso audiovisual “CeBiB: Enzimas antárticas, innovaciones biotecnológicas para la industria ([https://youtu.be/9\\_UVAAVpydY](https://youtu.be/9_UVAAVpydY)) y se realiza una reflexión a partir de las siguientes preguntas:

¿Cuál es la importancia de la biotecnología?, ¿Qué tipo de organismos o cuales productos de ellos se utilizan?, ¿Qué beneficios se obtienen de la aplicación de procesos biotecnológicos?, ¿Es importante continuar con investigación en el área biotecnológica?



# CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Focalización: actividades “conociendo los microorganismos” y “jugando con bacterias” → Habilidad: **Pensamiento sistémico**

Indicador (pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Patrones dentro del sistema</b>	Examina los factores o aspectos de los diversos organismos empleados en los procesos biotecnológicos para la generación de productos y obtención de servicios.	Menciona aspectos básicos de los organismos empleados en Biotecnología blanca para el mejoramiento de productos o actividades humanas.	Caracteriza, de manera general, a los organismos empleados en la Biotecnología blanca para la generación de procesos y productos.	Examina aspectos relevantes sobre los organismos empleados en Biotecnología blanca, como sus características y morfología, que les permiten participar en procesos industriales.
<b>Causalidad entre los componentes del sistema</b>	Toma conciencia sobre la importancia de los procesos prácticos de laboratorio en aplicaciones de la Biotecnología blanca y de la relación de estas con los organismos, para el desarrollo de productos o procesos.	Menciona generalidades sobre procesos de laboratorio con organismos en el ámbito biotecnológico para el desarrollo de procesos y productos.	Resalta aspectos específicos de los procesos de laboratorio empleando organismos para la producción de productos o servicios a partir de estos.	Toma conciencia sobre la importancia de los organismos biológicos en procesos de laboratorio utilizados en aplicaciones de la Biotecnología blanca para el desarrollo de productos o servicios a partir de estos.
<b>Modificación y mejoras del sistema</b>	Valora los procesos desarrollados como parte de la adquisición de técnicas, herramientas prácticas y conocimientos sobre procesos biotecnológicas, el uso de organismos y posibles mejoras.	Reconoce que los procesos desarrollados facilitan la comprensión del trabajo en laboratorio y que algunos organismos son importantes para procesos biotecnológicos.	Resalta aspectos positivos y negativos sobre los procesos desarrollados como herramienta para acercarse al trabajo de laboratorio y al desarrollo de procesos biotecnológicos.	Destaca la importancia de los procesos desarrollados mediante el uso de técnicas de laboratorio y biotecnológicas y sus mejoras, como estrategia para la construcción de conocimientos sobre Biotecnología blanca.

Exploración: actividad “aplicación de microorganismos en la industria”. → Habilidad: **Pensamiento crítico**

Indicador (Pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Razonamiento efectivo</b>	Explica críticamente los alcances de las aplicaciones en el campo de la Biotecnología blanca para beneficio de los seres humanos y otras especies.	Identifica los alcances de la Biotecnología blanca a partir de diversos puntos de vista.	Asocia según aspectos económicos, sociales, económicos y medioambientales pros y contras de la Biotecnología blanca.	Explica críticamente los alcances de las aplicaciones en el campo de la Biotecnología blanca.
<b>Argumentación</b>	Justifica la aplicación de técnicas relacionadas con biotecnología blanca para la obtención de productos o servicios y con ello, la mejora de la calidad de vida de los seres humanos.	Menciona beneficios del uso de técnicas relacionadas con Biotecnología blanca.	Destaca los beneficios del uso de técnicas relacionadas con Biotecnología blanca.	Justifica la importancia de las técnicas relacionadas con Biotecnología blanca para el mejoramiento de la calidad de vida a partir de productos o servicios.
<b>Toma de decisiones</b>	Establece pros y contras sobre las aplicaciones e implicaciones del uso de técnicas y productos de la Biotecnología blanca.	Cita aspectos significativos acerca de las aplicaciones e implicaciones del uso de técnicas y productos de la Biotecnología blanca.	Determina la información (evidencias encontradas) sobre las aplicaciones e implicaciones del uso de técnicas y productos de la Biotecnología blanca.	Fundamenta pros y contras en diversos puntos de vista relacionados con las aplicaciones e implicaciones del uso de técnicas y productos de la Biotecnología blanca.

Contrastación: actividad “discusión de casos prácticos” → Habilidades: **Comunicación** y **colaboración**

Indicador (Pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Decodificación</b>	Examina el contenido de textos en el campo de la biotecnología, con énfasis en sus aplicaciones e implicaciones.	Recuerda, a partir de la lectura de textos sobre aplicaciones biotecnológicas, aspectos relacionados con su importancia e implicaciones.	Clasifica las implicaciones, a partir de la lectura de textos sobre aplicaciones biotecnológicas, en aportes o desventajas de dichos procesos industriales.	Examina el contenido de textos sobre aplicaciones biotecnológicas para la toma de conciencia sobre su importancia e implicaciones.
<b>Comprensión</b>	Evalúa el contenido de un texto referido a información de lo esencial y lo característico acerca de las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología blanca (industrial).	Enumera la información acerca de los aportes, aplicaciones e implicaciones en el campo de la Biotecnología blanca para el desarrollo de actividades humanas.	Analiza la información, de diferentes medios (fuentes), acerca de los aportes e implicaciones en el campo de la Biotecnología blanca.	Evalúa los criterios acerca de los aportes e implicaciones para el desarrollo de actividades humanas en el campo de la Biotecnología blanca.
<b>Transmisión efectiva</b>	Transmite, de forma efectiva, los hallazgos acerca de las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología blanca en el desarrollo de actividades humanas.	Menciona ideas simples en formas oral, escrita, plástica y otras, sobre lo esencial y lo característico de la Biotecnología blanca, sus aplicaciones e implicaciones.	Usa adecuadamente la terminología científica al referirse a lo esencial y lo característico de la información en textos sobre las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología blanca.	Expresa, de manera efectiva, en forma verbal, oral, escrita u otras, los hallazgos acerca de las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología en el campo industrial.
<b>Sentido de pertenencia</b>	Contribuye al trabajo en equipo aportando ideas sobre aplicaciones de la Biotecnología blanca y su importancia en el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos y el desarrollo sostenible.	Anota ideas generales sobre aplicaciones de la Biotecnología blanca y su importancia para el mejoramiento de la calidad de vida.	Distingue las ideas principales de lo aportado por los integrantes del grupo sobre aplicaciones de la Biotecnología blanca y su importancia.	Emplea con propiedad las ideas esenciales de lo aportado por los integrantes del grupo sobre aplicaciones de la Biotecnología blanca y su importancia.
<b>Toma perspectiva</b>	Contribuye a la generación de los criterios propuestos por el grupo sobre la implementación de técnicas de Biotecnología blanca y sus implicaciones, basado en el respeto a la opinión de los demás.	Relata, a su grupo de pares, su perspectiva sobre la implementación de técnicas de Biotecnología blanca en aspectos de la vida cotidiana.	Encuentra similitudes y diferencias entre diversos criterios propuestos sobre de la implementación de técnicas de biotecnología blanca, siempre respetando los aportes de sus pares.	Contribuye a la formación de criterios en consenso, respetando la opinión de los demás, sobre Biotecnología blanca y sus ventajas y desventajas en actividades humanas.
<b>Integración social</b>	Emplea aportes de todas las personas en el grupo para la búsqueda y exposición de información sobre principios, hechos o fenómenos sobre el objeto de aprendizaje.	Reconoce su rol como integrante de un equipo de trabajo o comunidad científica.	Resalta aspectos relevantes para alcanzar una posible interpretación sobre los alcances de la Biotecnología blanca en actividades humanas cotidianas.	Utiliza los aportes colectivos en la búsqueda y exposición de información de lo característico acerca de los principios, hechos o fenómenos relacionados con el objeto de aprendizaje.

Aplicación: actividad “la acción de las enzimas en detergentes para la ropa” → Habilidad: **Pensamiento sistémico**

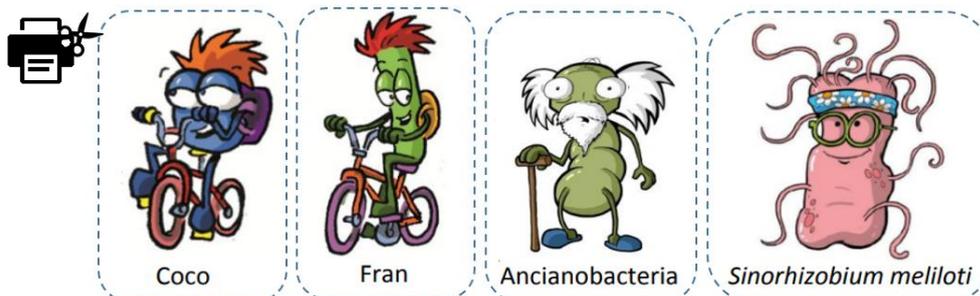
Indicador (pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Patrones dentro del sistema</b>	Reconoce los principios básicos, a partir de las observaciones críticas en el campo de la Biotecnología blanca, sobre sus aplicaciones e implicaciones.	Menciona las nociones básicas sobre técnicas de la Biotecnología blanca para el mejoramiento de productos o actividades humanas.	Brinda generalidades sobre la creación de productos y técnicas de la Biotecnología blanca para el mejoramiento de la calidad de vida.	Reconoce, de manera específica, aspectos relevantes sobre técnicas de la Biotecnología blanca para el mejoramiento de productos empleados en actividades humanas.
<b>Causalidad entre los componentes del sistema</b>	Relaciona la importancia y beneficios de aplicaciones de la Biotecnología blanca para el desarrollo y obtención de productos a partir de estas.	Menciona aspectos generales de aplicaciones de la Biotecnología blanca para el desarrollo y obtención de productos utilizados en la cotidianidad.	Vincula el uso de organismos mediante técnicas de la Biotecnología blanca para el desarrollo de productos cotidianos.	Relaciona la importancia de las aplicaciones biotecnológicas y el desarrollo y obtención de productos que aportan a la vida cotidiana
<b>Modificación y mejoras del sistema</b>	Describe la relación entre las formas de vida y los procesos biotecnológicos y como estos aportan a la obtención de mejoras en la calidad de vida de las personas	Reconoce el impacto económico, industrial y social que ha tenido el uso de organismos en técnicas de Biotecnología blanca para obtención de mejoras en la calidad de vida.	Emite criterios sobre el aporte de los organismos a la generación de proceso y productos que mejoren la calidad de vida.	Describe los aspectos significativos sobre la relación de organismos y la Biotecnología blanca y recomienda mejoras a dichos procesos.

## Anexo 1. “Jugando con bacterias” – Biotecnología Blanca

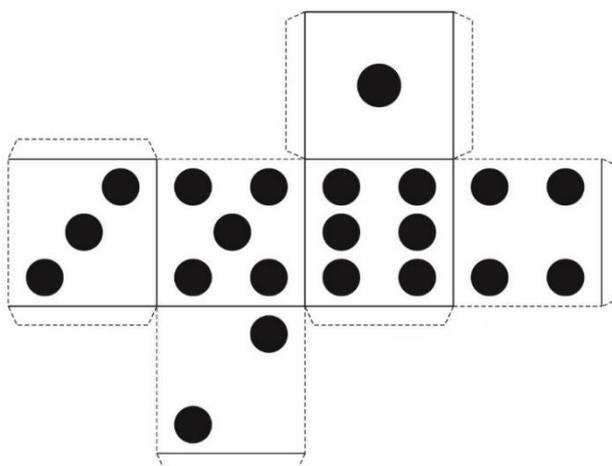
Tarjetas:



Fichas personajes:



Dado para armar (recorte completamente por el borde y pegue las pestañitas para formar el cubo):





#### Instrucciones:

1. Antes de comenzar, cada participante elige un personaje. Empieza la partida el más joven de edad.
2. Cada participante tira el dado en su turno y avanza tantas casillas como el dado indique.
3. Si cae en alguna de las casillas marcadas deberá atenerse a las consecuencias, tal como se describe a continuación:

#### Casillas marcadas:

**6-** Casillero con mucha glucosa que te brinda energía extra para avanzar hasta la casilla 10.

**8-** En este casillero los personajes son ingeridos por el niño, *Ancianobacteria* y *Sinorhizobium meliloti* no resisten el pH ácido del estómago y pierden un turno. Coco y Fran pueden continuar.

**12-** En este casillero se encontrará con las bacterias resistentes y ellas te pasan un fragmento de ADN que contiene resistencia a un antibiótico. Toma una tarjeta de resistencia del mazo. Créeme, esta tarjeta te será útil más adelante.

**14-** En este casillero no hay nada para comer, pero *Ancianobacteria* puede fabricar su propio alimento a partir de la luz del sol y del dióxido de carbono, ya que es una bacteria autótrofa. Si *Ancianobacteria* cae en este casillero puede continuar, mientras que los demás pierden un turno (a menos que coincidan con *Ancianobacteria* que puede compartir el alimento que fabrica)

**17-** En este casillero no hay nitrógeno orgánico ( $\text{NH}_4$ ). *Sinorhizobium meliloti* y *Ancianobacteria* son de las pocas bacterias que pueden utilizar el nitrógeno inorgánico del aire ( $\text{N}_2$ ) y transformarlo en nitrógeno orgánico. Si *Sinorhizobium meliloti* o *Ancianobacteria* caen en este casillero pueden continuar, mientras que los demás pierden un turno (a menos que coincidan con *Sinorhizobium meliloti* o *Ancianobacteria* que pueden compartir el nitrógeno fijado).

**25-** Aparecen las Fuerzas Antibióticas (los antibióticos). Si el jugador no tiene la resistencia (tarjeta que se obtiene en el casillero 7) pierde 2 turnos.

**32-** Ola de calor. La temperatura sube a 30 °C y este tipo de bacterias se reproducen más rápido. El jugador tira el dado de nuevo.

**36-** Ambiente seco. Debes retroceder 5 casilleros en busca de agua para hidratarte.



## Respuestas a preguntas



Four horizontal colored bars intended for writing answers to questions. From top to bottom, the colors are: light green, light blue, light orange, and light yellow.



## Observaciones

A large, hand-drawn style rectangular box with a thick black border, intended for writing observations. It has a small smiley face icon at the bottom right corner.

A second large, hand-drawn style rectangular box with a thick black border, identical to the first one, intended for writing observations. It also has a small smiley face icon at the bottom right corner.

## APLICACIONES BIOTECNOLOGÍA

Una de las industrias que más recursos invierte en Biotecnología es la industria alimentaria. Mediante biotecnología se elaboran alimentos, aditivos, colorantes, vitaminas, etc. Todo ello se produce por la acción de microorganismos sobre una materia prima. Los microorganismos más utilizados son las levaduras y las bacterias. Las levaduras más frecuentes pertenecen a los géneros *Saccharomyces*, *Cándida* y *Kluyveromyces*. Las bacterias más representativas son de los géneros *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* y *Acetobacter*. Todos los microorganismos utilizados pertenecen a cepas industriales. Estas cepas de microorganismos suelen ser objeto de patente, como *Saccharomyces carlsbergensis*, del Instituto Carlsberg, en Dinamarca.

Muchas de estas cepas están modificadas genéticamente, con el fin de mejorar su producción y aumentar las ganancias de la industria. En la mayoría de los procesos biotecnológicos de producción de alimentos los microorganismos transforman la materia prima en un proceso metabólico denominado fermentación.

La fermentación es un proceso catabólico, mediante el que se oxida materia rica en glúcidos (a veces prótidos), produciendo moléculas más pequeñas y generando energía para el organismo que la realiza. Se pueden destacar varios tipos de fermentaciones, como son la fermentación alcohólica, la fermentación láctica y la, mal llamada, fermentación acética, pues desde el punto de vista bioquímico, no es una auténtica fermentación, sino una oxidación incompleta de materia orgánica (interviene oxígeno en el proceso).

Tipo de fermentación	Microorganismo implicado	Sustrato	Producto	Alimento
Alcohólica	Levadura	Almidón, Glucosa	Etanol y CO <sub>2</sub>	Pan, vino, cerveza
Láctica	Bacteria	Carne picada	Ácido láctico	Embutidos
Homoláctica	Bacteria	Lactosa, glucosa	Ácido láctico	Yogur, queso
Heteroláctica	Bacteria	Carne picada, pescado	Ácido láctico, CO <sub>2</sub> y etanol	Embutidos, salsas de pescado, salazón, pasta de pescado
Acética	Bacteria	Vino, suero, malta, sidra	Ácido acético	Vinagre

Las fermentaciones se realizan en tanques especiales, llamados fermentadores, si se cultivan cepas microbianas, o biorreactores, si se trata de células vegetales o animales.

El fermentador es un tanque en el que se pone en contacto la cepa microbiana con la materia prima que se va a fermentar. Pueden ser fermentadores de flujo continuo o discontinuo. En los de flujo continuo, como por ejemplo, en la elaboración de vinagre, el producto es retirado constantemente. En los fermentadores de flujo discontinuo, que es el sistema más utilizado, debe cargarse de materia prima. Seguidamente, es transformada y después se retira el producto del tanque de fermentación. Por ello, la acción fermentativa de los microorganismos se interrumpe en los momentos de llenado y vaciado del tanque.

Un futuro microbiano se está convirtiendo en realidad para una serie de industrias diferentes. Los diseñadores y científicos están recurriendo a los microbios para remediar las industrias tradicionales, como el papel, la construcción y los textiles. La fabricación tradicional utiliza pasos de procesamiento perjudiciales para el medio ambiente y puede implicar el uso de recursos no renovables, como los combustibles fósiles, que se utilizan más rápido de lo que se pueden producir.

Comparativamente, la producción microbiana aprovecha el crecimiento rápido, fácil y relativamente ilimitado de microbios y los productos moleculares complejos que secretan, con un impacto mucho menor en el medio ambiente.

Una industria ha desarrollado una tecnología que utiliza microorganismos para cultivar materiales de construcción, como ladrillos. Estos se fabrican combinando urea, iones de calcio y una bacteria productora de ureasa, como *Sporosarcina pasteurii*, con un agregado, como arena o guijarros. Otro punto importante es que los ladrillos tradicionales se queman típicamente en un horno para agregar resistencia a los materiales de partida flexibles como la arcilla y este proceso de quema de ladrillos crea una contaminación sustancial que libera hollín y gases de efecto invernadero.

Otro de los avances es el rediseño en la industria de la tinta. Ya que se producen tintas bacterianas a base de pigmentos que se pueden usar para impresoras, bolígrafos y textiles. Uno de los primeros pigmentos que dicha industria desarrolló es un azul marino vivo derivado de una especie de *Streptomyces* que se encuentra en el suelo. Mientras que ciertas cepas de bacterias producen naturalmente un espectro de pigmentos de diferentes colores, los avances en biotecnología han ampliado la gama de colores que se pueden crear.

La industria manufacturera de prendas de vestir es una fuente compleja y a menudo ignorada de contaminación y desperdicio, ya que los vertederos se acumulan con millones de toneladas de ropa no deseada anualmente. La mayoría de los materiales tienen una desventaja significativa: el cultivo de algodón generalmente usa pesticidas y los tejidos sintéticos como el poliéster están hechos con petróleo. La diseñadora de modas Suzanne Lee, comenzó experimentando con celulosa bacteriana, un material fibroso que comienza siendo pegajoso pero toma forma a medida que se seca. *Acetobacter xylinum*, puede sintetizar celulosa a partir de glucosa. La versatilidad de la celulosa bacteriana le permite asemejarse a tejidos como el algodón o el cuero, según las cepas y los procesos de secado utilizados.



Figura 1. Ladrillo con biocemento producido por BioMASON.



Figura 2. Biotinta azul marino vivo derivado de una especie de *Streptomyces*.



Figura 3. Chaqueta producida con celulosa bacteriana y diseñado por Suzanne Lee.

Fuente: Información y figuras 1 y 3 elaborado por Universidad de Ingeniería y Tecnología (2018). *Buenas bacterias: el futuro de los microbios en la manufactura*. Accesado en <https://www.utec.edu.pe/blog-de-carreras/bioingenieria/buenas-bacterias-el-futuro-de-los-microbios-en-la-manufactura>.

Figura 2 tomada de PILI Inc. (2021). Accesado de <https://www.pili.bio/>

## Anexo 4. “Casos prácticos” para discusión – Biotecnología Blanca

### #1 - Limpieza

Expert Heat Treatments (Stillington, Reino Unido)

Expert Heat Treatments (EHT) es una empresa, ubicada en Stillington, de tratamiento de superficies. En 1999 tuvo que revisar su nueva línea de pretratamientos porque las piezas a tratar (válvulas de coche) iban recubiertas con una fina capa de aceite que era preciso eliminar antes del pretratamiento térmico para que éste fuera efectivo.

Tradicionalmente, EHT usaba un disolvente orgánico en un tanque de desengrase al vapor para esta limpieza. Sin embargo, por diversas causas (aumento del coste del disolvente, legislación más restrictiva referente al uso de disolventes orgánicos, mayor conciencia ambiental, etc.), la empresa consideró otros métodos de limpieza alternativos. Se hicieron pruebas con una enzima limpiadora formulada para degradar aceites minerales y grasas. Como que estas pruebas hechas en el laboratorio antes del proceso térmico dieron buen resultado, se escaló el proceso para comprobar su efectividad a escala industrial, y se concluyó que la efectividad desengrasante era comparable a la del sistema con disolvente. Finalmente, se decidió incorporar este método para desengrasar a la nueva línea de pretratamientos en enero del 2000.

Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>• La empresa ha ahorrado 10.163 euros.</li><li>• El coste de funcionamiento de la nueva línea resulta un 74% más barato.</li><li>• La enzima es biodegradable y se puede verter con seguridad en la cloaca.</li><li>• No hay emisiones tóxicas al aire y todo el proceso es más seguro, pues ningún producto es contaminante.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• (Ninguno)</li></ul>



### #2 - Limpieza

Dundee Electroplating (Dundee, Reino Unido)

Dundee Electroplating Ltd. es una empresa de galvanizados de cinc. Para proceder al galvanizado, no debe haber ni suciedad ni grasa en las partes metálicas. Tradicionalmente, las piezas se sumergían en un baño limpiador fuertemente alcalino y las partículas eran eliminadas electrolíticamente. A las 12 semanas la solución limpiadora estaba saturada y había que cambiarla. Para ello, el agua se descarga en la red de alcantarillado, después de neutralizarla y precipitar el cinc en el fluido de galvanización.

En 1999 se sugirió utilizar un sistema de limpieza biotecnológico en lugar de la solución alcalina. Este sistema contenía un tensioactivo para emulsionar las grasas y la suciedad y unos microorganismos que metabolizaban los aceites a dióxido de carbono y agua. Se hicieron algunos cambios en el tanque de lavado: se redujo la temperatura de 70 °C a 45 °C (temperatura óptima de los microorganismos), se instaló un sistema de aireación para proporcionar oxígeno a los microorganismos y obtener una agitación de las piezas sumergidas y se colocaron dos tanques de limpieza biológicos que funcionan continuamente, sin necesidad de cambiar la disolución cada doce semanas. A los pocos días se había obtenido una eficacia de limpieza igual o superior a la anterior con un tiempo aproximadamente igual. Sin embargo, este nuevo sistema necesitaba una mayor monitorización y mantenimiento que el anterior.

Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ahorro del coste de compra de productos químicos.</li><li>• Ahorro de tiempo y trabajo en el cambio de las disoluciones limpiadoras.</li><li>• Equipo compacto.</li><li>• Sistema de bajo riesgo ambiental y libre de olores.</li><li>• Reducción del consumo de energía en el tanque de electrolimpieza y conservación de la eficacia del electrodo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La mayor monitorización de los tanques.</li><li>• El mantenimiento del equipo.</li></ul>



Fuente: Casos redactados por el Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL). (2009). Accesado en [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/3650/S2009064\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/3650/S2009064_es.pdf)

Adaptación gráfica propia para la estrategia didáctica.

### #3 - Biopuleado

Estados Unidos

Las operaciones de pulpeado, en la industria papelera, se dividen en dos clases: los procesos mecánicos y los procesos químicos, los cuales conducen a características diferentes de las fibras. Muy a menudo, sin embargo, se utiliza una combinación de ambos procesos para obtener un papel de características determinadas. El pulpeado mecánico de la madera representa el 25% de los procesos de pulpeado en el mundo, pero se espera que esta cifra aumente en el futuro. Sin embargo, este sistema utiliza mucha energía eléctrica, y esto limita el uso de la pulpa mecánica en muchos tipos de papel.

El biopulpeado es una tecnología que reduce el gasto de energía eléctrica y el impacto ambiental del pulpeado, aumentando así la competitividad económica del sistema. El biopulpeado es un proceso que ahorra energía y mejora la resistencia del papel. No obstante, hay dificultades en el escalado del proceso. Durante doce años, en Estados Unidos un consorcio formado por el USDA, Forest Service, el Forest Products Laboratory de Madison y las Universidades de Wisconsin y Minnesota han hecho un especial esfuerzo de investigación en este campo.

El biopulpeado consiste en utilizar hongos que degradan la lignina. Se han optimizado muchas variables biológicas como las especies de hongos, la forma del inóculo, el tamaño del inóculo, el tipo de madera, el pretratamiento de las astillas, el tiempo de incubación, la aireación, los nutrientes, etc. Cada variable fue examinada independientemente una de la otra, después de la recopilación de los datos se estableció que las variables primordiales eran tres:

- Selección adecuada de la cepa de hongos: se escogió el hongo *Ceriporiopsis subvermispora*, que degrada la lignina, tanto en frondosas como en coníferas.
- Descontaminación de las astillas con vapor precalentado.
- Cantidad del inóculo: se redujo de 3 kg/t de madera a 5 g/t de madera añadiendo una fuente de nutrientes a la suspensión del inóculo, la cual da el punto de partida del crecimiento del hongo y reduce la cantidad de inóculo necesaria.

Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>• La pulpa biomécanica abarata en un 30% el gasto de energía eléctrica.</li><li>• Mejora de algunas propiedades de resistencia del papel.</li><li>• Reducción del impacto ambiental.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preparación del inóculo.</li></ul>



### #4 - Aguas residuales

British Sugar Plc. trabaja en siete plantas en el Reino Unido y fabrica 1,3 millones de toneladas al año de azúcar blanco a partir de remolacha. El proceso de fabricación empieza con el transporte de la remolacha a la fábrica, donde se lava y separa de tierra, piedras y hierba. El agua fluye hacia un clarificador, en cuyo fondo quedan los fangos. Estos fangos van a parar al tanque de sedimentación. El agua clarificada vuelve al circuito para ser reutilizada. Estas aguas y los fangos deben ser tratados antes de ser vertidos para reducir la DQO. El tratamiento tradicional de aguas residuales consistía en un sistema de aireación y vertido al alcantarillado, pero este sistema no tenía capacidad para tratar toda el agua. Se estudió un sistema alternativo biológico para tratar todo el residuo y poderlo verter directamente al río, pero también había problemas de olor y acidez de los fangos. Entonces, se decidió montar un digestor anaerobio. El sistema consiste en pasar las aguas residuales por un lecho de granulado con biomasa. Un separador de tres fases en la parte superior del digestor separa la biomasa, del gas y de las aguas tratadas. El biogás sirve como combustible, la biomasa vuelve al digestor y parte del agua tratada recircula por el digestor para mantener un flujo constante de agua de tratamiento. Este digestor empezó a ser operativo a finales de 1996 y elimina 12 toneladas de DQO al día con una eficacia del 80%.

Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"><li>• Los efluentes pueden ser vertidos directamente al río.</li><li>• Ahorro de 1.250.840 euros/año en el tratamiento de efluentes.</li><li>• Ahorro de 114.143 euros/año en combustible (por el aprovechamiento del biogás).</li><li>• Mantenimiento bajo y equipo compacto.</li><li>• Sistema sin olores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• (Ninguno)</li></ul>





# BIOTECNOLOGÍA ROJA



## FUNDAMENTO TEÓRICO



La Biotecnología roja es la que se relaciona con la medicina humana y animal, la cual; como mencionan Espíritu, Collier y Bingham (2014), busca tratar las diversas patologías existentes mediante nuevos tratamientos que utilicen tecnologías basadas en silenciamiento de genes, anticuerpos monoclonales, péptidos, entre otras. En esta se encuentra todo lo relacionado con el diseño de organismos para producir antibióticos, vacunas más seguras y eficientes, fármacos, diagnósticos moleculares, terapias regenerativas, ingeniería de tejidos, y tratamiento de enfermedades mediante manipulación genética (Martínez, 2017).

Sin embargo, el desarrollo de la Biotecnología roja ha requerido un proceso de muchos años para lograr todos los productos y servicios que tenemos en la actualidad. Como citan Mauriz et al. (2014), fueron de gran importancia los trabajos Jenner y Pasteur; quienes fueron pioneros de la inmunización, pues crearon las primeras vacunas y sus aplicaciones. Además; en 1928, Fleming descubrió la penicilina y Griffith estableció el principio de transformación. En 1953, Watson y Crick descubrieron la estructura del ADN, lo cuál fue el inicio de la biología molecular; que permitió descubrir genes, determinar su función y participación en el desarrollo que enfermedades, para que con ello se lograra su diagnóstico, tratamiento y prevención (Albetis, 2016). En los años 70, se comienzan a usar las tecnologías de hibridomas para la creación de anticuerpos monoclonales, permitiendo que en 1986 se aprobara el primer anticuerpo monoclonal terapéutico y en 1997 se aprobara el primer anticuerpo murino humanizado, ambos usados como inmunosupresores para el tratamiento de rechazos de trasplantes (Lu et al., 2020). En el año 1998 según Thomson et al. (1998) se reporta el primer cultivo in vitro de células madre embrionarias humanas y en 2001 según Kehat et al. (2001) fue posible convertir estas células madre embrionarias en células musculares del corazón. Otro avance fundamental en 2001 según el Consorcio Internacional de Secuenciación de Genoma Humano fue la publicación del primer borrador de la secuencia del genoma humano, lo

cual contribuyó significativamente al desarrollo de nuevos procesos biotecnológicos (Mauriz et al., 2014).

En los últimos 10 años, las nuevas tecnologías en genómica, proteómica, ingeniería de tejidos y terapia celular han dado un gran salto (Valdés et al., 2018). Producto de ello, los científicos han logrado trabajar en técnicas para editar el genoma de los seres vivos, generando que en el año 2012 se lograra editar ADN mediante la tecnología CRISPR-Cas9, que hace uso de una enzima que corta el ADN llamada proteína 9 asociada a CRISPR (Cas9), pero que corta solo en el lugar en que unas moléculas de ARN guía, generadas a partir de repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas (CRISPR), le indiquen. Se cree que este avance ha marcado una nueva etapa en la historia del dominio del ser humano sobre la vida (Bellver, 2016).

A continuación, en base a las investigaciones de Espiritu et al. (2014), Villagómez et al. (2019) y Valdés et al. (2018), se mencionan algunos ejemplos de aplicaciones en Biotecnología roja:

- Producción de proteínas recombinantes: a diferencia de las proteínas que son elaboradas por el organismo al cual pertenecen, las proteínas recombinantes son aquellas cuya síntesis se realiza en un organismo distinto al organismo nativo o son producidas artificialmente mediante técnicas de laboratorio.
- Vacunas: están formadas por microorganismos inactivados (muertos) o inhibidos a través de agentes químicos o físicos en su efectividad, en su capacidad de reproducirse y causar enfermedad, y que al ser inyectados en un individuo generan una reacción inmunológica.
- Vacunas recombinantes: utilizan una parte del material genético de un patógeno (bacterias o virus) que se combina con el genoma de un virus (baculovirus), el cual tiene la capacidad de infectar células en cultivos, generando un virus recombinante. Este baculovirus infecta a las células en cultivo y estas empiezan a producir la proteína del patógeno en grandes cantidades, las cuales se pueden purificar y luego usar para generar vacunas inyectables. Gracias a esta técnica se han creado vacunas como la de la influenza y las del COVID-19.
- PCR (reacción en cadena de la polimerasa): es una técnica que genera millones de copias de una secuencia específica del ADN gracias al uso de la enzima ADN polimerasa y unos fragmentos cortos de ADN llamados cebadores que delimitan el

fragmento que se copia. En esta técnica se obtienen una enorme cantidad de fragmentos de ADN iguales entre sí, que se manipulan y analizan con extrema facilidad y de esta forma permiten, por ejemplo, detectar enfermedades causadas por agentes infecciosos como virus, hongos o bacterias. Un ejemplo de ello es la técnica de diagnóstico de la tuberculosis y del virus de inmunodeficiencia humana (VIH) que ocasiona el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA).

- **Anticuerpos:** crean barreras para proteger al organismo de la acción tóxica de algún agente patógeno. Son producidos por el sistema inmunitario en respuesta a la presencia de una molécula extraña al organismo, denominado antígeno. Los anticuerpos tienen la propiedad de unirse específicamente al antígeno, presente en el patógeno, y bloquearlo, de la misma manera que actúa una llave con una cerradura. Los anticuerpos monoclonales, son aquellos idénticos entre sí y reconocen todos al mismo tipo de antígeno.
- **Terapia génica:** es un conjunto de procedimientos que permiten la reparación de genes dañados o la introducción de genes sanos o normales dentro de las células de un organismo para reemplazar el gen dañado, mediante el uso de vectores (como los virus) y las llamadas tecnologías de transferencia de genes. También es posible desactivar genes que estén generando un efecto negativo en el organismo.
- **Medicina regenerativa:** se desarrolla en procedimientos destinados a la reparación o restitución de tejidos alterados por el paso del tiempo, por enfermedades o por accidentes. Las protagonistas de este nuevo campo de la medicina son las células madre.

## PLANEAMIENTO Y HABILIDADES

- 1- Actividad focalización: cineforo con vídeo instructivo y preguntas generadoras para el desarrollo de la habilidad de *pensamiento crítico*.
- 2- Actividad exploración: investigación y exposición grupal sobre terapia génica para el desarrollo del *pensamiento sistémico* y la *comunicación*.
- 3- Actividad contrastación: construcción grupal de un esquema o mapa mental junto con la realización de una trivia para el desarrollo de la *colaboración* y el *pensamiento crítico*.
- 4- Actividad aplicación: laboratorio virtual para el desarrollo de la habilidad *aprender*

a aprender.

### **Habilidades por desarrollar**

<b>Habilidad y su definición</b>	<b>Indicador (pautas para el desarrollo de la habilidad)</b>
<b>Pensamiento crítico</b> Habilidad para mejorar la calidad de pensamiento y apropiarse de las estructuras cognitivas aceptadas universalmente.	Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales ( <b>razonamiento efectivo</b> ).
	Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros ( <b>argumentación</b> ).
	Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pros y contras de diversos puntos de vista ( <b>toma de decisiones</b> ).
<b>Aprender a aprender</b> Resolución de problemas capacidad de conocer, organizar y autorregular el propio proceso de aprendizaje.	Planifica sus estrategias de aprendizaje desde el autoconocimiento y la naturaleza y contexto de las tareas por realizar ( <b>planificación</b> ).
	Desarrolla autonomía en las tareas que debe realizar para alcanzar los propósitos que se ha propuesto ( <b>autorregulación</b> ).
	Determina que lo importante no es la respuesta correcta, sino aumentar la comprensión de algo paso a paso ( <b>evaluación</b> ).
<b>Pensamiento sistémico</b> Habilidad para ver el todo y las partes, así como las conexiones que permiten la construcción de sentido de acuerdo con el contexto.	Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos ( <b>patrones dentro del sistema</b> ).
	Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado ( <b>causalidad entre los componentes del sistema</b> ).
	Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas prácticas que le permiten la reconstrucción de sentidos ( <b>modificación y mejoras del sistema</b> ).
<b>Colaboración.</b> Habilidad de trabajar de forma efectiva con otras personas para alcanzar un objetivo común, articulando los esfuerzos propios con los de los demás.	Interactúa de manera asertiva con los demás, considerando las fortalezas y las debilidades de cada uno para lograr la cohesión de grupo ( <b>sentido de pertenencia</b> ).
	Negocia con otros para llegar a un acuerdo común, a partir de diferentes criterios o posiciones ( <b>toma de perspectiva</b> ).
	Proporciona apoyo constante para alcanzar las metas del grupo, de acuerdo con el desarrollo de las actividades ( <b>integración social</b> ).
<b>Comunicación</b> Aspiración de una vida digna donde la relación de los seres humanos con la Tierra procure un desarrollo integral y la consecución de proyectos personales.	Interpreta diferentes tipos de mensajes visuales y orales de complejidad diversa, tanto en su forma como en sus contenidos ( <b>decodificación</b> ).
	Descifra valores, conocimientos actitudes e intenciones en las diversas formas de comunicación, considerando su contexto ( <b>comprensión</b> ).
	Crea, a través del código oral y escrito, diversas obras de expresión con valores estéticos y literarios, respetando los cánones gramaticales ( <b>transmisión efectiva</b> ).

*Nota.* Habilidades, definiciones y los respectivos indicadores son tomados de la Transformación curricular: Fundamentos conceptuales en el marco de la visión “Educar para una Nueva Ciudadanía” del MEP (2016) de acuerdo con las habilidades a desarrollar en las plantillas de planeamiento didáctico (2020).

*Planeamiento didáctico*

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales (<b>razonamiento efectivo</b>).</p> <p>Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros (<b>argumentación</b>).</p> <p>Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pro y contra de diversos puntos de vista (<b>toma de decisiones</b>).</p>	<p>Analizar la importancia y los principales aportes de la Biotecnología roja en el mejoramiento y avance en el campo de la medicina en la actualidad.</p>	<p>Describe los principales aportes de la Biotecnología roja en el mejoramiento de las diferentes aplicaciones médicas de actualidad.</p> <p>Justifica con estudios de actualidad el uso de técnicas biotecnológicas para la mejora en los distintos procedimientos, tratamientos y técnicas de medicina.</p> <p>Examina los pro y contras avances biotecnológicos relacionados con la medicina y su incidencia en el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos.</p>	<p><b>Actividad de Focalización</b> <b>“Cineforo”</b></p> <p>Esta actividad consiste en la realización de un cineforo sobre los aportes que ha tenido la Biotecnología roja en la medicina. Acceda a los siguientes enlaces:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <a href="https://youtu.be/QJhdM-1l9hU">https://youtu.be/QJhdM-1l9hU</a></li> <li>❖ <a href="https://youtu.be/PgJX4MgMzaI">https://youtu.be/PgJX4MgMzaI</a></li> <li>❖ <a href="https://youtu.be/pF_1nfnrYGA">https://youtu.be/pF_1nfnrYGA</a></li> </ul> <p>De acuerdo con la información suministrada, conteste las siguientes preguntas generadoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sabía usted, ¿que la insulina sintética, que se utiliza para tratar enfermedades como la diabetes, se genera usando bacterias modificadas genéticamente? ¿Creyó que esto fuese posible?</li> <li>- Con base en el ejemplo de la insulina: ¿Cómo define la biotecnología roja? ¿Qué características podría mencionar respecto a la biotecnología roja?</li> <li>- Comente sobre las nuevas aplicaciones biotecnológicas en el área de medicina vistas en el vídeo, ¿Conoce alguna? ¿Mencione al menos dos ventajas de este tipo de aplicaciones para la salud?</li> <li>- En el vídeo se menciona el pez cebra y su capacidad de poder reconstruir las células de su corazón si están dañadas ¿Cree que en algún punto la Biotecnología roja podrá realizar este procedimiento en un corazón infartado? ¿Estaría a favor de este tipo de procedimientos?</li> </ul>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos (<b>patrones dentro del sistema</b>).</p> <p>Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado (<b>causalidad entre los componentes del sistema</b>).</p> <p>Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas prácticas que le permiten la reconstrucción de sentidos (<b>modificación y mejoras del sistema</b>).</p> <p>Interpreta diferentes tipos de mensajes visuales y orales de complejidad diversa, tanto en su forma como en sus contenidos (<b>decodificación</b>).</p> <p>Descifra valores, conocimientos, actitudes e intenciones en las diversas formas de comunicación, considerando su contexto (<b>comprensión</b>).</p> <p>Crea, a través del código oral y escrito, diversas obras de expresión con valores estéticos</p>	<p>Examinar la importancia y los beneficios de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades que afectan negativamente la salud de los seres humanos.</p> <p>Explicar los aspectos más importantes a partir de información y noticias sobre el uso de la terapia génica en la medicina.</p>	<p>Identifica aspectos relevantes sobre el uso de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades y el mejoramiento de la salud humana.</p> <p>Describe la importancia, los beneficios y riesgos de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades que afectan negativamente la salud de los seres humanos.</p> <p>Evalúa el impacto que ha tenido el uso de las terapias génicas para el tratamiento de enfermedades en el campo médico.</p> <p>Interpreta información y noticias sobre el uso de la terapia génica en la medicina para el tratamiento de enfermedades.</p> <p>Demuestra su posición respecto al uso de la terapia génica en el campo médico para el mejoramiento de la salud humana.</p> <p>Desarrolla criterios y conclusiones sobre aspectos positivos y</p>	<p><b>Actividad de Exploración</b> <b><u>“Investigación dirigida sobre la terapia génica”</u></b></p> <p>En esta actividad los estudiantes en grupos de 3 o 4 van a realizar una investigación utilizando como herramienta los buscadores de internet de artículos científicos como Google Scholar, World Wide Science, Dialnet, etc. Las preguntas para guiar la investigación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Qué es la terapia génica?</li> <li>- ¿Qué estrategias se utilizan en la aplicación de la terapia génica?</li> <li>- ¿Qué riesgos existen en la introducción de genes?</li> <li>- ¿Cómo se relacionan los genes, las enfermedades y la terapia génica?</li> <li>- ¿Qué ventajas y desventajas supone para la salud el uso de terapia génica?</li> <li>- De acuerdo con lo investigado. ¿Están a favor de la terapia génica? ¿Por qué?</li> <li>- Escoja una enfermedad que pueda tratarse con terapia génica (realice un pequeño comentario sobre la enfermedad y como se utiliza la terapia génica en el tratamiento y cura de esta enfermedad). Ejemplos: anemia, diabetes, hemofilia, fibrosis, distrofia muscular, alteraciones hepáticas, Alzheimer, SIDA, etc.</li> </ul> <p>Luego, utilizando carteles o mediante la realización de una presentación PowerPoint, infografía, vídeo explicativo u otra herramienta o recurso tecnológico, cada grupo socializa sus resultados mediante una pequeña exposición al resto del grupo.</p>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
y literarios, respetando los cánones gramaticales <b>(transmisión efectiva)</b> .		negativos del uso de la terapia génica en la medicina.	
<p>Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos <b>(patrones dentro del sistema)</b>.</p> <p>Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado <b>(causalidad entre los componentes del sistema)</b>.</p> <p>Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas prácticas que le permiten la reconstrucción de sentidos <b>(modificación y mejoras del sistema)</b>.</p> <p>Proporciona apoyo constante para alcanzar las metas del grupo, de acuerdo con el desarrollo de las actividades <b>(integración social)</b>.</p> <p>Interactúa de manera asertiva con los demás, considerando las fortalezas y las debilidades de cada quien para lograr la cohesión de grupo <b>(sentido de pertenencia)</b>.</p>	<p>Analizar la importancia que tiene la Biotecnología roja y sus aplicaciones médicas en el mejoramiento de la salud y la calidad de vida de los seres humanos.</p> <p>Explicar las principales aplicaciones de la Biotecnología roja y su importancia en el mejoramiento de la salud humana para construir un mapa mental.</p>	<p>Describe la importancia que tiene la Biotecnología roja y sus aplicaciones médicas en el mejoramiento de la salud y la calidad de vida de los seres humanos.</p> <p>Justifica la aplicación de técnicas médicas relacionadas con Biotecnología roja para el mejoramiento de la salud humana.</p> <p>Justifica los beneficios y riesgos de la implementación de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico costarricense para su progreso y mejoría.</p> <p>Utiliza las ideas de los integrantes del grupo para la construcción de un mapa mental sobre aplicaciones de la Biotecnología roja y su importancia en el mejoramiento de la salud humana.</p> <p>Compara los criterios propuestos por los compañeros sobre de la implementación de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico.</p>	<p><b>Actividad de Contrastación</b> <b><u>“Construcción de un mapa conceptual o esquema de aplicaciones biotecnológicas”</u></b></p> <p>El o la docente facilitadora brinda el siguiente enlace: <a href="https://tinyurl.com/medybiotec">https://tinyurl.com/medybiotec</a> a los estudiantes (en caso de no tener internet, se puede usar el material impreso), relacionada con aplicaciones médicas de la biotecnología.</p> <p>Una vez en el sitio, el o la docente les solicita a los estudiantes que den lectura al documento titulado “Biotecnología y medicina”, a partir del cual, junto con lo expuesto por el docente; deberán realizar un esquema o mapa mental utilizando la aplicación ExamTime (<a href="https://www.goconqr.com/es/examtime/">https://www.goconqr.com/es/examtime/</a>) donde se incluyan las aplicaciones de la Biotecnología roja que se señalan en el documento consultado, además de agregar algunas ventajas del uso de la biotecnología en estos procesos.</p> <p>Una vez que se realiza el esquema o mapa, se solicita que lo comparen con las ideas previas que se pudieron establecer en la fase de focalización.</p> <p>Posteriormente, se les solicita a los estudiantes que realicen, en forma grupal, el cuestionario virtual que se encuentra en el enlace: <a href="https://tinyurl.com/trivia-biotec">https://tinyurl.com/trivia-biotec</a> a modo de trivia y como cierre para esta actividad de contrastación. Por otra parte, el recurso se adjunta en el anexo 1 “trivia sobre aplicaciones de la Biotecnología roja” en caso de no contar con acceso a dispositivos tecnológicos o conexión a internet.</p>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
Negocia con otros para llegar a un acuerdo común, a partir de diferentes criterios o posiciones <b>(toma de perspectiva)</b> .		Construye un mapa mental grupal, con base en los conceptos e ideas sobre el uso de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico, de manera colectiva.	
<p>Planifica sus estrategias de aprendizaje desde el autoconocimiento y la naturaleza y contexto de las tareas por realizar <b>(planificación)</b>.</p> <p>Desarrolla autonomía en las tareas que debe realizar para alcanzar los propósitos que se ha propuesto <b>(autorregulación)</b>.</p> <p>Determina que lo importante no es la respuesta correcta, sino aumentar la comprensión de algo paso a paso <b>(evaluación)</b>.</p>	Aplicar técnicas relacionadas a la Biotecnología roja en procesos de importancia mundial, como la creación de vacunas, para el mejoramiento de la salud y calidad de vida de los seres humanos.	<p>Analiza el uso de técnicas relacionadas a la biotecnología roja en procesos de importancia mundial como la creación de vacunas para la prevención y erradicación de enfermedades.</p> <p>Pone en práctica la aplicación de experiencias que requieren el uso de técnicas biotecnológicas como la creación y aprobación de una vacuna.</p> <p>Evalúa los beneficios y riesgos que tiene la creación y aplicación de productos biotecnológicos como las vacunas para el mejoramiento de la salud y calidad de vida de los seres humanos.</p>	<p><b>Actividad de aplicación.</b>  <b><u>“Laboratorio virtual: Creando y aprobando una vacuna”</u></b></p> <p>En esta actividad se le solicita al estudiante que utilice un laboratorio remoto, para esto se le suministra el siguiente enlace: <a href="https://educaixa.org/es/-/aprueba-una-vacuna-1">https://educaixa.org/es/-/aprueba-una-vacuna-1</a> y se le solicita que siga las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Diseño in vitro y experimentación de la vacuna.</li> <li>-Pruebas de efectividad y de seguridad con animales y con voluntarios humanos.</li> <li>-Definición de la estrategia de vacunación.</li> </ul> <p>El docente le suministra un documento, el cual deberán completar de acuerdo con la experiencia del laboratorio que están desarrollando (ver anexo 2 “creando y aprobando una vacuna”).</p> <p>A modo de cierre, la docente junto con los estudiantes realiza un conversatorio sobre la importancia del uso de la biotecnología roja en diferentes ámbitos de la medicina, haciendo énfasis en las aplicaciones utilizadas en las diversas actividades y sus aportes al mejoramiento de la vida humana.</p>



# MATERIALES NECESARIOS



Material brindado por el docente facilitador.

Computadora con acceso a internet.

Cartulinas o carteles (en caso de no contar con computadora).

Cuaderno, lápices y lapiceros.



## Parte I. Focalización.

Esta actividad busca el desarrollo del *pensamiento crítico* mediante una actividad introductoria.

### Cineforo

Muchas personas al comenzar con la temática siempre se preguntan: ¿Qué es la Biotecnología roja?, ¿Desde cuándo el hombre utiliza organismos vivos para obtener productos de interés humano en la salud? ¿Qué tipos de terapias médicas nos ha aportado la Biotecnología roja? ¿Qué aplicaciones tiene?

Es por ello por lo que los vídeos que se muestran a continuación ayudarán a resolver estas interrogantes sobre biotecnología en el ámbito de la salud. Ingrese a los siguientes enlaces para observar el material que ayudará a resolver muchas preguntas sobre lo que ha hecho la Biotecnología roja en nuestras vidas:

- ❖ La biotecnología en nuestras vidas: <https://youtu.be/QJhdM-1l9hU>
- ❖ ¿Qué es la biotecnología roja?: <https://youtu.be/PgJX4MgMzaI>
- ❖ Ejemplo de una aplicación de biotecnología roja: [https://youtu.be/pF\\_1nfnrYGA](https://youtu.be/pF_1nfnrYGA)

Durante la visualización de los vídeos es importante tomar apuntes y luego de observarlos, se realizará un pequeño conversatorio con la persona docente, utilizando las siguientes preguntas orientadoras:



- ¿Sabía usted, que la insulina sintética, que se utiliza para tratar enfermedades como la diabetes, se genera usando bacterias modificadas genéticamente? ¿Creyó que esto fuese posible?
- Con base en el ejemplo de la insulina: ¿Cómo define la Biotecnología roja? ¿Qué características podría mencionar respecto a la biotecnología roja?
- Comente sobre las nuevas aplicaciones biotecnológicas en el área de medicina vistas en el vídeo. ¿Conoce alguna? ¿Mencione al menos dos ventajas de este tipo de aplicaciones para la salud?
- En el vídeo se menciona el pez cebra y su capacidad de poder reconstruir las células de su corazón si están dañadas ¿Cree que en algún punto la biotecnología podrá realizar este procedimiento en un corazón infartado? ¿Estaría a favor de este tipo de procedimiento?

## **Parte II. Exploración.**

Esta actividad consiste en una investigación por parte de los estudiantes que se enfoca en la técnica de indagación y busca el desarrollo del *pensamiento sistémico* y la *comunicación*.

### **Investigación dirigida sobre la terapia génica**

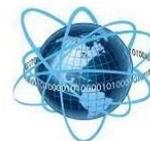
Los estudiantes en grupos de 3 o 4 van a realizar una investigación utilizando como herramienta los buscadores de internet de artículos científicos como Google Scholar, World Wide Science, Dialnet, etc.



Google  
Scholar



Dialnet



WORLDWIDE  
SCIENCE.ORG

Fuente: Elaboración propia a partir de [Dialnet.uroja.es](http://Dialnet.uroja.es), [Scholar.google.com](http://Scholar.google.com) y [WorldWideScience.org](http://WorldWideScience.org)

Los estudiantes van a guiar su investigación con las siguientes preguntas:

- ¿Qué es la terapia génica?
- ¿Qué estrategias se utilizan en la aplicación de la terapia génica?
- ¿Qué riesgos existen en la introducción de genes?
- ¿Cómo se relacionan los genes, las enfermedades y la terapia génica?
- ¿Qué ventajas y desventajas supone para la salud el uso de terapia génica?
- De acuerdo con lo investigado. ¿Están a favor de la terapia génica? ¿Por qué?
- Escoja una enfermedad que pueda tratarse con terapia génica (realice un pequeño comentario sobre la enfermedad y como se utiliza la terapia génica en el tratamiento y cura de esta enfermedad). Ejemplos: anemia, diabetes, hemofilia, fibrosis, distrofia muscular, alteraciones hepáticas, Alzheimer, SIDA, etc.

Utilizando carteles, mediante la realización de una presentación PowerPoint, infografía, vídeo explicativo u otra herramienta o recurso tecnológico, cada grupo socializa sus resultados mediante una pequeña exposición al resto del grupo.

### Parte III. Contrastación.

Esta actividad consiste en la construcción grupal de un mapa mental y la posterior realización de una trivia para el desarrollo de la *colaboración* y del *pensamiento crítico*.

### Construcción de un mapa conceptual o esquema de aplicaciones biotecnológicas

El docente facilitador brinda la siguiente fuente de internet a los estudiantes (en caso de no tener internet, se puede usar el material impreso), relacionada con aplicaciones médicas de la biotecnología: <https://tinyurl.com/medybiotec>

The screenshot shows a website interface for 'Biotecnología médica'. At the top, there is a search bar with 'intef INTEF' and a star rating. Below this is a header with logos for 'GOBIERNO DE ESPAÑA' and 'MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE', along with 'Proyecto Biosfera'. A navigation menu includes 'Unidades', 'Introducción', 'Actividad inicial', 'Contenidos', 'Actividades', 'Mapa', 'Ideas', 'Autoevaluación', and 'Enlaces'. The main content area is titled 'BIOTECNOLOGÍA - 2º BACHILLERATO' and 'CONTENIDOS', with a sub-section for 'BIOTECNOLOGÍA Y MEDICINA'. A page indicator shows 'anterior - (7/10) - siguiente'.

Fuente: elaboración propia apartir de <http://cr.tiching.com/link/61990>

Una vez se haya ingresado al sitio web, se les solicita a los estudiantes que den lectura al documento titulado “Biotecnología y medicina”, a partir del cual; junto con la expuesto por el docente, deberán ingresar a la herramienta ExamTime mediante el enlace <https://www.goconqr.com/es/examtime/> y realizar un esquema o mapa mental utilizando los recursos que la herramienta brinda, donde se incluyan las aplicaciones de la Biotecnología roja que se señalan en el documento consultado previamente, además de agregar algunas ventajas del uso de la biotecnología en estos procesos.



*Fuente: elaboración propia apartir de [goconqr.com/en/examtime/](https://www.goconqr.com/en/examtime/)*

Una vez que se realiza el esquema o mapa, se solicita que lo comparen con las ideas previas que se pudieron establecer en la fase de focalización.

Posteriormente se les solicita a los estudiantes, en forma grupal; que contesten el cuestionario virtual a modo de trivia y como cierre para esta actividad de contrastación, el cual se encuentra en la siguiente dirección:

<https://rb.gy/w9kut2>

Por otra parte, el recurso se adjunta en el anexo 1 “trivia sobre aplicaciones de la Biotecnología roja”, en caso de no contar con acceso a dispositivos electrónicos o conexión a internet.

#### **Parte IV. Aplicación.**

Esta actividad consiste en la participación de un laboratorio virtual para el desarrollo de la habilidad *aprender a aprender*.

#### **Laboratorio virtual: Creando y aprobando una vacuna**

El virus Y está causando algunas muertes, pero hay una vacuna experimental que podría

ayudar a frenar su transmisión. Existen muchos virus y enfermedades que pueden prevenirse mediante la creación de vacunas utilizando antígenos. En este simulador se producirá una vacuna para utilizar en la población y se investigará sobre su efectividad, seguridad y calidad. Se seguirán tres fases:

1. Diseño in vitro y experimentación de la vacuna.
2. Pruebas de efectividad y de seguridad con animales y con voluntarios humanos.
3. Definición de la estrategia de vacunación.

Para ello, ingrese al siguiente enlace:

<https://educaixa.org/es/-/aprueba-una-vacuna-1>

En la ventana del recurso-microsite, de clic en el botón “Ver” y luego de clic en la mano de color rojo para acceder al recurso:



Fuente: elaboración propia a partir de <https://educaixa.org/es/-/aprueba-una-vacuna-1>

Posteriormente, siga las instrucciones que se le presentan en el simulador, en caso de presentarse alguna situación, el estudiante debe comunicarlo al docente facilitador, quien colaborará para desarrollar la actividad con éxito.

Complete el documento de laboratorio que se adjunta en el anexo 2 “creando y aprobando una vacuna”.

A modo de cierre, la docente junto con los estudiantes realiza un conversatorio sobre la importancia del uso de la biotecnología roja en diferentes ámbitos de la medicina, haciendo énfasis en las aplicaciones utilizadas en las diversas actividades.



# CRITERIOS DE EVALUACIÓN



Focalización: actividad “cineforo con vídeo instructivo y preguntas generadoras” → Habilidad: **Pensamiento crítico**.

Indicador (Pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Razonamiento efectivo</b>	Describe los principales aportes de la Biotecnología roja en el mejoramiento de las diferentes aplicaciones médicas de actualidad.	Menciona generalidades sobre los aportes de la biotecnología roja en aplicaciones médicas de actualidad.	Resalta aspectos específicos sobre los aportes de la biotecnología roja en aplicaciones médicas de actualidad.	Puntualiza aspectos significativos sobre los aportes de la biotecnología roja en aplicaciones médicas de actualidad.
<b>Argumentación</b>	Justifica con estudios de actualidad el uso de técnicas biotecnológicas para la mejora en los distintos procedimientos, tratamientos y técnicas de medicina.	Menciona las implicaciones positivas y los riesgos del uso de técnicas biotecnológicas para la mejora en los distintos procedimientos, tratamientos y técnicas de medicina.	Justifica a partir de diversos argumentos las implicaciones positivas y los riesgos del uso de técnicas biotecnológicas para la mejora en los distintos procedimientos, tratamientos y técnicas de medicina.	Analiza los diversos argumentos sobre las implicaciones positivas y los riesgos del uso de técnicas biotecnológicas para la mejora en los distintos procedimientos, tratamientos y técnicas de medicina.
<b>Toma de decisiones</b>	Examina los pro y contras de los avances biotecnológicos relacionados con la medicina y su incidencia en el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos.	Enumera los pro y contras de los avances biotecnológicos relacionados con la medicina y su incidencia en el mejoramiento de la calidad de vida.	Reconoce los pro y contras de los avances biotecnológicos relacionados con la medicina y su incidencia en el mejoramiento de la calidad de vida.	Analiza los pro y contras de los avances biotecnológicos relacionados con la medicina y su incidencia en el mejoramiento de la calidad de vida.

Exploración: actividad “investigación y exposición grupal sobre terapia génica” → Habilidades: **Pensamiento sistémico** y **comunicación**.

Indicador (pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Patrones dentro del sistema</b>	Identifica aspectos relevantes sobre el uso de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades y el mejoramiento de la salud humana.	Menciona las nociones básicas sobre el uso de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades y el mejoramiento de la salud humana.	Brinda generalidades sobre usos de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades y el mejoramiento de la salud humana.	Indica de manera específica aspectos relevantes sobre los usos de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades y el mejoramiento de la salud humana.
<b>Causalidad entre los componentes del sistema</b>	Describe la importancia, los beneficios y riesgos de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades que afectan negativamente la salud de los seres humanos.	Menciona aspectos generales sobre la importancia, los beneficios y riesgos de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades.	Resalta aspectos específicos sobre la importancia, los beneficios y riesgos de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades.	Puntualiza aspectos significativos relacionados con la importancia, los beneficios y riesgos de la terapia génica para el tratamiento de diversas enfermedades.
<b>Modificación y mejoras del sistema</b>	Evalúa el impacto que ha tenido el uso de las terapias génicas para el tratamiento de enfermedades en el campo médico.	Reconoce el impacto que ha tenido el uso de las terapias génicas para el tratamiento de enfermedades en el campo médico.	Emite criterios sobre el impacto que ha tenido el uso de las terapias génicas para el tratamiento de enfermedades en el campo médico.	Detalla aspectos significativos sobre el impacto que ha tenido el uso de las terapias génicas para el tratamiento de enfermedades en el campo médico.
<b>Decodificación</b>	Interpreta información y noticias sobre el uso de la terapia génica en la medicina para el tratamiento de enfermedades.	Cita información sobre el uso de la terapia génica en la medicina para el tratamiento de enfermedades.	Describe información sobre el uso de la terapia génica en la medicina para el tratamiento de enfermedades.	Contrasta información sobre el uso de la terapia génica en la medicina para el tratamiento de enfermedades.
<b>Comprensión</b>	Demuestra su posición respecto al uso de la terapia génica en el campo médico para el mejoramiento de la salud humana.	Expone de forma general su posición sobre el uso de la terapia génica en el campo médico para el mejoramiento de la salud humana.	Destaca su posición sobre el uso de la terapia génica en el campo médico para el mejoramiento de la salud humana.	Establece con propiedad su posición sobre el uso de la terapia génica en el campo médico para el mejoramiento de la salud humana.
<b>Trasmisión efectiva</b>	Desarrolla criterios y conclusiones sobre aspectos positivos y negativos del uso de la terapia génica en la medicina.	Esquematiza las ideas principales sobre aspectos positivos y negativos del uso de la terapia génica en la medicina.	Describe aspectos relevantes sobre aspectos positivos y negativos del uso de la terapia génica en la medicina.	Genera conclusiones sobre aspectos positivos y negativos del uso de la terapia génica en la medicina.

Contrastación: actividades “construcción grupal de un esquema o mapa mental y trivia” → Habilidades: **Pensamiento crítico** y **colaboración**.

Indicador (Pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Razonamiento efectivo</b>	Describe la importancia que tiene la Biotecnología roja y sus aplicaciones médicas en el mejoramiento de la salud y la calidad de vida de los seres humanos.	Menciona generalidades de la importancia de las aplicaciones médicas relacionadas con la Biotecnología roja en el mejoramiento de la salud y la calidad de vida de los seres humanos.	Resalta aspectos específicos de la importancia de las aplicaciones médicas relacionadas con la Biotecnología roja en el mejoramiento de la salud y la calidad de vida de los seres humanos.	Puntualiza aspectos significativos de la importancia de las aplicaciones médicas relacionadas con la Biotecnología roja en el mejoramiento de la salud y la calidad de vida de los seres humanos.
<b>Argumentación</b>	Justifica la aplicación de técnicas médicas relacionadas con Biotecnología roja para el mejoramiento de la salud humana.	Menciona implicaciones positivas del uso de técnicas médicas relacionadas con Biotecnología roja.	Alude a las implicaciones positivas del uso de técnicas médicas relacionadas con Biotecnología roja.	Fundamenta las implicaciones positivas del uso de técnicas médicas relacionadas con Biotecnología roja.
<b>Toma de decisiones</b>	Justifica los beneficios y riesgos de la implementación de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico costarricense para su progreso y mejoría.	Anota los beneficios y riesgos de la implementación de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico costarricense para su progreso y mejoría.	Relata los beneficios y riesgos de la implementación de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico costarricense para su progreso y mejoría.	Fundamenta los beneficios y riesgos de la implementación de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico costarricense para su progreso y mejoría.
<b>Sentido de pertenencia</b>	Utiliza las ideas de los integrantes del grupo para la construcción de un mapa mental sobre aplicaciones de la Biotecnología roja y su importancia en el mejoramiento de la salud humana.	Anota las ideas generales de lo aportado por los integrantes del grupo para construir un mapa mental sobre aplicaciones de la Biotecnología roja.	Distingue las ideas principales de lo aportado por los integrantes del grupo para construir un mapa mental sobre aplicaciones de la Biotecnología roja.	Emplea con propiedad las ideas esenciales de lo aportado por los integrantes del grupo para construir un mapa mental. sobre aplicaciones de la Biotecnología roja.
<b>Toma perspectiva</b>	Compara los criterios propuestos por los compañeros sobre de la implementación de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico.	Cita generalidades acerca de la implementación de técnicas de biotecnología roja en el campo médico.	Encuentra similitudes y diferencias entre diversos criterios propuestos sobre de la implementación de técnicas de biotecnología roja en el campo médico.	Contrasta los diversos criterios propuestos sobre de la implementación de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico.
<b>Integración social</b>	Construye un mapa mental grupal, con base en los conceptos e ideas sobre el uso de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico, de manera colectiva.	Menciona ideas básicas para la construcción de un mapa mental grupal, con base en los conceptos e ideas sobre el uso de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico.	Resalta aspectos relevantes para la construcción de un mapa mental grupal, con base en los conceptos e ideas sobre el uso de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico.	Distingue puntualmente ideas relevantes para la construcción de un mapa mental grupal, con base en los conceptos e ideas sobre el uso de técnicas de Biotecnología roja en el campo médico.

Aplicación: actividad “laboratorio virtual” → Habilidad: **Aprender a aprender**.

Indicador (Pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Planificación</b>	Analiza el uso de técnicas relacionadas a la Biotecnología roja en procesos de importancia mundial como la creación de vacunas para la prevención y erradicación de enfermedades.	Cita información sobre el uso de aplicaciones biotecnológicas en procesos como la creación de vacunas para la prevención y erradicación de enfermedades.	Destaca información sobre el uso de aplicaciones biotecnológicas en procesos como la creación de vacunas para la prevención y erradicación de enfermedades.	Detalla aspectos relevantes sobre el uso de aplicaciones biotecnológicas en procesos como la creación de vacunas para la prevención y erradicación de enfermedades.
<b>Autorregulación</b>	Pone en práctica la aplicación de experiencias que requieren el uso de técnicas biotecnológicas como lo es la creación y aprobación de una vacuna.	Indica aspectos básicos de las actividades a realizar relacionadas con biotecnología como lo es la creación y aprobación de una vacuna.	Alude de forma general las acciones propuestas relacionadas con biotecnología como lo es la creación y aprobación de una vacuna.	Efectúa las acciones propuestas relacionadas con biotecnología como lo es la creación y aprobación de una vacuna.
<b>Evaluación</b>	Evalúa los beneficios y riesgos que tiene la creación y aplicación de productos médicos como las vacunas para el mejoramiento de la salud y calidad de vida de los seres humanos.	Caracteriza de forma general los beneficios y riesgos que tiene la creación de productos médicos como las vacunas para el mejoramiento de la salud humana.	Destaca la importancia y riesgos de la creación de productos médicos como las vacunas para el mejoramiento de la salud humana.	Emite criterios de calidad sobre la importancia y riesgos de la creación de productos médicos como las vacunas para el mejoramiento de la salud humana.

**Anexo 1. “Trivia sobre aplicaciones de la Biotecnología roja”- Biotecnología roja**

1 La Biotecnología se utiliza en Medicina

- A Únicamente para producir fármacos.
- B Nada más que en investigación, pues no está permitido legalmente su uso.
- C Para diagnóstico de enfermedades y en tratamientos.
- D Sólo de forma preventiva.

2 La cirugía génica consiste en

- A Implantar un órgano genéticamente modificado.
- B Extraer un órgano que no funciona bien debido a una anomalía genética.
- C Extraer un gen defectuoso.
- D Implantar un cromosoma funcional.

3 La Humulina

- A Es una proteína humana.
- B Es un gen modificado.
- C Corrige el defecto del gen de la hormona del crecimiento en el ADN del paciente.
- D Es producida por una bacteria y se usa como insulina.

4 Los organismos genéticamente modificados no son utilizados en Medicina para:

- A La investigación.
- B El desarrollo de nuevos fármacos.
- C La producción de nuevos fármacos.
- D La descontaminación.

5 En 1978

- A Se crearon las primeras granjas farmacéuticas.
- B Se obtuvo la Humulina.
- C Se consiguió la síntesis de la hormona del crecimiento.
- D Se realizó el primer xenotrasplante.

6 La primera "terapia génica" se llevó a cabo con enfermos:

- A Diabéticos.
- B Con deficiencia en la hormona del crecimiento.
- C Con carencia en la alfa-I- antitripsina.
- D Inmunodeficiencia completa.

7 En la terapia de inserción génica:

- A Se introduce un gen normal que sustituye al gen no activo del enfermo.
- B Se extrae el gen defectuoso o se repara.
- C Se introduce un gen que induce a la muerte selectiva de células o genere una respuesta inmune contra ellas.
- D Se silencia un gen que produce una proteína perniciosa.

8 En la terapia de supresión dirigida:

- A Se introduce un gen normal que sustituye al gen no activo del enfermo.
- B Se extrae el gen defectuoso o se repara.
- C Se introduce un gen que induce a la muerte selectiva de células o genere una respuesta inmune contra ellas.
- D Se silencia un gen que produce una proteína perniciosa.

9 En la terapia de inhibición dirigida:

- A Se introduce un gen normal que sustituye al gen no activo del enfermo.
- B Se extrae el gen defectuoso o se repara.
- C Se introduce un gen que induce a la muerte selectiva de células o genere una respuesta inmune contra ellas.
- D Se silencia un gen que produce una proteína perniciosa.

## CREANDO Y APROBANDO UNA VACUNA



Siga cuidadosamente, paso a paso, lo que se le indica en el laboratorio virtual, recuerde que puede acceder a dicho recurso mediante el enlace <https://educaixa.org/es/-/aprueba-una-vacuna-1>

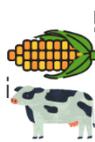


Conteste las siguientes preguntas durante la realización del laboratorio:

- 1** Explique con sus palabras como el sistema inmunológico y las vacunas actúan en nuestro cuerpo contra los virus.
- 2** ¿Qué es el antígeno Y? ¿Cuál es su aporte en la creación de la vacuna?
- 3** Comente sobre la técnica llamada ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay).
- 4** Realice un breve resumen sobre los pasos que usted realizó para la creación de la vacuna.
- 5** ¿Qué es el principio 3R en experimentación animal?
- 6** Luego de la experimentación en personas. Anote tres beneficios de la vacunación de las personas en el mundo.
- 7** Explique la relación que tiene el laboratorio realizado con aplicaciones de la biotecnología roja.



Fuente: Elaboración y diseño propio para los módulos de actualización profesional en biotecnología (2021) a partir de la información mostrada en EduCaixa. (2021). Laboratorio virtual aprueba una vacuna. Accesado en <https://educaixa.org/es/-/aprueba-una-vacuna-1>



# BIOTECNOLOGÍA VERDE



## FUNDAMENTO TEÓRICO



La Biotecnología verde es la encargada de todos los procesos del sector agrícola y ganadero. Su principal función es crear soluciones que mejoren e incrementen los procesos en la agricultura y la ganadería, entre otros; sin que estos afecten al medio ambiente contaminándolo (Chauvet, 2015).

Es la rama de la biotecnología encargada del tema de cultivos in vitro y clonación de plantas de interés, el mejoramiento de cultivos, por ejemplo, el desarrollo de cultivos resistentes a plagas, la producción de biofertilizantes, de biocombustibles y de biopesticidas. También se relaciona con la obtención de alimentos con mayor contenido nutricional y lo relacionado con su transporte y almacenamiento (Amaro-Rosales y Villavicencio-Carbajal, 2015).

En este ámbito se encuentra una gran variedad de aplicaciones, por ejemplo, Lara (2020), menciona una aplicación importante de la Biotecnología verde que es el uso de biofertilizantes, los cuales sustituyen los fertilizantes tóxicos. Estos se realizan utilizando microorganismos benéficos (hongos y bacterias) que aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por otro lado, existe la fitorremediación que según Gunarathne et al. (2019) realiza un mejoramiento genético en las plantas para que estas degraden eficientemente los metales pesados del medio ambiente. Se utiliza también la bioenergía que es una forma de energía renovable que se deriva de materiales orgánicos de vida reciente conocidos como biomasa como plantas y algas, que se pueden utilizar para producir combustibles de transporte, calor, electricidad y productos de uso cotidiano. Por otro lado, Ondarza-Beneitez (2017), agrega los biopesticidas y los define como cierto tipo de pesticidas derivados de materiales naturales como animales, plantas, bacterias y ciertos minerales que pueden controlar diversos tipos de plagas.

En la actualidad existe una relación con la medicina, donde diferentes empresas como, por ejemplo, Medicago buscan generar vacunas de ARNm con profilácticos a base de plantas para combatir el COVID-19. Esta se produce en un invernadero, donde la

compañía usa las hojas de *Nicotina benthamiana*, un pariente cercano de la planta de tabaco, como biorreactores para crear el antígeno de la inyección (Kansteiner, 2021).

Otra aplicación de gran importancia es el uso de los cultivos transgénicos, Peláez (2016) establece que la obtención de Organismos Modificados Genéticamente (OMG), también llamados transgénicos, se logró gracias a que, con los avances en la ciencia y la tecnología, el hombre consiguió dominar la manipulación genética de los organismos mediante técnicas en ingeniería genética. Estos organismos son sometidos a técnicas en las que se altera su material genético con el objetivo de conferirles características específicas, diferentes a las propias. En el caso particular de los alimentos derivados de cultivos transgénicos, estos han sido producidos a partir de un OMG, con el fin de otorgarles características que son benéficas para la agricultura, como la mejora de la productividad de un cultivo, o el aumento de la resistencia a herbicidas y a los constantes cambios climáticos. El desarrollo de esta técnica implica grandes beneficios que apuntan al desarrollo de una agricultura sostenible.

En la actualidad, según Beltrán (2018), la investigación en el campo de los cultivos transgénicos busca contribuir para alcanzar la seguridad alimentaria, mejorar el rendimiento de las cosechas y la mejora nutricional de los alimentos, para contribuir a la salud del ser humano y solucionar la carencia alimentaria que sufren gran cantidad de personas.

En el campo forestal, indican Centelles y Ferrer (2016), se incluye el mejoramiento genético de especies arbóreas utilizando la ingeniería genética, para optimar la calidad de la madera y su resistencia a factores del ambiente; además, de la creación de papel de forma amigable con el ambiente. Según Chauvet (2015), la Biotecnología verde ha llegado a consolidar a la agricultura como una rama muy importante de la industria y ha potenciado sus usos y aplicaciones.



# PLANEAMIENTO Y HABILIDADES

- 1- Actividad focalización: estudios de casos sobre aplicaciones de Biotecnología verde para el desarrollo del *pensamiento crítico* y la *colaboración*.
- 2- Actividad exploración: debate sobre cultivos transgénicos para el desarrollo del *pensamiento crítico* y la *comunicación*.
- 3- Actividad contrastación: investigación dirigida sobre distintas técnicas de la biotecnología verde y su presentación, para el desarrollo del *pensamiento crítico*.
- 4- Actividad aplicación: creación de biopesticida y preparación de compost para el desarrollo de la habilidad *aprender a aprender*.

## Habilidades por desarrollar

Habilidad y su definición	Indicador (pautas para el desarrollo de la habilidad)
<b>Pensamiento crítico</b> Habilidad para mejorar la calidad de pensamiento y apropiarse de las estructuras cognitivas aceptadas universalmente.	Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales ( <b>razonamiento efectivo</b> ).
	Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros ( <b>argumentación</b> ).
	Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pros y contras de diversos puntos de vista ( <b>toma de decisiones</b> ).
<b>Aprender a aprender</b> Resolución de problemas capacidad de conocer, organizar y autorregular el propio proceso de aprendizaje.	Planifica sus estrategias de aprendizaje desde el autoconocimiento y la naturaleza y contexto de las tareas por realizar ( <b>planificación</b> ).
	Desarrolla autonomía en las tareas que debe realizar para alcanzar los propósitos que se ha propuesto ( <b>autorregulación</b> ).
	Determina que lo importante no es la respuesta correcta, sino aumentar la comprensión de algo paso a paso ( <b>evaluación</b> ).
<b>Pensamiento sistémico</b> Habilidad para ver el todo y las partes, así como las conexiones que permiten la construcción de sentido de acuerdo con el contexto.	Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos ( <b>patrones dentro del sistema</b> ).
	Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado ( <b>causalidad entre los componentes del sistema</b> ).
	Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas prácticas que le permiten la reconstrucción de sentidos ( <b>modificación y mejoras del sistema</b> ).
<b>Colaboración.</b> Habilidad de trabajar de forma efectiva con otras personas para alcanzar un objetivo común, articulando los esfuerzos propios con los de los demás.	Interactúa de manera asertiva con los demás, considerando las fortalezas y las debilidades de cada uno para lograr la cohesión de grupo ( <b>sentido de pertenencia</b> ).
	Negocia con otros para llegar a un acuerdo común, a partir de diferentes criterios o posiciones ( <b>toma de perspectiva</b> ).
	Proporciona apoyo constante para alcanzar las metas del grupo, de acuerdo con el desarrollo de las actividades ( <b>integración social</b> ).
<b>Comunicación</b> Aspiración de una vida digna donde la relación de los seres humanos con la Tierra procure un desarrollo integral y la consecución de proyectos personales.	Interpreta diferentes tipos de mensajes visuales y orales de complejidad diversa, tanto en su forma como en sus contenidos ( <b>decodificación</b> ).
	Descifra valores, conocimientos actitudes e intenciones en las diversas formas de comunicación, considerando su contexto ( <b>comprensión</b> ).
	Crea, a través del código oral y escrito, diversas obras de expresión con valores estéticos y literarios, respetando los cánones gramaticales ( <b>trasmisión efectiva</b> ).

*Nota.* Habilidades, definiciones y los respectivos indicadores son tomados de la Transformación curricular: Fundamentos conceptuales en el marco de la visión “Educar para una Nueva Ciudadanía” del MEP (2016) de acuerdo con las habilidades a desarrollar en las plantillas de planeamiento didáctico (2020).

*Planeamiento didáctico*

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales (<b>razonamiento efectivo</b>).</p> <p>Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros (<b>argumentación</b>).</p> <p>Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pro y contra de diversos puntos de vista (<b>toma de decisiones</b>).</p> <p>Interactúa de manera asertiva con los demás, considerando las fortalezas y las debilidades de cada uno para lograr la cohesión de grupo (<b>sentido de pertenencia</b>).</p> <p>Negocia con otros para llegar a un acuerdo común, a partir de diferentes criterios o posiciones (<b>toma de perspectiva</b>).</p> <p>Proporciona apoyo constante para alcanzar las metas del grupo, de acuerdo con el desarrollo de las actividades (<b>integración social</b>).</p>	<p>Analizar la importancia del uso de la Biotecnología verde en el mejoramiento genético de las especies vegetales y arbóreas para el aumento de la calidad de vida de los seres humanos y el desarrollo sostenible.</p>	<p>Describe la importancia que tiene la Biotecnología verde en el mejoramiento genético de especies vegetales para el aumento de la calidad de vida de los seres humanos y el desarrollo sostenible.</p> <p>Justifica la aplicación de técnicas relacionadas con Biotecnología verde para el mejoramiento de especies vegetales y con ello de la calidad de vida de los seres humanos.</p> <p>Justifica pros y contras de la implementación de técnicas de Biotecnología verde en nuestro país para el mejoramiento de especies vegetales y arbóreas.</p> <p>Utiliza las ideas de los integrantes del grupo sobre aplicaciones de la Biotecnología verde y su importancia en el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos y el desarrollo sostenible.</p> <p>Compara los criterios propuestos sobre de la implementación de técnicas de biotecnología verde en nuestro país.</p> <p>Argumenta, con base en las ventajas y desventajas, sobre el uso de técnicas de Biotecnología verde en nuestro país, de manera colectiva.</p>	<p><b>Actividad de Focalización.</b> <b><u>“Estudio de casos sobre aplicaciones de Biotecnología verde”</u></b></p> <p>El o la docente facilitadora distribuye el grupo en subgrupos de entre 3 y 4 estudiantes y entrega a cada uno de los equipos, de forma impresa o digital, distintas noticias sobre el uso de técnicas que se emplean en la Biotecnología verde. Los enlaces de acceso son los siguientes:</p> <p>a) <a href="https://www.fiercepharma.com/manufacturing/medicago-s-plant-based-production-platform-bearing-fruit-gsk-partnered-covid-shot">https://www.fiercepharma.com/manufacturing/medicago-s-plant-based-production-platform-bearing-fruit-gsk-partnered-covid-shot</a></p> <p>b) <a href="https://www.agrobio.org/bioproductos-de-cannabis-serian-posibles-con-edicion-genetica/">https://www.agrobio.org/bioproductos-de-cannabis-serian-posibles-con-edicion-genetica/</a></p> <p>c) <a href="https://www.efeverde.com/noticias/restos-pina-aptos-fabricar-biocombustibles-segunda-generacion/">https://www.efeverde.com/noticias/restos-pina-aptos-fabricar-biocombustibles-segunda-generacion/</a></p> <p>d) <a href="http://biotech-spain.com/es/articulos/-la-reforestacion-con-ejemplares-seleccionados-geneticamente-posible-solucion-a-la-seca-del-encinar/">http://biotech-spain.com/es/articulos/-la-reforestacion-con-ejemplares-seleccionados-geneticamente-posible-solucion-a-la-seca-del-encinar/</a></p> <p>e) <a href="https://cordis.europa.eu/article/id/22495-gmo-crops-receive-increasing-support-in-france/es">https://cordis.europa.eu/article/id/22495-gmo-crops-receive-increasing-support-in-france/es</a></p> <p>f) <a href="https://www.semana.com/internacional/articulo/argentina-aprueba-el-trigo-transgenico-es-el-primer-pais-del-mundo-que-lo-logra/302954/">https://www.semana.com/internacional/articulo/argentina-aprueba-el-trigo-transgenico-es-el-primer-pais-del-mundo-que-lo-logra/302954/</a></p> <p>Posteriormente, se les solicita que analicen la noticia utilizando las siguientes preguntas generadoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuál es la relación que presenta la noticia analizada con la biotecnología verde?</li> <li>- Indique los aspectos más relevantes de la noticia. ¿Tiene ventajas y desventajas la implementación de la técnica descrita?</li> <li>- ¿Cuál es la importancia de este avance en el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos y el desarrollo sostenible?</li> </ul> <p>Una vez que se ha realizado el análisis de las noticias, el docente les solicita a los estudiantes que expongan sus principales reflexiones y que tome en cuenta para esto aspectos como: ideas centrales de la lectura, aplicaciones biotecnológicas que se exponen, ventajas y desventajas.</p>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales (<b>razonamiento efectivo</b>).</p> <p>Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros (<b>argumentación</b>).</p> <p>Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pro y contra de diversos puntos de vista (<b>toma de decisiones</b>).</p> <p>Interpreta diferentes tipos de mensajes visuales y orales de complejidad diversa, tanto en su forma como en sus contenidos (<b>decodificación</b>).</p> <p>Descifra valores, conocimientos actitudes e intenciones en las diversas formas de comunicación, considerando su contexto (<b>comprensión</b>).</p> <p>Crea, a través del código oral y escrito, diversas obras de expresión con valores estéticos y literarios, respetando los cánones gramaticales (<b>transmisión efectiva</b>).</p>	<p>Examinar las implicaciones que tienen el uso de técnicas de la biotecnología verde, como los cultivos transgénicos, en la industria alimentaria y agrícola para el desarrollo del país y el mejoramiento de los cultivos y especies arbóreas.</p>	<p>Describe la importancia que tiene la Biotecnología verde en la implementación de técnicas, como los cultivos transgénicos, que buscan mejorar las especies vegetales para el beneficio de las actividades económicas y el consumo humano.</p> <p>Establece, con criterios propios, las implicaciones que tiene el uso de técnicas de Biotecnología verde, como los cultivos transgénicos, que buscan el mejoramiento de especies vegetales y arbóreas.</p> <p>Justifica los pros y contras del uso de cultivos transgénicos en la industria alimenticia y agrícola, que permitan el desarrollo económico del país.</p> <p>Interpreta información y noticias sobre el uso de cultivos transgénicos en la industria alimenticia y agrícola que impulsan el desarrollo económico del país.</p> <p>Demuestra su posición respecto al uso de los cultivos transgénicos en la industria alimentaria y la agrícola para el desarrollo del país y el mejoramiento de los cultivos y especies arbóreas.</p> <p>Desarrolla criterios y conclusiones sobre aspectos positivos y negativos del uso de cultivos transgénicos en la industria agrícola y alimenticia de nuestro país.</p>	<p><b>Actividad de Exploración.</b> <b><u>“Debate sobre cultivos transgénicos”</u></b></p> <p>El docente divide al grupo en los siguientes equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Equipo 1: defensores de las aplicaciones biotecnológicas para la producción de transgénicos.</li> <li>Equipo 2: grupo en contra de las aplicaciones biotecnológicas para la producción de transgénicos.</li> <li>Equipo 3: cámara de productores e industriales con afectaciones económicas y sociales.</li> <li>Equipo 4: principales beneficiarios y usuarios de los transgénicos en la sociedad.</li> </ul> <p>Luego, a cada equipo les suministra la siguiente información para que pueda revisar y proponer sus argumentos, también se les señala que en caso de requerir podrán realizar la búsqueda de información que consideren necesaria para construir sus argumentos y presentación de su postura.</p> <p>a) <a href="https://www.agrobio.org/beneficios-cultivos-geneticamente-modificados-colombia/">https://www.agrobio.org/beneficios-cultivos-geneticamente-modificados-colombia/</a></p> <p>b) <a href="https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/05/03/cultivos-mejorados-un-aporte-ucr-para-la-buena-alimentacion.html">https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/05/03/cultivos-mejorados-un-aporte-ucr-para-la-buena-alimentacion.html</a></p> <p>c) <a href="https://www.ecologiaverde.com/ventajas-y-desventajas-de-los-alimentos-transgenicos-1073.html#anchor_2">https://www.ecologiaverde.com/ventajas-y-desventajas-de-los-alimentos-transgenicos-1073.html#anchor_2</a></p> <p>d) <a href="https://www.ucr.ac.cr/noticias/2013/11/07/cientificos-de-la-ucr-cuestionan-sus-beneficios.html">https://www.ucr.ac.cr/noticias/2013/11/07/cientificos-de-la-ucr-cuestionan-sus-beneficios.html</a></p> <p>Dinámica:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El profesor actuará como moderador, al inicio presentará el tema y le asignará a cada equipo una postura (a favor y en contra) con un tiempo mínimo para exponer sus argumentos y 10 minutos de tiempo para realizarse preguntas entre a las diferentes posturas.</li> <li>Cada postura determinará la forma y las herramientas tecnológicas con las que desee realizar su presentación</li> </ol>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
			<p>3. El debate finaliza con una última ronda de intervenciones (uno por cada grupo) de 5 minutos.</p> <p>4. Se realizará una retroalimentación general para todo el grupo.</p> <p>Al final se generará, de forma grupal; las principales conclusiones derivadas sobre los beneficios y prejuicios de los transgénicos en el mundo.</p>
<p>Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales (<b>razonamiento efectivo</b>).</p> <p>Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros (<b>argumentación</b>).</p> <p>Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pros y contra de diversos puntos de vista (<b>toma de decisiones</b>).</p>	<p>Analizar la importancia y beneficios de algunas aplicaciones de la Biotecnología verde que buscan el mejoramiento de la industria agrícola y alimentaria en nuestro país.</p>	<p>Identifica aspectos relevantes sobre técnicas de la Biotecnología verde que buscan el mejoramiento de las industrias agrícola y alimentaria en nuestro país.</p> <p>Describe la importancia y beneficios de aplicaciones de la Biotecnología verde para el desarrollo de las especies vegetales y arbóreas, así como la producción de bienes a partir de estos.</p> <p>Evalúa el impacto económico y social que ha tenido en nuestro país el uso de técnicas de Biotecnología verde en la industria agrícola y alimentaria.</p>	<p><b>Actividad de Contrastación</b> <b><u>“Investigación dirigida”</u></b></p> <p>Los estudiantes en grupos van a realizar una investigación utilizando como herramienta los buscadores de internet o noticias impresas que el docente brinde.</p> <p>Las temáticas por desarrollar son: biofertilizantes, bioenergía, fitorremediación, cultivos in vitro, mejoramiento genético en especies arbóreas y creación de papel.</p> <p>Las preguntas generadoras para guiar la investigación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué consiste esta técnica biotecnológica?,</li> <li>• ¿Cuáles son las ventajas de su uso?, Indique tres de estas.</li> <li>• ¿Por qué se ubica esta aplicación dentro del área de biotecnología verde?</li> <li>• ¿Se desarrolla esta técnica en Costa Rica? Mencione un ejemplo o noticia.</li> </ul> <p>Cada grupo realizará un pequeño vídeo (máximo 7 minutos) en el cuál exponga sobre la temática asignada aspectos como las ventajas, importancia ambiental y comercial de esta y sus usos en nuestro país.</p>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Planifica sus estrategias de aprendizaje desde el autoconocimiento y la naturaleza y contexto de las tareas por realizar (<b>planificación</b>).</p> <p>Desarrolla autonomía en las tareas que debe realizar para alcanzar los propósitos que se ha propuesto (<b>autorregulación</b>).</p> <p>Determina que lo importante no es la respuesta correcta, sino aumentar la comprensión de algo paso a paso (<b>evaluación</b>).</p>	<p>Aplicar técnicas relacionadas a la Biotecnología verde en procesos caseros como la preparación de compost o biopesticidas para el mejoramiento de cultivos.</p>	<p>Propone el uso de técnicas relacionadas a la Biotecnología verde en procesos caseros como la preparación de compost o biopesticidas para el mejoramiento de cultivos.</p> <p>Pone en práctica la aplicación de experiencias que requieren el uso de técnicas biotecnológicas como la preparación de compost y biopesticidas.</p> <p>Evalúa los beneficios que tiene el uso de productos como el compost casero y los biopesticidas para el medio ambiente y la agricultura.</p>	<p><b>Actividad de Aplicación.</b> <b><u>“Creación de compost y biopesticida”</u></b></p> <p>Actividad #1: Creando compost en el colegio.</p> <p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- La persona docente introducirá la temática del compostaje, entregando a los estudiantes infografías, afiches y material impreso sobre su importancia y sus beneficios. Además, se abordarán aspectos de relevancia como la creación del envase contenedor, los cuidados a considerar y los materiales que se pueden compostar (Ver anexos 1, 2, y 3).</li> <li>2- Posteriormente, se les solicitará a los estudiantes los materiales necesarios para la creación de la compostera, para ello; se asignan grupos donde cada uno se encargue de aportar los materiales establecidos en la clase (anexo 3 “¿qué puedo compostar?”). Esto se debe coordinar en la clase con el docente.</li> <li>3- En la siguiente clase se comienza la creación de la compostera, siguiendo los pasos establecidos en el anexo 1 “creando compost en el colegio” y en el anexo 2 “preparación y mantenimiento”.</li> <li>4- El compost estará listo para su uso en 4 meses aproximadamente, sin embargo, es necesario que cada semana los grupos de estudiantes muevan la compostera y le agreguen nuevos materiales. Por lo que se realizará una bitácora grupal donde cada semana se deben anotar las acciones realizadas, los avances observados y cualquier otro detalle de relevancia (ver anexo 4 “bitácora de observaciones y actividades”).</li> <li>5- Una vez listo el compost, este se utilizará en el colegio o cada estudiante llevará una porción a su hogar para su uso. Dos semanas después de utilizado, se socializarán los resultados de la utilización del compost y los beneficios de realizar y utilizar estos productos naturales y su relación con la Biotecnología verde.</li> </ol> <p>Actividad #2: Creando biopesticidas amigables con el ambiente.</p> <p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Pelar y picar los ajos de un tamaño pequeño.</li> <li>2- Rellenar la botella o envase a utilizar hasta la mitad con el alcohol y posteriormente, agregar los ajos.</li> </ol>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
			<p>3- Dejar reposar la mezcla durante 24 horas.</p> <p>4- Al día siguiente, agregar a la mezcla, agua (hasta llenar la botella) y una cucharada o chorrillo de detergente de cocina.</p> <p>5- Una vez terminado, se pueden rociar las plantas, tanto en tallos como flores, de preferencia en horas de poco sol.</p> <p>Una vez utilizado el biopesticida y el compost, se realizará una plenaria donde los estudiantes compartirán resultados, opiniones y conclusiones sobre el uso de las dos aplicaciones biotecnológicas utilizadas.</p> <p>Como cierre del módulo, se incluirá en la plenaria los cuestionamientos para reflexionar: ¿Cuál es la importancia de la biotecnología verde en nuestra vida cotidiana? ¿Y en la industria agrícola? ¿Considera importante la introducción de técnicas de biotecnología verde en el país? ¿Cuáles? De las técnicas abordadas en el módulo, ¿Cuál le resulto más importante y útil? ¿Por qué?</p>



# MATERIALES NECESARIOS



Material brindado por capacitadores.

Computadora o teléfono con acceso a internet.

Materiales para realización de actividad de aplicación (compost y biopesticida).



## DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD



### Parte I. Focalización.

Esta actividad busca el desarrollo del *pensamiento crítico* y la *colaboración*.

### Estudio de casos sobre aplicaciones de Biotecnología verde

El o la docente facilitadora entrega de forma impresa o digital a los estudiantes, en grupos de 3 o 4 integrantes, distintas noticias sobre el uso de técnicas que se emplean en la Biotecnología verde. Para acceder a las noticias, visite los siguientes enlaces:

- a) <https://www.fiercepharma.com/manufacturing/medicago-s-plant-based-production-platform-bearing-fruit-gsk-partnered-covid-shot>
- b) <https://www.agrobio.org/bioproductos-de-cannabis-serian-posibles-con-edicion-genetica/>
- c) <https://www.efeverde.com/noticias/restos-pina-aptos-fabricar-biocombustibles-segunda-generacion/>
- d) <https://semanariouniversidad.com/universitarias/cientificos-de-costa-rica-crean-variedad-de-super-tomate/#:~:text=El%20primer%20tomate%20h%C3%ADbrido%20creado,gen%20de%20resistencia%20al%20virus>
- e) <http://biotech-spain.com/es/articles/-la-reforestaci-n-con-ejemplares-seleccionados-gen-ticamente-posible-soluci-n-a-la-seca-del-encinar/>
- f) <https://cordis.europa.eu/article/id/22495-gmo-crops-receive-increasing-support-in-france/es>
- g) <https://www.semana.com/internacional/articulo/argentina-aprueba-el-trigo-transgenico-es-el-primer-pais-del-mundo-que-lo-logra/302954/>

Posteriormente cada grupo analiza su noticia y contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la relación con la biotecnología verde que presenta la noticia analizada?
2. Indique los aspectos más relevantes de la noticia. ¿Tiene ventajas y desventajas la implementación de la técnica descrita?
3. ¿Cuál es la importancia de este avance en el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos y el desarrollo sostenible?
4. ¿Qué implicaciones considera usted que tiene, para la humanidad, la aplicación de este proceso biotecnológico?

Una vez que se ha realizado el análisis de las noticias, el docente les solicita a los estudiantes que expongan sus principales reflexiones, considerando aspectos como: ideas centrales de la lectura, aplicaciones biotecnológicas que se exponen, ventajas y desventajas.

## **Parte II. Exploración.**

Esta actividad consiste en un debate que busca el desarrollo de la *comunicación* y el *pensamiento crítico*.

### **Debate sobre cultivos transgénicos**

El docente divide al grupo en los siguientes equipos:

- Equipo 1: defensores de las aplicaciones biotecnológicas para la producción de transgénicos.
- Equipo 2: grupo en contra de las aplicaciones biotecnológicas para la producción de transgénicos.
- Equipo 3: cámara de productores e industriales con afectaciones económicas y sociales.
- Equipo 4: principales beneficiarios y usuarios de los transgénicos en la sociedad.

Luego, a cada equipo les suministra la siguiente información para que pueda revisarla y construir sus argumentos, también, la persona docente les señala que, en caso de requerirlo, podrán realizar la búsqueda de información que consideren necesaria mediante otras fuentes, para construir y presentar su postura.

Las fuentes de información que el docente sugiere son:

- a) <https://www.agrobio.org/beneficios-cultivos-geneticamente-modificados-colombia/>
- b) <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/05/03/cultivos-mejorados-un-aporte-ucr-para-la-buena-alimentacion.html>
- c) [https://www.ecologiaverde.com/ventajas-y-desventajas-de-los-alimentos-transgenicos-1073.html#anchor\\_2](https://www.ecologiaverde.com/ventajas-y-desventajas-de-los-alimentos-transgenicos-1073.html#anchor_2)
- d) <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2013/11/07/cientificos-de-la-ucr-cuestionan-sus-beneficios.html>

Dinámica:

1. El profesor actuará como moderador, al inicio presentará el tema y le asignará a cada equipo una postura (a favor y en contra) con un tiempo mínimo para exponer sus argumentos y 10 minutos de tiempo para realizarse preguntas entre a las diferentes posturas.
2. Cada postura determinará la forma y las herramientas tecnológicas con las que desee realizar su presentación
3. El debate finaliza con una última ronda de intervenciones (uno por cada grupo) de 5 minutos.
4. Se realizará una retroalimentación general para todo el grupo.
5. Normas del debate:
  - a. Participación.
  - b. Respeto.
  - c. Levantar la mano para hacer intervenciones.
  - d. Respetar el tiempo asignado.

Al final se generará, de forma grupal; las principales conclusiones derivadas sobre los beneficios y prejuicios de los transgénicos en el mundo.

### **Parte III. Contrastación.**

Esta actividad consiste en una investigación por parte de los estudiantes que se enfoca en la técnica de indagación y busca el desarrollo del *pensamiento crítico*.

#### **Investigación dirigida**

Los estudiantes se dividen en subgrupos, donde van a realizar una investigación utilizando como herramienta los buscadores de internet o noticias impresas que el docente brinde.

Las temáticas para desarrollar son: biofertilizantes, biopesticidas, bioenergía, biorremediación, cultivos in vitro, ingeniería genética en especies arbóreas y creación de papel.

Los estudiantes van a guiar su investigación con las siguientes preguntas:

- ¿En qué consiste esta técnica biotecnológica?
- ¿Cuáles son las ventajas de su uso? Indique tres de estas.
- ¿Por qué se ubica esta aplicación dentro del área de biotecnología verde?
- ¿Se desarrolla esta técnica en Costa Rica? Mencione un ejemplo o noticia.

Cada grupo realizará un pequeño vídeo (duración máxima de 7 minutos) en el cuál exponga sobre la temática asignada aspectos como las ventajas, importancia ambiental y comercial de esta y sus usos nuestro país.

#### **Parte IV. Aplicación.**

Esta sección consiste en dos actividades prácticas que irán desarrollando los estudiantes a largo plazo con materiales caseros para crear un biofertilizante (compost) y un biopesticida, poniendo en práctica aplicaciones sencillas de la biotecnología verde y buscando el desarrollo de la habilidad *aprender a aprender*.

#### **Creación de compost y biopesticida**

Actividad #1: Creando compost en el colegio.

Objetivos de la creación del compost:

- ✓ Relacionar el uso de la biotecnología verde en procesos básicos como la creación de un abono casero, efectivo y que no daña al medio ambiente.
- ✓ Introducir a los estudiantes en un sistema de reciclaje de material orgánico.
- ✓ Reducir la cantidad de residuos que se generan en nuestros hogares y en la institución educativa.
- ✓ Reflexionar con los estudiantes sobre las repercusiones socioambientales de nuestros actos cotidianos desde un enfoque crítico y sistemático.

#### Materiales:

- Información introductoria sobre el compostaje (ver anexo 1 “creando compost en el colegio”).
- Guía para el compostaje (ver anexo 2 “preparación y mantenimiento”).
- Envase para compostera: puede ser una caja de madera o plástica, un estañón de plástico o metal, botellas grandes plásticas, llantas u otro material de reciclaje disponible en el centro educativo al que se le puedan realizar agujeros.
- Material para compostar (ver anexo 3 “¿qué puedo compostar?”): los estudiantes deben aportarlo cada semana con desechos del colegio o de su hogar.
- Bitácora de seguimiento (ver anexo 4 “bitácora de observaciones y actividades”).

#### Procedimiento:

- 1- La persona docente introducirá la temática del compostaje, entregando a los estudiantes infografías, afiches y material impreso sobre su importancia y sus beneficios. Además, se abordarán aspectos de relevancia como la creación del envase contenedor, los cuidados a considerar y los materiales que se pueden compostar.
- 2- Posteriormente, se les solicitará a los estudiantes los materiales necesarios para la creación de la compostera, para ello; se asignan subgrupos donde cada uno se encargue de aportar los materiales establecidos en la clase según el anexo 3 “¿qué puedo compostar?”. Esto se debe coordinar en la clase con el docente.
- 3- En la siguiente clase se comienza la creación de la compostera, siguiendo los pasos establecidos en el anexo 1 “creando compost en el colegio” y la información del anexo 2 “cuidados y mantenimiento”.
- 4- El compost estará listo para su uso en 4 meses aproximadamente, sin embargo, es necesario que cada semana los grupos de estudiantes muevan la compostera y le agreguen nuevos materiales. Por lo que se realizará una bitácora grupal donde cada semana se deben anotar las acciones realizadas, los avances observados y cualquier otro detalle de relevancia (ver anexo 4 “bitácora de observaciones y actividades”).
- 5- Una vez listo el compost, este se utilizará en el colegio o cada estudiante llevará una porción a su hogar para su uso. Dos semanas después de utilizado, se socializarán los resultados de la utilización del compost y los beneficios de realizar y utilizar estos productos naturales y su relación con la Biotecnología verde.

Actividad #2: Creando biopesticidas amigables con el ambiente.

Objetivo de la creación de los biopesticidas:

- ✓ Relacionar el uso de la biotecnología verde en procesos básicos como la creación de un biopesticida, efectivo, económico y que no daña al medio ambiente.

Materiales necesarios:

- 5 o 6 dientes de ajo.
- Una botella o envase dispersor de 500 ml.
- Agua.
- Alcohol blanco 70° o 90°.
- Jabón líquido de cocina biodegradable (Irex o Natural Green).

Procedimiento:

- 1- Pelar y picar los ajos de un tamaño pequeño.
- 2- Rellenar la botella o envase a utilizar hasta la mitad con el alcohol y posteriormente, agregar los ajos.
- 3- Dejar reposar la mezcla durante 24 horas.
- 4- Al día siguiente, agregar a la mezcla, agua (hasta llenar la botella) y una cucharada o chorrillo de jabón líquido de cocina biodegradable.
- 5- Una vez terminado, se pueden rociar las plantas, tanto en tallos como flores, de preferencia en horas de poco sol.

Una vez utilizado el biopesticida y el compost, se realizará una plenaria donde los estudiantes compartirán resultados, opiniones y conclusiones sobre el uso de las dos aplicaciones biotecnológicas utilizadas.

Como cierre del módulo, se incluirá en la plenaria las siguientes preguntas para reflexionar:

- ¿Cuál es la importancia de la Biotecnología verde en nuestra vida cotidiana? ¿Y en la industria agrícola?
- ¿Considera importante la introducción de técnicas de Biotecnología verde en el país? ¿Cuáles?
- De las técnicas abordadas en el módulo, ¿Cuál le resulto más importante y útil? ¿Por qué?



# CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Focalización: actividad “estudios de casos sobre aplicaciones de Biotecnología verde” → Habilidades: **Pensamiento crítico** y **colaboración**.

Indicador (Pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Razonamiento efectivo</b>	Describe la importancia que tiene la Biotecnología verde en el mejoramiento genético de especies vegetales para el aumento de la calidad de vida de los seres humanos y el desarrollo sostenible.	Menciona generalidades sobre la importancia de la Biotecnología verde en el mejoramiento de la calidad de vida y el desarrollo sostenible.	Resalta aspectos específicos sobre la importancia de la Biotecnología verde en el mejoramiento de la calidad de vida y el desarrollo sostenible.	Puntualiza aspectos significativos sobre la importancia de la Biotecnología verde en el mejoramiento de la calidad de vida y el desarrollo sostenible.
<b>Argumentación</b>	Justifica la aplicación de técnicas relacionadas con la Biotecnología verde para el mejoramiento genético de especies vegetales y con ello de la calidad de vida de los seres humanos.	Menciona beneficios del uso de técnicas relacionadas con biotecnología verde.	Alude a los beneficios del uso de técnicas relacionadas con biotecnología verde.	Fundamenta los beneficios del uso de técnicas relacionadas con Biotecnología verde.
<b>Toma de decisiones</b>	Justifica pros y contras de la implementación de técnicas de Biotecnología verde en nuestro país para el mejoramiento genético de especies vegetales y arbóreas.	Anota los pros y contras de la implementación de técnicas de biotecnología verde en nuestro país.	Relata las ventajas y desventajas de la implementación de técnicas de biotecnología verde en nuestro país.	Fundamenta los pros y contras de la implementación de técnicas de biotecnología verde en nuestro país.
<b>Sentido de pertenencia</b>	Utiliza las ideas de los integrantes del grupo sobre aplicaciones de la Biotecnología verde y su importancia en el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos y el desarrollo sostenible.	Anota las ideas generales de lo aportado por los integrantes del grupo sobre aplicaciones de la Biotecnología verde y su importancia.	Distingue las ideas principales de lo aportado por los integrantes del grupo sobre aplicaciones de la Biotecnología verde y su importancia.	Emplea con propiedad las ideas esenciales de lo aportado por los integrantes del grupo sobre aplicaciones de la Biotecnología verde y su importancia.
<b>Toma perspectiva</b>	Compara los criterios propuestos sobre de la implementación de técnicas de Biotecnología verde en nuestro país.	Cita generalidades acerca de la implementación de técnicas de biotecnología verde en nuestro país.	Encuentra similitudes y diferencias entre diversos criterios propuestos sobre de la implementación de técnicas de biotecnología verde en nuestro país.	Contrasta los diversos criterios propuestos sobre de la implementación de técnicas de biotecnología verde en nuestro país.
<b>Integración social</b>	Argumenta, con base en las ventajas y desventajas sobre el uso de técnicas de Biotecnología verde en nuestro país, de manera colectiva.	Menciona ideas básicas para lograr una posible interpretación grupal sobre los alcances de la de Biotecnología verde en nuestro país.	Resalta aspectos relevantes para lograr una posible interpretación sobre los alcances de la de Biotecnología verde en nuestro país.	Distingue, puntualmente las ideas que deben complementarse para lograr una interpretación sobre los alcances de la de biotecnología verde en nuestro país.

Exploración: actividad “debate sobre cultivos transgénicos” → Habilidades: **Pensamiento crítico** y **comunicación**.

Indicador (Pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Razonamiento efectivo</b>	Describe la importancia que tiene la Biotecnología verde en la implementación de técnicas como los cultivos transgénicos que buscan mejorar las especies vegetales para el beneficio de las actividades económicas y el consumo humano.	Menciona generalidades sobre la importancia de la implementación de técnicas como los cultivos transgénicos que buscan mejorar las especies vegetales para beneficio humano.	Resalta aspectos específicos sobre la importancia de la implementación de técnicas como los cultivos transgénicos que buscan mejorar las especies vegetales para beneficio humano.	Puntualiza aspectos significativos sobre la importancia de la implementación de técnicas como los cultivos transgénicos que buscan mejorar las especies vegetales para beneficio humano.
<b>Argumentación</b>	Establece, con criterios propios, las implicaciones que tiene el uso de técnicas de biotecnología verde, como los cultivos transgénicos, que buscan el mejoramiento de especies vegetales y arbóreas.	Menciona implicaciones que tiene el uso de los cultivos transgénicos que buscan el mejoramiento de especies vegetales y arbóreas.	Manifiesta con criterio las implicaciones que tiene el uso de los cultivos transgénicos que buscan el mejoramiento de especies vegetales y arbóreas.	Fundamenta las implicaciones que tiene el uso de los cultivos transgénicos que buscan el mejoramiento de especies vegetales y arbóreas.
<b>Toma de decisiones</b>	Justifica los pros y contras del uso de cultivos transgénicos en la industria alimenticia y agrícola, que permitan el desarrollo económico del país.	Señala los pros y contras del uso de cultivos transgénicos en la industria alimenticia y agrícola en nuestro país.	Argumenta los pros y contras del uso de cultivos transgénicos en la industria alimenticia y agrícola en nuestro país.	Detalla los pros y contras del uso de cultivos transgénicos en la industria alimenticia y agrícola en nuestro país.
<b>Decodificación</b>	Interpreta información y noticias sobre el uso de cultivos transgénicos en la industria alimenticia y agrícola que impulsan el desarrollo económico del país.	Cita información sobre el uso de cultivos transgénicos que impulsan el desarrollo económico del país.	Describe información sobre el uso de cultivos transgénicos que impulsan el desarrollo económico del país.	Contrasta información sobre el uso de cultivos transgénicos que impulsan el desarrollo económico del país
<b>Comprensión</b>	Demuestra su posición respecto al uso de los cultivos transgénicos en la industria alimentaria y la agrícola para el desarrollo del país y el mejoramiento de los cultivos y especies arbóreas.	Expone de forma general su posición respecto al uso de los cultivos transgénicos para el desarrollo del país y el mejoramiento de los cultivos y especies arbóreas.	Destaca su posición respecto al uso de los cultivos transgénicos para el desarrollo del país y el mejoramiento de los cultivos y especies arbóreas.	Establece con propiedad su posición respecto al uso de los cultivos transgénicos para el desarrollo del país y el mejoramiento de los cultivos y especies arbóreas.
<b>Trasmisión efectiva</b>	Desarrolla criterios y conclusiones sobre aspectos positivos y negativos del uso de cultivos transgénicos en la industria agrícola y alimenticia de nuestro país.	Esquematiza las ideas principales sobre aspectos positivos y negativos del uso de cultivos transgénicos en la industria agrícola y alimenticia de nuestro país.	Describe aspectos relevantes sobre aspectos positivos y negativos del uso de cultivos transgénicos en la industria agrícola y alimenticia de nuestro país.	Genera conclusiones sobre aspectos positivos y negativos del uso de cultivos transgénicos en la industria agrícola y alimenticia de nuestro país.

Contrastación: actividad “investigación dirigida” → Habilidad: **Pensamiento crítico**.

Indicador (pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Razonamiento efectivo</b>	Identifica aspectos relevantes sobre técnicas de la biotecnología verde que buscan el mejoramiento de las industrias agrícola y alimentaria en nuestro país.	Menciona las nociones básicas sobre técnicas de la biotecnología verde para el mejoramiento de las industrias agrícola y alimentaria en nuestro país.	Brinda generalidades sobre técnicas de la biotecnología verde para el mejoramiento de las industrias agrícola y alimentaria en nuestro país.	Indica de manera específica aspectos relevantes sobre técnicas de la biotecnología verde para el mejoramiento de las industrias agrícola y alimentaria en nuestro país.
<b>Argumentación</b>	Describe la importancia y beneficios de aplicaciones de la biotecnología verde para el desarrollo de las especies vegetales y arbóreas, así como la producción de bienes a partir de estos.	Menciona aspectos generales de aplicaciones de la biotecnología verde para el desarrollo de las especies vegetales y arbóreas, así como la producción de bienes a partir de estos.	Resalta aspectos específicos de aplicaciones de la biotecnología verde para el desarrollo de las especies vegetales y arbóreas, así como la producción de bienes a partir de estos.	Puntualiza aspectos significativos de aplicaciones de la biotecnología verde para el desarrollo de las especies vegetales y arbóreas, así como la producción de bienes a partir de estos.
<b>Toma de decisiones</b>	Evalúa el impacto económico y social que ha tenido en nuestro país el uso de técnicas de biotecnología verde en la industria agrícola y alimentaria.	Reconoce el impacto económico y social que ha tenido en nuestro país el uso de técnicas de biotecnología verde.	Emite criterios sobre el impacto económico y social que ha tenido en nuestro país el uso de técnicas de biotecnología verde.	Detalla aspectos significativos sobre el impacto económico y social que ha tenido en nuestro país el uso de técnicas de biotecnología verde.

Aplicación: actividad “preparación de compost y biopesticida” → Habilidad: **Aprender a aprender**.

Indicador (Pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Planificación</b>	Propone el uso de técnicas relacionadas a la Biotecnología verde en procesos caseros como la preparación de compost o biopesticidas para el mejoramiento de cultivos.	Cita información sobre el uso de técnicas relacionadas a la Biotecnología verde en procesos caseros como la preparación de compost o biopesticidas para el mejoramiento de cultivos.	Destaca información sobre el uso de técnicas relacionadas a la Biotecnología verde en procesos caseros como la preparación de compost o biopesticidas para el mejoramiento de cultivos.	Detalla aspectos relevantes sobre el uso de técnicas relacionadas a la Biotecnología verde en procesos caseros como la preparación de compost o biopesticidas para el mejoramiento de cultivos.
<b>Autorregulación</b>	Pone en práctica la aplicación de experiencias que requieren el uso de técnicas biotecnológicas como la preparación de compost y biopesticidas.	Indica aspectos básicos de las actividades a realizar relacionadas con biotecnología como la preparación de compost y biopesticidas.	Alude de forma general las acciones propuestas relacionadas con biotecnología la preparación de compost y biopesticidas.	Efectúa las acciones propuestas relacionadas con biotecnología como la preparación de compost y biopesticidas.
<b>Evaluación</b>	Evalúa los beneficios que tiene el uso de productos como el compost casero y los biopesticidas para el medio ambiente y la agricultura.	Caracteriza de forma general los beneficios que tiene el uso de productos como el compost casero y los biopesticidas para el medio ambiente y la agricultura.	Destaca la importancia del uso de productos como el compost casero y los biopesticidas para el medio ambiente y la agricultura.	Emite criterios de calidad sobre la importancia del uso de productos como el compost casero y los biopesticidas para el medio ambiente y la agricultura.

## Anexo 1. “Creando compost en el colegio” – Biotecnología verde

# COMPOSTAJE

Conociendo más sobre esta técnica.

### ¿En qué consiste?

Es la transformación de la materia natural en abono, que es realizado por organismos descomponedores. Para que estos organismos puedan realizar su función es necesario que se den óptimas condiciones de humedad, temperatura y oxigenación.

# 1



### Biocompost

Las plantas no pueden tomar los minerales del suelo directamente. Para ello necesitan que los organismos transformen las sustancias que no son capaces de absorber convirtiéndolas en asimilables.



# 2

### ¿De donde viene?

El compost es el abono que se obtiene de ese proceso. En nuestro caso los residuos orgánicos que producimos en nuestros hogares son los que van a descomponerse en sustancias orgánicas más simples que darán lugar al compost.

# 3



### Beneficios

# 4

Se consigue un abono de alta calidad, mucho mejor que otros productos contaminantes utilizados.

- Enriquece la estructura del suelo, haciendo más porosos los suelos, mejorando su ventilación y su capacidad de retener agua.
- Aumenta la cantidad de materia orgánica en el suelo y facilita la asimilación de nutrientes para las plantas.
- Contribuye a la reducción de basura en los vertederos y con ello se reduce la contaminación.



FUENTE:

Asociación el enjambre sin Reina, (2014).

# COMPOSICION DEL COMPOST

## ¿ En qué consiste?

Los descomponedores son los organismos encargados de triturar, degradar y digerir las células y las moléculas que componen la materia orgánica para que puedan ser asimiladas por las plantas. Los principales son los microorganismos (bacterias y hongos) aunque también se pueden encontrar pequeños animales (lombrices, cochinillas, babosas e insectos).

La buena calidad del compost se puede medir por la cantidad de vida que se halla en él. Es responsabilidad del encargado mantener las condiciones ambientales favorables para la vida de estos organismos.

Para ello, en el compostaje es importante controlar la proporción de los nutrientes sobre todo del carbono (C) y del nitrógeno (N). El C es utilizado por los microorganismos como fuente de energía y abunda en las partes leñosas de las plantas, como la paja, aserrín y ramas. El N es el elemento necesario para construir sus cuerpos, y predomina en las partes verdes de las plantas, restos de comida, excrementos de animales herbívoros y césped verde, es decir, en los restos que tienen más humedad.

Para que se pueda compostar es necesario que haya entre 25 y 30 veces más C que N. A lo largo del tiempo de compostaje se van controlando estas proporciones a través de los materiales que se introducen en la compostera. También se pueden añadir lombrices de tierra, que colaboran en el proceso.



**FUENTE:**

Asociación el enjambre sin Reina, (2014).

# COMPOSTAJE



## Sabías que...

Los materiales frescos (con abundancia de N) favorecen el aumento de la velocidad de descomposición, pero no generan gran cantidad de producto. Los materiales secos o leñosos (con abundancia de C) sirven para mejorar la aireación y se descomponen más lentamente pero incrementan el volumen del producto final.

## CUANDO ESTA LISTO EL COMPOST Y COMO SE USA

Pasado unos 4-6 meses se retirará el compost de la parte de abajo y con un tamiz se separa el compost de los materiales aún sin descomponer. Estos últimos se devolverán de nuevo a la compostera.

El compost extraído debe descansar al aire libre pero cubierto de la lluvia por al menos 15 días antes de aplicarse como abono, esto para asegurarnos que los organismos que actuaron como descomponedores desaparezcan.

En las huertas se recomienda ir incorporando pequeñas cantidades de compost tanto antes de la siembra como durante el proceso de crecimiento de las hortalizas y frutas.



### FUENTE:

Asociación el enjambre sin reina, (2014).

# PREPARACION Y MANTENIMIENTO

## Aspectos importantes

La compostera es el recipiente diseñado para realizar el compostaje. Está en contacto con la tierra para que puedan pasar los organismos que se encargarán de la descomposición. Posee agujeros para su ventilación y tiene una gran abertura con tapa en la parte superior para introducir los residuos orgánicos. Así estará resguardada de las inclemencias del tiempo y mantendrá humedad.

Para que empiece el proceso de descomposición, se debe colocar en el fondo una capa de 20 cm de espesor de ramas, paja o cualquier material que permita la aireación y la entrada de microorganismos al mismo. Al principio del proceso, los microorganismos consumen unas 30 veces más C que N, por tanto si se quiere que se composte en condiciones óptimas, se debe aportar una mezcla de materiales que mantenga las proporciones deseadas.

Después se introduce una gran variedad de materiales en trozos de un tamaño de 5-10 cm, mezclados en una proporción de 2 partes de materiales frescos por 1 de secos. Así se garantiza una correcta relación de C y N y que haya oxígeno y humedad suficientes. Cuanto más heterógena sea la mezcla mejor se hará el compost. En caso de introducir restos de comida habrá que cubrirlos con material ya en descomposición y hojas, para evitar que atraiga moscas e insectos.

Para obtener un buen compost no se deben poner capas de materiales frescos o secos, sino que es recomendado mezclar bien los distintos materiales, por lo que se debe remover constantemente. Para controlar la humedad se tendrá que observar que el material este húmedo pero no desprenda líquido.



**FUENTE:**  
Asociación el enjambre  
sin reina, (2014).

N



C



N



C

# CUIDADOS NECESARIOS



- Aire: remover la parte superior de la pila de materiales para ventilar y evitar que las capas de restos orgánicos se compacten.

- Humedad: la pila no debe secarse porque los microorganismos necesitan el agua para vivir, desplazarse y alimentarse. Tampoco es bueno que este muy húmeda porque se quedaría sin oxígeno y se pudriría.

- Restos triturados; se incluye restos de pequeño tamaño periódicamente y se remueve lo que se acaba de añadir.

- Temperatura: irá variando según la fase en que se encuentre el proceso de descomposición.

- Fase de descomposición 15°-45°: en la que hay una altísima actividad de los organismos descomponedores, en esta fase comienzan a alimentarse y multiplicarse. La temperatura irá subiendo poco a poco y al paso de los días se notará que el volumen de los materiales desciende. Se agregan materiales según se vayan generando y guardando la proporción de dos partes de materiales frescos por una de secos.

- Fase de maduración 45°-70°: se descompone la materia orgánica más resistente. La actividad de los organismos va disminuyendo lentamente. En esta fase la pila será colonizada por un mundo de microorganismos que ayudarán en la descomposición.

- Fase final inferior a 40°: pasados 4-6 meses la parte inferior de la pila (que es la que lleva más tiempo descomponiéndose) se habrá convertido en una tierra vegetal color marrón oscuro, de textura grumosa y olor parecido a tierra de bosque. Esto es el compost, se saca y se separan los elementos que aún no se han descompuesto totalmente.

FUENTE:

Asociación el enjambre sin reina, (2014).

Anexo 3. “¿Qué puedo compostar?” – Biotecnología verde

**eco**

**¿QUÉ PUEDO COMPOSTAR?**

TODO TROCEADO EN TROZOS DE 5 - 10 CM

**MATERIALES COMPOSTABLES**

**MATERIALES FRESCOS**

«SON MATERIALES RICOS EN AGUA Y SUSTANCIAS NUTRITIVAS COMO NITRÓGENO»

- RESTOS DE VERDURAS Y FRUTAS
- PARTES TIERNAS DE LAS PLANTAS Y CÉSPED
- CÁSCARAS DE HUEVO CHAFADAS
- CÁSCARAS DE FRUTOS SECOS
- ESTIÉRCOL DE ANIMALES HERBÍVOROS
- POSOS DE CAFÉ Y RESTOS DE INFUSIONES

**MATERIALES SECOS**

«ESTÁN COMPUESTOS POR CARBONO»

- HOJAS, HIERBA SECA Y RESTOS DE PODA
- PAJA, VIRUTAS Y SERRÍN
- TAPONES DE CORCHO Y PAPEL DE COCINA
- CENIZAS Y SERRÍN DE MADERA NATURAL
- PAPEL Y CARTÓN «SIN TINTAS Y SIN BLANQUEAR, SIEMPRE QUE ESTÉN MUY TROCEADOS Y EN PEQUEÑAS CANTIDADES»
- PELO Y UÑAS

**NATURAL 100%**

Fuente: Asociación el enjambre sin reina, (2014).

Fuente: Adaptación para la propuesta. Información por Moreno, C y Toledano, M. Asociación en Enjambre sin reina. (2015). Guía de compostaje para familias. Accesado en <https://ecohuertoscolares.eu/sites/default/files/guiacompost2015.pdf>

**Anexo 4.** “Bitácora de observaciones y actividades” – Biotecnología verde

MES 1

Fecha	Grupo	Observación	Actividad



MES 2

Fecha	Grupo	Observación	Actividad



MES 3

Fecha	Grupo	Observación	Actividad

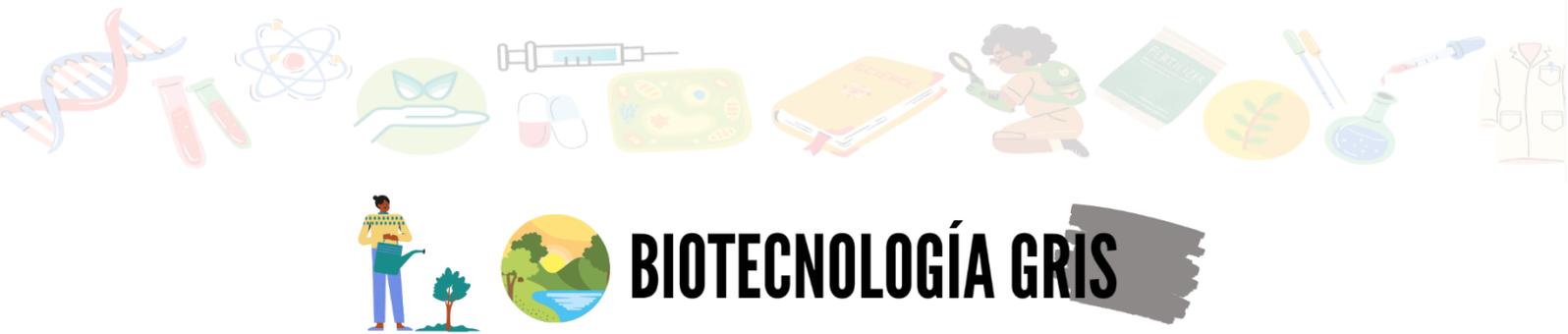


MES 4

Fecha	Grupo	Observación	Actividad



Fuente: Elaboración y diseño propio para la propuesta de módulos de actualización profesional en biotecnología (2021).



# BIOTECNOLOGÍA GRIS

## FUNDAMENTO TEÓRICO

La biotecnología ha ido ganando campo en múltiples áreas y procesos de la vida cotidiana debido a variadas opciones en desarrollo y aplicaciones. La Biotecnología gris (o biotecnología ambiental) según Orozco-Ugarriza (2019), abarca las aplicaciones destinadas a la gestión y eliminación de residuos contaminantes y a la preservación y mantenimiento de la biodiversidad. Por otra parte, como lo indica Martínez (2017), este campo científico es importante, ya que se establece disminuir, corregir o frenar, la degradación ambiental causada por las actividades humanas.

Debido a lo antes mencionado, la Biotecnología gris puede jugar un papel relevante y aportar en los procesos enseñanza-aprendizaje, ya que el estudiantado puede conocer acerca de la búsqueda de soluciones a los conflictos ambientales, que han sido producto de las actividades socioeconómicas. Por ende, la educación ambiental debe corresponder a un pilar fundamental en las políticas curriculares costarricenses.

Por otra parte, respecto a la degradación ambiental, el plástico y los combustibles fósiles son de las principales causas. Se estima que, durante la última década, a nivel mundial, se ha producido la mayor cantidad de plástico de la historia. Aproximadamente se producen 500 mil millones de botellas anuales, de las cuales; la mitad, terminan en la naturaleza, según datos de la organización ambiental Greenpeace (2021). Por lo que se pretende que las personas y administraciones gubernamentales reduzcan el consumo de estos productos, buscando así, una disminución en el impacto en los ecosistemas.

Sobre este tema, Costa Rica no es la excepción. Las autoridades de salud y gobierno han venido implementando una serie de estrategias, como la “Estrategia Nacional para sustituir el consumo de plástico de un solo uso por alternativas renovables y compostables”, formulada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Ministerio de Salud y el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) para tratar de erradicar o disminuir considerablemente el uso de plásticos de un solo uso.

Además, se menciona que *“la estrategia impulsa la sustitución de estos plásticos por materiales renovables no derivados del petróleo y compostables marinos, esto significa que se deben biodegradar en un tiempo no mayor a 6 meses aún en ambiente marino y transformarse en compost, que es la primera etapa en la biodegradación de toda materia orgánica”* (Ministerio de Salud, 2017).

Costa Rica se ha caracterizado a nivel mundial por fijarse metas de carbono neutralidad y producción continua de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Sin embargo, la contaminación por la disposición inadecuada de plásticos y la dependencia de los combustibles fósiles para el transporte, entre otros, siguen afectando nuestro medio ambiente. En el caso de los plásticos, muchos de estos materiales son llevados por una alta cantidad de visitantes a las zonas protegidas del país y al quedar abandonados, causan una alteración al ecosistema y generan daños en la fauna silvestre que se alimenta de ellos. Se estima, de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que la industria de plásticos es la tercera más grande en Costa Rica, además, este es el país centroamericano con mayor exportación de este. Las cifras alcanzan los 15 camiones diarios de plásticos, los cuales son desechados en el mar. De las 550 toneladas de plásticos consumidos diariamente, solo el 9% se logra reciclar, según el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC, 2018).

Por otra parte, otro tema importante a mencionar es la producción energética. En Costa Rica, al final del año 2019, se contaba con un 99% de producción eléctrica limpia (a partir de fuentes renovables), según el Centro Nacional de Control de Energía (CENCE), citado por el Instituto Costarricense de Turismo (ICT, 2020). Sin embargo, a pesar de la lucha por la protección ambiental, preocupa el consumo sostenido de combustibles fósiles, principalmente para movilidad e industria. Se estima que 2019 fue el año en el que más petróleo se ha importado al país, ascendiendo a la suma de 22,2 millones de barriles, de los cuales; aproximadamente 16 millones fueron importados desde EE. UU. Según la Dirección de Comercio Internacional de Hidrocarburos de la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE, 2021). Adicionalmente, el gas licuado de petróleo (GLP) aumentó sus ventas en 6,1% y el búnker bajo azufre en 130,8% para ese mismo año, debido a compras del ICE para generación de energía térmica, según Madrigal (2020).

Debido a lo expuesto anteriormente, se estima que, en Costa Rica, aproximadamente el 20% de consumo de energía es eléctrica, por otra parte, el 60% de energía empleada es

fósil, teniendo así un impacto en el efecto invernadero, ya que el país ha aumentado su contribución de gases de efecto invernadero (GEI). Por lo que sería pertinente buscar, en la Biotecnología gris, alternativas que aporten a la disminución del consumo de combustibles fósiles, y con ello, la disminución en los gases emanados. Una de las alternativas, según el ICE, es la biomasa, en la cual se emplea materia orgánica para la producción de energía, y la cual constituye la primera fuente energética usada por humanos. A partir de ella se pueden producir biocombustibles (como etanol o biodiésel) y gas combustible (biogás).

Salas, Campi, Guillén y Menéndez (2018) aducen que la Biotecnología gris disminuye efectivamente el uso de combustibles fósiles o de mecanismos tradicionales para la gestión de desechos. Esto a causa de que se aprovechan, mediante las técnicas biotecnológicas, organismos para la producción de biocombustible o que sean capaces de alimentarse de los constituyentes químicos de los materiales desechados en actividades humanas. Así mismo, los autores mencionan que la biorremediación constituye una serie de estrategias en auge, mediante la cual, aplicando los principios biotecnológicos se pueden tratar componentes de residuos. Cota-Ruíz et al. (2019), complementan que, la biorremediación, es una estrategia en la que se emplean microorganismos o productos de estos para la transformación, eliminación o reducción de contaminantes en fuentes de agua, suelos o aire, entre otras.

### **Biorremediación**

La Biotecnología gris constituye un área altamente importante para el establecimiento de nuevas tecnologías que permitan el reparo o la reducción de los daños causados por el hombre al medio ambiente. En este ámbito, se puede pretender la desintoxicación y la descomposición de materiales contaminantes que han sido liberados al entorno o que han quedado acumulados en zonas de actividades industriales, sociales y económicas, en lugar de los medios convencionales de deposición de estos en sitios como botaderos, con la intención de que se vayan descomponiendo muy lentamente. La biorremediación es una opción producto de los avances científicos, mediante la cual se emplean organismos para la restauración de los recursos naturales (Garzón et al., 2017).

Según Islas-García et al. (2016), dentro del proceso de biorremediación se determinan dos métodos mediante los cuales se pueden emplear los organismos biológicos para la recuperación de los componentes ambientales, los cuales son:

1. Bioestimulación: Dicho proceso consiste en el aporte de nutrientes orgánicos e inorgánicos (que pueden ser fertilizantes) dentro de un sistema contaminado, con el objetivo de que los microorganismos autóctonos sean estimulados, se desarrollen y degraden las sustancias nocivas.
2. Bioaumentación: Consiste en suministrar cepas de microorganismos que sean capaces de degradar el contaminante (Fantroussi y Agathos, 2005. Citados por Islas-García et al., 2016).

Algunos tipos de biorremediación son:

### ***Plásticos***

Se ha mencionado anteriormente la problemática actual producto del consumo desmedido de plásticos y la mala gestión de estos desechos. Es por esto por lo que, Sheth, et al. (2019) aportan que múltiples microorganismos o sus productos, como enzimas, pueden influir en la biodegradación del plástico, concluyendo con su asimilación, en el que los microorganismos utilizados metabolizan los residuos, generando agua (H<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Por otra parte, investigadores del Proyecto EnzOx2 trabajan en el desarrollo de compuestos a partir de enzimas oxidativas, como, por ejemplo, diferentes oxidoreductasas fúngicas como peroxigenasas y oxidasas, que posteriormente ayudarán a sustituir sustancias de origen petroquímico que se utilizan, desde hace mucho tiempo, en plásticos (Viñambres, Espada, Martínez y Serrano, 2020).

### ***Tratamiento de aguas residuales***

Cruz (2017) menciona que los tratamientos biológicos en aguas residuales se emplean para que un conjunto de microorganismos, a partir de reacciones catalizadas, degraden materia orgánica en suspensión o disueltas. A dichos organismos degradadores se les llama biomasa y a los contaminantes del agua se le denomina sustrato (que constituye su alimento). Este tratamiento descompone la materia biorgánica, y logra así; la eliminación aproximada del 85% de la misma.



Fuente. Tomado de Proyecto Biosfera. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España.  
<http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/2bachillerato/biotec/contenidos9.htm>

### ***Petróleo***

De los diferentes contaminantes que pueden encontrarse a nivel ambiental, el petróleo y sus derivados son uno de los tipos más comunes. Estos afectan a múltiples organismos, al suelo y fuentes de agua. Debido a su composición química (alcanos y aromáticos), los derrames de hidrocarburos, mayoritariamente diésel, generan altos costos ambientales (Agarry y Latinwo, 2015, y Lécrivain et al., 2018, como se citó en Cota-Ruíz et al., 2019). Mediante los resultados de su experimento, Islas-García et al. (2016) afirman que hay microorganismos capaces de generar una disminución de hidrocarburos como el diésel, tal es el caso de bacterias del género *Bacillus* y hongos del género *Meyerozyma*, que se determinó pueden degradar adecuadamente dichas sustancias mediante la bioestimulación.

### ***Biominería***

Por otra parte, Garzón et al. (2017) también hacen referencia a la utilidad de microorganismos en procesos de minería en países como Chile, India o Australia; de los cuales se extrae gran parte del oro y cobre a nivel mundial. En estos procesos, los microorganismos se emplean para la desintoxicación de efluentes y suelen ser, según se indica, de menor costo que los métodos tradicionales. Sin embargo, el beneficio aportado por estos seres vivos dependerá de múltiples factores químico-físicos como la concentración de contaminantes, el pH, entre otros.



- 1- Actividad focalización: “La ruta del plástico” es una actividad que promueve el consumo responsable de productos plásticos, a la vez que genera conciencia sobre la importancia del cuidado del medio ambiente, por lo que promueve la habilidad denominada *pensamiento sistémico*.
- 2- Actividad exploración: “Biotecnología y medio ambiente”. Dicha actividad plantea que, a partir de abstraer información de un contexto según el ámbito de estudio, se desarrolle el *pensamiento crítico y colaboración*.
- 3- Actividad contrastación: “Análisis de resultados sobre biorremediación”. Se promueve el desarrollo del *pensamiento crítico* y la *comunicación* en el estudiante a partir del análisis de información real obtenida de procesos de investigación.
- 4- Actividad aplicación: Experiencia práctica “Biorremediación de aguas mediante el uso de plantas acuáticas (Fitorremediación).” A partir de dicha experiencia, se fomenta en el estudiante el desarrollo del *aprender a aprender*.

## Habilidades por desarrollar

Habilidad y su definición	Indicador (pautas para el desarrollo de la habilidad)
<b>Pensamiento crítico</b> Habilidad para mejorar la calidad de pensamiento y apropiarse de las estructuras cognitivas aceptadas universalmente.	Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales ( <b>razonamiento efectivo</b> ).
	Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros ( <b>argumentación</b> ).
	Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pros y contras de diversos puntos de vista ( <b>toma de decisiones</b> ).
<b>Aprender a aprender</b> Resolución de problemas capacidad de conocer, organizar y autorregular el propio proceso de aprendizaje.	Planifica sus estrategias de aprendizaje desde el autoconocimiento y la naturaleza y contexto de las tareas por realizar ( <b>planificación</b> ).
	Desarrolla autonomía en las tareas que debe realizar para alcanzar los propósitos que se ha propuesto ( <b>autorregulación</b> ).
	Determina que lo importante no es la respuesta correcta, sino aumentar la comprensión de algo paso a paso ( <b>evaluación</b> ).
<b>Pensamiento sistémico</b> Habilidad para ver el todo y las partes, así como las conexiones que permiten la construcción de sentido de acuerdo con el contexto.	Compara patrones detectados entre datos, hechos o acciones en diversos contextos ( <b>patrones dentro del sistema</b> ).
	Descubre relaciones de causalidad entre los datos, hechos o acciones en contextos complejos ( <b>causalidad entre los componentes del sistema</b> ).
	Plantea nuevas relaciones entre los componentes, las partes o las etapas presentes en un sistema ( <b>modificación y mejoras del sistema</b> ).
<b>Colaboración.</b> Habilidad de trabajar de forma efectiva con otras personas para alcanzar un objetivo común, articulando los esfuerzos propios con los de los demás.	Interactúa de manera asertiva con los demás, considerando las fortalezas y las debilidades de cada uno para lograr la cohesión de grupo ( <b>sentido de pertenencia</b> ).
	Negocia con otros para llegar a un acuerdo común, a partir de diferentes criterios o posiciones ( <b>toma de perspectiva</b> ).
	Proporciona apoyo constante para alcanzar las metas del grupo, de acuerdo con el desarrollo de las actividades ( <b>integración social</b> ).
<b>Comunicación</b> Aspiración de una vida digna donde la relación de los seres humanos con la Tierra procure un desarrollo integral y la consecución de proyectos personales.	Interpreta diferentes tipos de mensajes visuales y orales de complejidad diversa, tanto en su forma como en sus contenidos ( <b>decodificación</b> ).
	Descifra valores, conocimientos actitudes e intenciones en las diversas formas de comunicación, considerando su contexto ( <b>comprensión</b> ).
	Crea, a través del código oral y escrito, diversas obras de expresión con valores estéticos y literarios, respetando los cánones gramaticales ( <b>transmisión efectiva</b> ).

*Nota.* Habilidades, definiciones y los respectivos indicadores son tomados de la Transformación curricular: Fundamentos conceptuales en el marco de la visión “Educar para una Nueva Ciudadanía” del MEP (2016) de acuerdo con las habilidades a desarrollar en las plantillas de planeamiento didáctico (2020).

Planeamiento didáctico

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Compara patrones detectados entre datos, hechos o acciones en diversos contextos (<b>patrones dentro del sistema</b>).</p> <p>Descubre relaciones de causalidad entre los datos, hechos o acciones en contextos complejos (<b>causalidad entre los componentes del sistema</b>).</p> <p>Plantea nuevas relaciones entre los componentes, las partes o las etapas presentes en un sistema (<b>modificación y mejoras del sistema</b>).</p>	<p>Explicar la importancia e implicaciones del empleo de técnicas biotecnológicas, como mecanismos alternativos para la gestión de desechos, en pro del medio ambiente.</p>	<p>Compara los principales aspectos sobre los plásticos y los procesos biotecnológicos para la gestión de estos productos de manera sostenible.</p> <p>Toma conciencia sobre la importancia del adecuado manejo de productos de desecho y sobre el uso de organismos en aplicaciones de la Biotecnología gris para la gestión de estos y el cuidado de medio ambiente.</p> <p>Plantea nuevas relaciones, a partir de los procesos desarrollados, sobre la efectividad de las técnicas biotecnológicas y los procesos de sostenibilidad ambiental</p>	<p><b>Actividad de Focalización</b> <b><u>“La ruta del plástico”</u></b></p> <p>El docente facilitará el siguiente enlace al recurso digital “la ruta del plástico”: <a href="https://rb.gy/ktxvzj">https://rb.gy/ktxvzj</a>. Se debe ver y leer con detenimiento la secuencia de información incorporada dentro del sitio.</p> <p>Posteriormente, el docente asignará aleatoriamente uno de los artículos que se recomiendan sobre degradación de plásticos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <a href="https://tinyurl.com/aplic-biotec">https://tinyurl.com/aplic-biotec</a></li> <li>2. <a href="https://tinyurl.com/aislam-microorg">https://tinyurl.com/aislam-microorg</a></li> </ol> <p>El docente entrega una cartulina a cada subgrupo (en caso de que se cuente con el recurso tecnológico, se puede emplear la plataforma Padlet <a href="https://es.padlet.com/">https://es.padlet.com/</a>), los estudiantes leen el artículo correspondiente y extraen información que consideren relevante con la que completan una plantilla contemplando los siguientes aspectos:</p> <p>(1) Problema detectado. (2) Solución ofrecida en la investigación. (3) Técnicas empleadas. (4) Organismos usados. (5) Ventajas y (6) Desventajas.</p> <p>Se le solicita a cada equipo que nombren a un relator que expondrá a los compañeros lo trabajado al seno del equipo.</p>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales (<b>razonamiento efectivo</b>).</p> <p>Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros (<b>argumentación</b>).</p> <p>Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pros y contras de diversos puntos de vista (<b>toma de decisiones</b>).</p> <p>Interactúa de manera asertiva con los demás, considerando las fortalezas y las debilidades de cada quien para lograr la cohesión de grupo (<b>sentido de pertenencia</b>).</p> <p>Negocia con otros para llegar a un acuerdo común, a partir de diferentes criterios o posiciones (<b>toma perspectiva</b>).</p> <p>Proporciona apoyo constante para alcanzar las metas del grupo, de acuerdo con el desarrollo de las actividades (<b>integración social</b>).</p>	<p>Analizar los aspectos fundamentales de la Biotecnología gris y sus aplicaciones en la adecuada gestión y conservación del medio ambiente.</p>	<p>Representa los principales aspectos de los diversos conceptos y procesos empleados en Biotecnología gris para la gestión ambiental y la mejora en la calidad de vida.</p> <p>Toma conciencia sobre la importancia de los conceptos y técnicas en aplicaciones de la Biotecnología gris para la adecuada gestión de los recursos ambientales.</p> <p>Valora los procesos desarrollados como parte de la adquisición conocimientos sobre conceptos y técnicas biotecnológicas y el uso de estos en el reparo ambiental.</p> <p>Contribuye al trabajo en equipo aportando ideas sobre Biotecnología gris y su importancia en el mejoramiento de la calidad ambiental y su incidencia en la vida humana.</p> <p>Contribuye a la generación de los criterios propuestos por el grupo sobre las técnicas de Biotecnología gris y conceptos vinculados a estas, basado en el respeto a la opinión de los demás.</p> <p>Emplea aportes de todas las personas en el grupo para la búsqueda y exposición de información sobre principios, hechos o fenómenos sobre la Biotecnología gris y la protección del medio ambiente.</p>	<p><b><i>Aplicación de Exploración “Biotecnología y medio ambiente”</i></b></p> <p>Se debe asignar, por parte del docente facilitador, el material sobre aplicaciones biotecnológicas para la protección del medio ambiente adjunto en el anexo 1 “biotecnología y medio ambiente”.</p> <p>El docente solicita a los educandos que realicen la lectura del material que se les suministró y que subrayan y retomen los conceptos y definiciones que consideren los más importantes. Luego, los estudiantes elaborarán un glosario en su cuaderno o en la herramienta Padlet (<a href="https://es.padlet.com/">https://es.padlet.com/</a>) (en caso de contar con acceso al recurso). En el cual se van a contemplar los conceptos y definiciones más importantes de la lectura anterior.</p> <p>Posteriormente, el docente va a mostrar a los educandos 4 parejas de palabras. Los estudiantes leerán ambas palabras de cada par, y a partir de la información recopilada en la lectura y del glosario previamente elaborado, redactarán la diferencia entre dichos conceptos, los cuales están relacionados con Biotecnología gris.</p> <p>Además, una vez realizada la actividad anterior, nuevamente el docente le brindará al estudiantado otros tres grupos de palabras que están relacionadas entre sí y vinculadas a la Biotecnología gris. Para cada grupo de palabras, los estudiantes escribirán un párrafo de máximo 8 líneas, en los que se describa la relación entre dichos conceptos. Se debe generar un párrafo por cada grupo de palabras.</p> <p>Para finalizar, el docente selecciona un estudiante al azar por cada conjunto de palabras, para que este describa la diferencia entre los términos o para comentar la producción textual realizada.</p>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Evalúa los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales (<b>razonamiento efectivo</b>).</p> <p>Fundamenta su pensamiento con precisión, evidencia enunciados, gráficas y preguntas, entre otros (<b>argumentación</b>).</p> <p>Infiere los argumentos y las ideas principales, así como los pros y contra de diversos puntos de vista (<b>toma de decisiones</b>).</p> <p>Interpreta diferentes tipos de mensajes visuales y orales de complejidad diversa, tanto en su forma como en sus contenidos (<b>decodificación</b>).</p> <p>Descifra valores, conocimientos actitudes e intenciones en las diversas formas de comunicación, considerando su contexto (<b>comprensión</b>).</p> <p>Crea, a través del código oral y escrito, diversas obras de expresión con valores estéticos y literarios, respetando los cánones gramaticales (<b>trasmisión efectiva</b>).</p>	<p>Interpretar los datos obtenidos sobre aplicaciones biotecnológicas, como métodos alternativos en la gestión de desechos y la recuperación de recursos naturales.</p>	<p>Describe la importancia que tiene la Biotecnología gris en el mejoramiento de la calidad del ambiente y el desarrollo sostenible.</p> <p>Justifica la aplicación de técnicas relacionadas con Biotecnología gris para el mejoramiento de los recursos naturales y con ello la calidad de vida de los seres humanos.</p> <p>Justifica pros y contras de la implementación de técnicas de Biotecnología gris para el mejoramiento de la calidad ambiental y, por ende, de la calidad de vida humana.</p> <p>Examina el contenido de cuadros, gráficos u otros recursos en el campo de la Biotecnología gris, con énfasis en sus aplicaciones e implicaciones.</p> <p>Evalúa el contenido de un texto referido a información de lo esencial y lo característico acerca de las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología gris.</p> <p>Transmite, de forma efectiva, los hallazgos acerca de las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología gris en el desarrollo de actividades humanas.</p>	<p><b>Actividad de Contrastación</b> <b><u>“Análisis de resultados sobre biorremediación”</u></b></p> <p>El docente facilita a los subgrupos de trabajo las tablas de información sobre resultados de estudios científicos en aplicaciones biotecnológicas para la protección del medio ambiente, adjuntas en el anexo 2 “datos de resultados sobre biorremediación”.</p> <p>Cada subgrupo analiza la información presentada. Extraen los aspectos relevantes y generan, con los datos, gráficas donde se representen dichos resultados.</p> <p>Los estudiantes contestan las siguientes preguntas generadoras:</p> <p>¿Cuáles cambios muestra la información sobre procesos de biorremediación? ¿Es recomendable o útil emplear dichos tratamientos? ¿Cuáles conclusiones se pueden determinar a partir de la información correspondiente, respecto a la eficiencia de los tratamientos?</p> <p>La información se comparte con el grupo, se expresan las diferentes opiniones, respetando las de los demás, y se generan nuevos criterios sobre la importancia de la Biotecnología gris en procesos ambientales.</p>

Aprendizaje esperado		Indicadores del aprendizaje esperado	Estrategias de mediación (sugerencias)
Indicador para el desarrollo de la habilidad	Criterio de evaluación		
<p>Planifica sus estrategias de aprendizaje desde el autoconocimiento y la naturaleza y contexto de las tareas por realizar (<b>planificación</b>).</p> <p>Desarrolla autonomía en las tareas que debe realizar para alcanzar los propósitos que se ha propuesto (<b>autorregulación</b>).</p> <p>Determina que lo importante no es la respuesta correcta, sino aumentar la comprensión de algo paso a paso (<b>evaluación</b>).</p>	<p>Formular explicaciones sobre la importancia e implicaciones de la Biotecnología gris en procesos de recuperación de daños al medio ambiente para la mejora de la calidad de vida.</p>	<p>Establece pautas para la búsqueda de información sobre procesos biotecnológicos en el ámbito ambiental, de forma que se adquieran técnicas y aprendizajes para el cuidado de medio ambiente y la mejora de la calidad de vida.</p> <p>Determina técnicas biotecnológicas y su importancia como tratamientos alternativos a la problemática de la contaminación ambiental.</p> <p>Evalúa los beneficios y riesgos que tiene el uso de productos o procesos biotecnológicos, para el tratamiento de la contaminación del ambiente y con ello, mejorar la calidad de vida.</p>	<p><b>Actividad de Aplicación</b> <b><u>“Encuentra el punto de contaminación”</u></b></p> <p>La persona docente determina si se trabaja de forma individual o grupal. Además, realiza la asignación a los estudiantes de la imagen adjunta en el anexo 3 “ilustración: encuentra el punto de contaminación” la cual hace referencia sobre la problemática de contaminación ambiental.</p> <p>A partir de la imagen, se les solicita a los educandos que analicen los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agentes contaminantes presentes.</li> <li>• Causas de la contaminación.</li> <li>• Acciones que permiten mitigar el problema.</li> <li>• Técnicas biotecnológicas que pueden ser empleadas para mitigar o remediar el problema.</li> </ul> <p>Para esto, se les solicita a los estudiantes que organicen la información utilizando una tabla para tener orden en las ideas y que ellos mismos puedan determinar la importancia de las técnicas biotecnológicas en la preservación de los recursos naturales. Al finalizar la actividad, se genera un espacio de discusión, donde los estudiantes expongan sus puntos de vista y la importancia de la biotecnología como nueva estrategia para la gestión de desechos y la remediación de daños ambientales. La persona docente realimenta los aportes de los estudiantes.</p> <p>La persona docente comparte con sus estudiantes el recurso audiovisual titulado “¿La biotecnología es mala?” (<a href="https://youtu.be/julb3EJ3I1k">https://youtu.be/julb3EJ3I1k</a>).</p> <p>Se les solicita a los estudiantes que realicen un recurso informativo (brochure, infografía, video, entre otros) utilizando Padlet (<a href="https://es.padlet.com/">https://es.padlet.com/</a>) u otra herramienta digital considerando los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de biotecnología y ciencias relacionadas.</li> <li>• Tipos de biotecnología.</li> <li>• Aplicaciones biotecnológicas, organismos utilizados y beneficios obtenidos.</li> <li>• Importancia del desarrollo de investigación en áreas biotecnológicas.</li> </ul>



## MATERIALES NECESARIOS



Computadoras, celulares o dispositivos con los que pueda conectarse a internet.

Cartulinas, hojas o papel periódico.

Material digital o impreso que se adjunta en las descripciones de las actividades.



## DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD



### Parte I. Focalización.

La actividad propuesta plantea la estimulación del *pensamiento sistémico* en la persona estudiante, la cual forma parte del medio ambiente, y que se ve afectado por la contaminación de plásticos.

### La ruta del plástico

Materiales:

- Para la siguiente actividad se necesita un dispositivo con acceso a internet.
- Los enlaces descritos más adelante sobre recurso audiovisual y artículos científicos (pueden brindarse de forma digital o impresa).
- Una hoja de cartulina para cada grupo (en caso de la actividad presencial), si la actividad se desarrolla de forma virtual, el facilitador comparte la plantilla a completar de manera digital.

Procedimiento:

1. La persona docente va a solicitar que el grupo se divida en subgrupos (la distribución de los subgrupos queda a discreción del facilitador, de acuerdo con las particularidades del grupo con el que se esté trabajando). Una vez conformados los equipos de trabajo, el o la docente facilitadora comparte con los estudiantes el recurso audiovisual llamado “la ruta del plástico” (El recurso puede ser proyectado por el docente de forma simultánea para todos los estudiantes con el fin de ir narrando el recurso y aportando comentarios sobre el tema desarrollado, o por el contrario, si los subgrupos cuentan con recursos tecnológicos independientes, el docente puede

compartir el enlace a cada subgrupo para que estos desarrollen la organización del trabajo a ejecutar). Este recurso Puede visualizarse desde computadora, celular o tableta e incluye un mapa interactivo de la vida del plástico, desde su formación hasta su desecho. Los íconos  y  incluyen material para su revisión como videos e infografías. El enlace para acceder al recurso es:

❖ La ruta del plástico (recurso audiovisual): <https://rb.gy/ktxvzi>

2. Una vez que los estudiantes hayan concluido la visualización del recurso anterior, se les asigna la lectura de los siguientes artículos científicos (solamente un artículo por grupo, los artículos se repiten en diferentes grupos):

2.1. “Aplicaciones biotecnológicas a la degradación de residuos plásticos”  
recuperado de: <https://tinyurl.com/aplic-biotec>

2.2. “Aislamiento de microorganismos con potencial biodegradativo sobre materiales plásticos del lixiviado del relleno sanitario de la ciudad de Santa Fe”  
recuperado de: <https://tinyurl.com/aislam-microorg>

La persona docente entrega un fragmento de cartulina a cada grupo. Con la información de los artículos científicos antes enumerados, que les fue asignado, los subgrupos deben completar la siguiente plantilla (si el subgrupo cuenta con acceso a recursos tecnológicos, se puede desarrollar la plantilla en la plataforma Padlet (<https://es.padlet.com/>)):

Problema	Solución ofrecida por los investigadores	Técnicas utilizadas para resolver el problema	Organismos utilizados	Ventajas del procedimiento	Desventajas del procedimiento (en caso de haber)



Este es un recordatorio de que debemos cuidar el medio ambiente.

Se le solicita a cada equipo que nombren a un relator, el cual expondrá a los demás compañeros, el trabajo realizado en el seno del equipo.

## Parte II. Exploración.

La actividad y metodología planteada propone que se desarrolle la habilidad del *pensamiento crítico y colaboración*, abstrayendo información de casos concretos en Biotecnología gris, respetando y colaborando con los demás.

### **Biotecnología y medio ambiente.**

Esta actividad pretende que el estudiantado, a través de la lectura de información, conozca, comprenda y asimile diferentes conceptos, cuyo significado es necesario entender en el marco del desarrollo de técnicas biotecnológicas en el campo ambiental, para la recuperación y restauración de fuentes de recursos naturales como lagos, mares, bosques, entre otros.

Para el desarrollo de esta actividad, el o la docente facilitadora asigna la lectura sobre biotecnología y medio ambiente (anexo 1 “biotecnología y medio ambiente”). La asignación puede realizarse de forma individual o grupal y de manera digital o en forma física (dependerá de las condiciones particulares de cada grupo). Los estudiantes realizan la lectura con detenimiento, subrayan las ideas más importantes de la lectura y los conceptos que no se conozcan. Con base en esos conceptos desconocidos, los estudiantes generarán un glosario en sus cuadernos (o puede desarrollarse de forma digital en la herramienta Padlet (<https://es.padlet.com/>), en caso de contar con acceso a la plataforma) de forma que se definan todos los términos identificados.

Una vez finalizada la lectura y realizado el glosario, la persona docente va a suministrar a los estudiantes las siguientes parejas de palabras vinculadas a la Biotecnología gris:

tóxico - inocuo
recalcitrante - biodegradable
degradación química - degradación biológica
remediación in situ - ex situ

Se les solicita a los estudiantes que generen, a partir de la lectura previamente suministrada y del glosario elaborado, la diferenciación de cada una de las parejas de palabras, con el objetivo de fortalecer las definiciones y vincular conceptos con el campo de la Biotecnología gris.

Posteriormente, una vez realizada la actividad anterior, la persona docente va a suministrar a los estudiantes tres grupos de palabras vinculadas a aplicaciones o técnicas de la Biotecnología gris, los cuales se detallan a continuación:

Remediación - Biorremediación - Fitorremediación

Biorremediación - Ingeniería genética

Biorremediación - Bioestimulación - Bioaumentación

Se les indica a los estudiantes que redactarán un texto breve (que no exceda las 8 líneas) en el cual deben describir la relación entre los conceptos que se presentan en cada grupo de palabras. Corresponde a un párrafo por cada grupo de palabras, con la intención de que el estudiante sintetice, en párrafos pequeños, los conceptos y definiciones importantes en el área de la biotecnología gris. No es permitido copiar el texto de la lectura. Los párrafos redactados deben ser creados por cada estudiante según su entendimiento. Es permitido que la relación se haga mediante ejemplos, lo que ayuda al estudiante a contextualizar la información en técnicas actuales para la gestión y recuperación de los recursos naturales.

Una vez finalizadas actividades de exploración, la persona docente seleccionará, de forma aleatoria; a un estudiante para cada grupo de palabras de las actividades anteriores. El estudiante comentará a la clase, ya sea; la diferenciación entre los conceptos y bien, el párrafo redactado sobre la relación de términos biotecnológicos.

### **Parte III. Contrastación.**

A través del análisis de información, se prevé que se estimule en el estudiante la habilidad de *pensamiento crítico* como mecanismos para que el estudiante, a partir de dicha información, razone críticamente y origine argumentos para reforzar sus decisiones.

### **Análisis de resultados sobre biorremediación**

La persona docente decide cómo trabajar esta actividad de acuerdo con los recursos y la cantidad de estudiantes, entre otros factores de la institución y el grupo a cargo.

Se puede desarrollar de manera grupal, contemplando la opinión de los miembros del grupo o se puede dividir el grupo en subgrupos (la distribución de los equipos queda a criterio del docente, de acuerdo con las particularidades del grupo a trabajar).

El o la docente facilitadora distribuye el material adjunto en el anexo 2 “datos de resultados sobre biorremediación” a cada subgrupo, de manera impresa o digital, o bien, las proyecta digitalmente para el grupo completo (se pueden distribuir de manera aleatoria uno por subgrupo, de manera que algunos grupos repiten el mismo caso o el docente facilitador puede determinar con cual información trabajar).

Se les solicita a los estudiantes analizar la información presentada en el material suministrado, la cual corresponde a datos reales generados a partir de estudios científicos de biorremediación en diferentes áreas naturales.

A partir de dicha información, la persona docente indica a los estudiantes que generen un tipo de representación gráfica, en la que se muestren los datos suministrados. Para dicha representación, se les solicita que tomen en cuenta las concentraciones de contaminantes antes y después del tratamiento.

Una vez que se realicen las representaciones gráficas, se les pide a los estudiantes que propongan algunos análisis de las mismas, para lo cual se tome en cuenta las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles cambios muestra la información sobre procesos de biorremediación?
- ¿Es recomendable o útil emplear dichos tratamientos?
- ¿Cuáles conclusiones se pueden determinar a partir de la información correspondiente, respecto a la eficiencia de los tratamientos?

Los resultados encontrados y su análisis se comparten con el grupo, el docente puede seleccionar algunos equipos y brindar 3 minutos a cada uno para la puesta en común y construcción de criterios en consenso.

#### **Parte IV. Aplicación.**

Con el desarrollo de experiencias prácticas, se fomenta en el estudiantado la habilidad de *aprender a aprender*, ya que él será responsable de su autorregulación y planificación.

## Encuentra el punto de contaminación.

El docente facilitador va a mostrar a los estudiantes la ilustración que se adjunta en el anexo 12 (dicha dinámica puede realizarse de forma individual o en grupos de pares con la intención de reforzar aspectos de comunicación y colaboración en los educandos, dependerá de las características particulares de cada grupo de trabajo. Además, la asignación de la imagen puede realizarse de forma impresa o digital a cada persona/subgrupo, de igual forma, dependiendo de las condiciones de conectividad de cada grupo, o el docente puede proyectarlo al grupo general).

Cada estudiante/subgrupo va a observar con detenimiento la imagen y, posteriormente, van a determinar la mayor cantidad posible de causas de la contaminación de los recursos naturales (de acuerdo con la dinámica determinada de trabajo, cada estudiante o subgrupo puede generar una lluvia de ideas o listado de causas en sus cuadernos o el docente en la pizarra). Además, luego, el docente preguntará sobre posibles formas de evitar la contaminación y alternativas biotecnológicas para reparar los daños ambientales ya provocados (puede sugerir técnicas relacionadas con las diferentes categorías de biotecnología trabajadas en los módulos y materiales). Puede ordenarse la información en una tabla como se sugiere a continuación para generar más orden y linealidad en las respuestas de los estudiantes (se muestra un ejemplo):

Agentes contaminantes presentes	Causas de la contaminación	Acciones que permitan mitigar el problema	Técnicas biotecnológicas para mitigar o remediar
Combustibles fósiles. Derivados de petróleo	Derrames del motor. Vertidos humanos en suelo y aguas	Almacenarlo y llevarlos a lugares de acopio. Reciclarlo.	Bioaumentación: biorremediación de hidrocarburos con hongos, bacterias.



Este es un recordatorio de que debemos cuidar el medio ambiente.

El docente facilitador puede disponer de claves para facilitar la búsqueda de causas:

1. Lavar el coche con detergente, arreglar el coche – cambio de aceite y vertido de los productos.

2. Arrojar el agua de los cubos con detergente directamente al suelo. Lavar en los ríos o lagos.
3. Utilizar muchos fertilizantes (productos químicos) en la agricultura.
4. Industria que realice vertidos de aguas sin depurar (contaminadas) hasta un arroyo.
5. La cantera de una actividad minera donde el agua de escorrentía llegue hasta un arroyo (agua con muchos sedimentos y metales).
6. Basura en lotes baldíos, botaderos o cuerpos de agua.
7. Desagües de las casas directo a terrenos y cuerpos de agua.

El docente brinda un espacio de 10 minutos para la puesta en común de la información recopilada o generar realimentación.

Para finalizar el docente consulta:

- ¿Cuáles son ventajas de emplear procesos biotecnológicos para el tratamiento de la contaminación ambiental?
- ¿Es recomendable continuar con los métodos tradicionales de gestión de desechos o es necesario investigar sobre nuevas técnicas biotecnológicas que nos ayuden a gestionar los residuos y a remediar el impacto ambiental, por qué?
- Según las actividades desarrolladas en este apartado y la información obtenida ¿cuál considera usted, es la técnica biotecnológica más recomendada para tratar o remediar problemáticas ambientales?

Para finalizar, el docente comparte con sus estudiantes el recurso audiovisual titulado “¿La biotecnología es mala?” (<https://youtu.be/julb3EJ3I1k>). Con el objetivo de reforzar la información y las actividades realizadas en este módulo, se les solicita a los estudiantes que realicen un recurso informativo (brochure, infografía, video, entre otros) utilizando Padlet (<https://es.padlet.com/>) u otra herramienta digital considerando los siguientes elementos:

- Definición de biotecnología y ciencias relacionadas.
- Tipos de biotecnología.
- Aplicaciones biotecnológicas, organismos utilizados y beneficios obtenidos.
- Importancia del desarrollo de investigación en áreas biotecnológicas.



# CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Focalización: actividad “la ruta del plástico” → Habilidad: **Pensamiento sistémico**

Indicador (pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Patrones dentro del sistema</b>	Compara los principales aspectos sobre los plásticos y los procesos biotecnológicos para la gestión de estos productos de manera sostenible.	Menciona aspectos básicos de los plásticos y los procesos usados en Biotecnología gris como alternativa para su gestión.	Infiere, de manera general, que existen alternativas sostenibles en la Biotecnología gris para la gestión de desechos.	Investiga aspectos relevantes sobre los organismos empleados y los procesos alternativos de la Biotecnología gris para la gestión de desechos plásticos.
<b>Causalidad entre los componentes del sistema</b>	Toma conciencia sobre la importancia del adecuado manejo de productos de desecho y sobre el uso de organismos en aplicaciones de la Biotecnología gris para la gestión de estos y el cuidado del medio ambiente.	Menciona generalidades sobre procesos de gestión de plásticos con organismos como estrategia sostenible para el cuidado del medio ambiente.	Resalta aspectos importantes sobre el uso de organismos de manera sostenible para la gestión de desechos plásticos y su adecuado manejo.	Toma conciencia sobre la importancia de la adecuada gestión de desechos y del uso de organismos como alternativa sostenible para su gestión.
<b>Modificación y mejoras del sistema</b>	Plantea nuevas relaciones, a partir de los procesos desarrollados, sobre la efectividad de las técnicas biotecnológicas y los procesos de sostenibilidad ambiental.	Reconoce que los procesos desarrollados facilitan la gestión de desechos y que los organismos son importantes para el desarrollo de procesos biotecnológicos.	Resalta aspectos positivos y negativos sobre los procesos desarrollados como herramienta para gestionar desechos mediante procesos biotecnológicos.	Concluye la efectividad e importancia de implementar técnicas biotecnológicas como medida sostenible para la gestión de desechos.

Exploración: actividad “biotecnología y medio ambiente” → Habilidades: **Pensamiento crítico** y **colaboración**

Indicador (pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Razonamiento efectivo</b>	Representa los principales aspectos de los diversos conceptos y procesos empleados en Biotecnología gris para la gestión ambiental y la mejora en la calidad de vida.	Recuerda los principales conceptos empleados en Biotecnología gris para el mejoramiento de espacios ambientales para la mejora en la calidad de vida.	Define la terminología vinculada a la biotecnología gris, como métodos sostenibles para la recuperación del medio ambiente	Representa aspectos relevantes sobre los conceptos y técnicas vinculadas con la Biotecnología gris, como métodos para la recuperación del medio ambiente.
<b>Argumentación</b>	Toma conciencia sobre la importancia de los conceptos y técnicas en aplicaciones de la Biotecnología gris para la adecuada gestión de los recursos ambientales.	Distingue conceptos y técnicas vinculadas a la Biotecnología gris, como alternativas para la recuperación del medio ambiente y su adecuada gestión.	Resalta aspectos específicos de los conceptos y técnicas estudiadas, vinculadas con la Biotecnología gris, como mecanismos de preservación ambiental.	Toma conciencia sobre la importancia de conceptos y técnicas en aplicaciones de la Biotecnología gris para recuperar el medio ambiente.
<b>Toma de decisiones</b>	Valora los procesos desarrollados como parte de la adquisición conocimientos sobre conceptos y técnicas biotecnológicas y el uso de estos en el reparo ambiental.	Reconoce que los procesos desarrollados facilitan la comprensión de la terminología y técnicas importantes para procesos biotecnológicos en el ámbito ambiental.	Resalta aspectos positivos y negativos sobre los procesos desarrollados como herramientas para acercarse al desarrollo de procesos biotecnológicos y los conceptos relacionados en el ámbito ambiental.	Valora los procesos desarrollados mediante el uso de terminología y técnicas biotecnológicas, como estrategia para la construcción de conocimientos en el ámbito ambiental.
<b>Sentido de pertenencia</b>	Contribuye al trabajo en equipo aportando ideas sobre Biotecnología gris y su importancia en el mejoramiento de la calidad ambiental y su incidencia en la vida humana.	Anota ideas generales sobre los conceptos relacionados con la Biotecnología gris y su importancia para el mejoramiento de la calidad ambiental y de vida humana.	Distingue las ideas principales de lo aportado por los integrantes del grupo sobre Biotecnología gris y su importancia para la recuperación del medio ambiente.	Emplea con propiedad las ideas esenciales de lo aportado por los integrantes del grupo sobre conceptos y aplicaciones de la Biotecnología gris y su importancia.
<b>Toma perspectiva</b>	Contribuye a la generación de los criterios propuestos por el grupo sobre las técnicas de Biotecnología gris y conceptos vinculados a estas, basado en el respeto a la opinión de los demás.	Relata, a su grupo de pares, su perspectiva sobre la información y las técnicas de Biotecnología gris en la recuperación del medio ambiente	Encuentra similitudes y diferencias entre diversos conceptos propuestos acerca técnicas de Biotecnología gris, siempre respetando los aportes de sus pares.	Contribuye a la formación de criterios en consenso, respetando la opinión de los demás, sobre Biotecnología gris y los conceptos vinculados a las técnicas empleadas en recuperación del ambiente.
<b>Integración social</b>	Emplea aportes de todas las personas en el grupo para la búsqueda y exposición de información sobre principios, hechos o fenómenos sobre la Biotecnología gris y la protección del medio ambiente.	Reconoce su rol como integrante de un equipo de trabajo o comunidad científica que analiza la Biotecnología gris y sus aplicaciones en la protección del medio ambiente.	Resalta aspectos relevantes para alcanzar una posible interpretación sobre los conceptos relacionados a la Biotecnología gris en actividades de gestión ambiental.	Emplea los aportes colectivos en la exposición de información de lo característico acerca de las definiciones relacionados con la Biotecnología gris y la protección del medio ambiente.

Contrastación: actividad “análisis de resultados sobre biorremediación” → Habilidades: **Pensamiento crítico** y **comunicación**

Indicador (Pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Razonamiento efectivo</b>	Describe la importancia que tiene la Biotecnología gris en el mejoramiento de la calidad del ambiente y el desarrollo sostenible.	Menciona generalidades sobre la importancia de la Biotecnología gris en el mejoramiento de la calidad ambiental y el desarrollo sostenible.	Resalta aspectos específicos sobre la importancia de la Biotecnología gris en el mejoramiento de los recursos ambientales y el desarrollo sostenible.	Describe aspectos significativos sobre la importancia de la Biotecnología gris en el mejoramiento de la calidad del medio ambiente y el desarrollo sostenible.
<b>Argumentación</b>	Justifica la aplicación de técnicas relacionadas con Biotecnología gris para el mejoramiento de los recursos naturales y con ello la calidad de vida de los seres humanos.	Recuerda beneficios del uso de técnicas relacionadas con Biotecnología gris para la recuperación de los recursos naturales a partir de estudios científicos.	Alude los beneficios o implicaciones del uso de técnicas relacionadas con Biotecnología gris para la recuperación de recursos naturales.	Fundamenta los beneficios del uso de técnicas relacionadas con Biotecnología gris para la recuperación de recursos naturales y la mejora en la calidad de vida humana.
<b>Toma de decisiones</b>	Justifica pros y contras de la implementación de técnicas de Biotecnología gris para el mejoramiento de la calidad ambiental y por ende, de la calidad de vida humana.	Anota aspectos básicos sobre la implementación de técnicas de Biotecnología gris para la conservación ambiental.	Relata implicaciones de la implementación de técnicas de Biotecnología gris en procesos de recuperación ambiental.	Justifica criterios sobre ventajas o desventajas el uso o importancia de la Biotecnología gris generados a partir del análisis de información.
<b>Decodificación</b>	Examina el contenido de cuadros, gráficos u otros en el campo de la biotecnología, con énfasis en sus aplicaciones e implicaciones.	Recuerda, a partir de la lectura de textos sobre aplicaciones biotecnológicas, aspectos relacionados con su importancia e implicaciones.	Clasifica las implicaciones, a partir de la lectura de textos sobre aplicaciones biotecnológicas, en aportes o desventajas de dichos procesos industriales.	Examina el contenido de textos sobre aplicaciones biotecnológicas para la toma de conciencia sobre su importancia e implicaciones.
<b>Comprensión</b>	Evalúa el contenido de un texto referido a información de lo esencial y lo característico acerca de las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología gris.	Enumera la información acerca de los aportes, aplicaciones e implicaciones en el campo de la Biotecnología gris para el desarrollo de actividades humanas.	Analiza la información, de diferentes medios (fuentes), acerca de los aportes e implicaciones en el campo de la Biotecnología gris.	Evalúa los criterios acerca de los aportes e implicaciones para el desarrollo de actividades humanas en el campo de la Biotecnología gris.
<b>Transmisión efectiva</b>	Transmite, de forma efectiva, los hallazgos acerca de las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología gris en el desarrollo de actividades humanas.	Menciona ideas simples en formas oral, escrita, plástica y otras, sobre lo esencial y lo característico de la Biotecnología gris, sus aplicaciones e implicaciones.	Usa adecuadamente la terminología científica al referirse a lo esencial y lo característico de la información en textos sobre las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología gris.	Expresa, de manera efectiva, en forma verbal, oral, escrita u otras, los hallazgos acerca de las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología gris en la protección del medio ambiente.

Aplicación: actividad “encuentra el punto de contaminación” → Habilidad: **Aprender a aprender**.

Indicador (Pautas para el desarrollo de la habilidad)	Indicadores del aprendizaje esperado	Nivel de desempeño		
		Inicial	Intermedio	Avanzado
<b>Planificación</b>	Establece pautas para la búsqueda de información sobre procesos biotecnológicos en el ámbito ambiental, de forma que se adquieran técnicas y aprendizajes para el cuidado de medio ambiente y la mejora de la calidad de vida.	Sigue los procesos establecidos para obtener y aplicar la información en actividades relacionadas con la Biotecnología gris, para el cuidado y recuperación del medio ambiente.	Destaca información sobre el uso de técnicas relacionadas a la Biotecnología gris en procesos para el cuidado del medio ambiente y la calidad de vida.	Establece pautas para la obtención de información vinculada a procesos biotecnológicos en el ámbito ambiental, de forma que adquiera aprendizajes y proponga posibles soluciones para el cuidado de medio ambiente y la mejora de la calidad de vida.
<b>Autorregulación</b>	Determina técnicas biotecnológicas y su importancia como tratamientos alternativos a la problemática de la contaminación ambiental.	Anota aspectos generales sobre causas de contaminación ambiental, posibles formas de prevención y técnicas biotecnológicas para su tratamiento.	Establece posibles formas de tratamiento para la contaminación ambiental a partir de técnicas biotecnológicas.	Determina técnicas biotecnológicas y su importancia en la remediación la contaminación ambiental.
<b>Evaluación</b>	Evalúa los beneficios y riesgos que tiene el uso de productos o procesos biotecnológicos, para el tratamiento de la contaminación del ambiente y con ello, mejorar la calidad de vida.	Cita beneficios y riesgos que tiene el uso de técnicas biotecnológicas para la protección del medio ambiente y la calidad de vida.	Observa la importancia del uso de productos o procesos biotecnológicos en pro del medio ambiente y su incidencia en la calidad de vida.	Emite criterios sobre la importancia del uso de técnicas biotecnológicas para el medio ambiente y la calidad de vida.

## Anexo 1. “Biotecnología y Medio ambiente” – Biotecnología gris

### **El hombre y el medio ambiente**

Las actividades humanas impactan sobre el medio ambiente. Algunos de estos efectos son positivos, como la reforestación o el mejoramiento de especies. Sin embargo, otras actividades pueden tener consecuencias negativas sobre el entorno y afectar la vida de una población. Entre ellas, existen actividades industriales que, debido a un mal manejo de sus productos, generan sustancias que contaminan el ambiente. Entre estos efectos adversos se puede mencionar la contaminación por el uso de grandes cantidades de pesticidas, de metales tóxicos y ácido sulfúrico, y las contaminaciones por derrames de petróleo. Un ejemplo lo constituyen algunas industrias químicas que producen compuestos cuya estructura química difiere de los compuestos naturales, y que son utilizados como refrigerantes, disolventes, plaguicidas, plásticos y detergentes. El problema principal de estos compuestos es que son resistentes (recalcitrantes) a la biodegradación. Es decir que no se degradan naturalmente por la acción de los microorganismos o lo hacen muy lentamente, por lo cual se acumulan y persisten en el ambiente. La acumulación de contaminantes genera la dispersión de estos compuestos en el aire, el suelo, las aguas superficiales, con la consecuente filtración de estos hacia las aguas subterráneas, que constituyen la reserva de agua para consumo humano.

### **¿Cómo se puede solucionar este problema?**

Una respuesta a esta pregunta es la remediación, que consiste en el uso de procesos de degradación, biológicos o químicos, para eliminar sustancias contaminantes que han sido vertidas en el medio ambiente. Los procesos de remediación pueden efectuarse In situ (en el mismo lugar donde se ha originado la contaminación) o Ex situ (separando la porción contaminada y trasladándola a un reactor para ser tratada). La remediación mediante métodos químicos consiste básicamente en utilizar las propiedades físicas y/o químicas de los contaminantes (por ejemplo, metales pesados) para destruirlos o aislarlos del entorno, mediante el agregado de otras sustancias al ambiente. Este proceso implica costos muy altos, y no siempre es muy efectivo. Los métodos biológicos de remediación emplean organismos vivos que se agregan, junto con ciertos nutrientes, en los ambientes contaminados. La descontaminación se produce debido a la capacidad natural que tiene ciertos organismos de transformar moléculas orgánicas en sustancias más pequeñas, que resultan menos tóxicas. De esta forma, reducen la polución del aire o de los sistemas acuáticos y terrestres. Al proceso de “limpieza” del ambiente mediante el empleo de organismos se lo denomina biorremediación.

Entre los organismos utilizados para este fin se encuentran preferentemente los microorganismos y también las plantas. La biorremediación mediante el empleo de plantas se denomina Fitorremediación.

### **Microorganismos que limpian el medio ambiente**

En sus procesos metabólicos, los microorganismos transforman los nutrientes que obtienen del ambiente en sustancias más simples, y en este proceso obtienen materia y energía que utilizan para su subsistencia. El hombre ha aprendido a aprovechar estos procesos metabólicos de los microorganismos para obtener diferentes productos de utilidad. De esta forma, los microorganismos que pueden degradar compuestos tóxicos para el ambiente y convertirlos en compuestos inocuos o menos tóxicos, se aprovechan en el proceso de biorremediación. Existen, por ejemplo, microorganismos capaces de nutrirse a partir de hidrocarburos, detergentes o

bifenilos policlorados, de manera que su metabolismo los convierte en productos inocuos para el medio ambiente. La gran diversidad de microorganismos existente ofrece muchos recursos para limpiar el medio ambiente y, en la actualidad, esta área está siendo objeto de intensa investigación. Se han aislado de la naturaleza varios tipos de microorganismos que consumen vertidos de petróleo y otras sustancias tóxicas, tanto directamente en el sitio mismo del vertido como después de que los materiales tóxicos hayan sido difundidos por los suelos o alcanzado las aguas subterráneas.

### **Condiciones para la biorremediación**

La selección del método de biorremediación a utilizar depende de varios factores: los microorganismos presentes en el medio contaminado, la concentración y toxicidad del contaminante y las condiciones del medio. Para que la biorremediación tenga lugar, los microorganismos utilizados deben presentar una actividad adecuada. Para lograrlo se deben generar las condiciones ambientales óptimas (nutrientes, temperatura, oxígeno, etc.) que favorezcan el crecimiento de la población de microorganismos. Esto, a su vez, provocará un aumento en la velocidad de biodegradación de los compuestos contaminantes, y con ello la detoxificación del medio. La biorremediación puede tener lugar bajo condiciones aerobias o anaerobias (en presencia o en ausencia de oxígeno gaseoso, respectivamente). En algunos casos, se utilizan los microorganismos presentes en forma natural en el ambiente contaminado, o microorganismos autóctonos. En estos casos se deben mejorar los factores ambientales mediante el agregado de nutrientes como nitrógeno (N) o fósforo (P) para que los microorganismos crezcan a mayor velocidad. A este proceso se lo llama fertilización o bioestimulación.

En cambio, cuando la actividad microbiana necesaria no se encuentra en el ambiente contaminado en forma natural, se deben añadir microorganismos de otras fuentes. A esta tecnología se la denomina bioaugmentación. En términos generales en la biorremediación de hidrocarburos en agua se utilizan bacterias, levaduras y algas verdes, mientras que en la biorremediación de hidrocarburos en suelo intervienen hongos, bacterias y protozoos.

### **Ingeniería genética y biorremediación**

Existen contaminantes difíciles de degradar en la naturaleza, para los cuales no se han encontrado hasta el día de hoy microorganismos capaces de transformarlos. La ingeniería genética puede ofrecer una solución a este problema, que consiste en el desarrollo de microorganismos genéticamente modificados (transgénicos) capaces de eliminar aquellos materiales que son difíciles de degradar naturalmente, convirtiéndose así en mejores agentes de biorremediación. Es decir que los microorganismos transgénicos serían capaces de transformar los contaminantes en productos ambientalmente más seguros.

En los últimos años se están realizando numerosas investigaciones que consisten básicamente en buscar las enzimas que son eficientes en el tratamiento de compuestos tóxicos y luego insertar, mediante ingeniería genética, los genes que codifican para dichas enzimas en los microorganismos que realizarán la biorremediación, y que no los poseen naturalmente.

El objetivo es mejorar en el laboratorio a los microorganismos capaces de degradar o inmovilizar los compuestos indeseados en la naturaleza. Por ejemplo, se pueden lograr bacterias con genes añadidos que inmovilicen metales pesados (cobre, zinc, plomo, cromo, entre otros) de manera que no sean tóxicos o bacterias que degraden contaminantes industriales que actualmente no son biodegradables.

**Anexo 2.** “Datos de resultados sobre biorremediación” – Biotecnología Gris

## Degradación de cianuro

Ensayo	Concentración inicial cianuro (mg/l)	Concentración final cianuro (mg/l)
1	3600	2,58
2	1920	2,21
3	1440	1,65

Resultado del parámetro Hidrocarburo Total de Petróleo ( HTP) concentración al inicio y fin de la biorremediación.

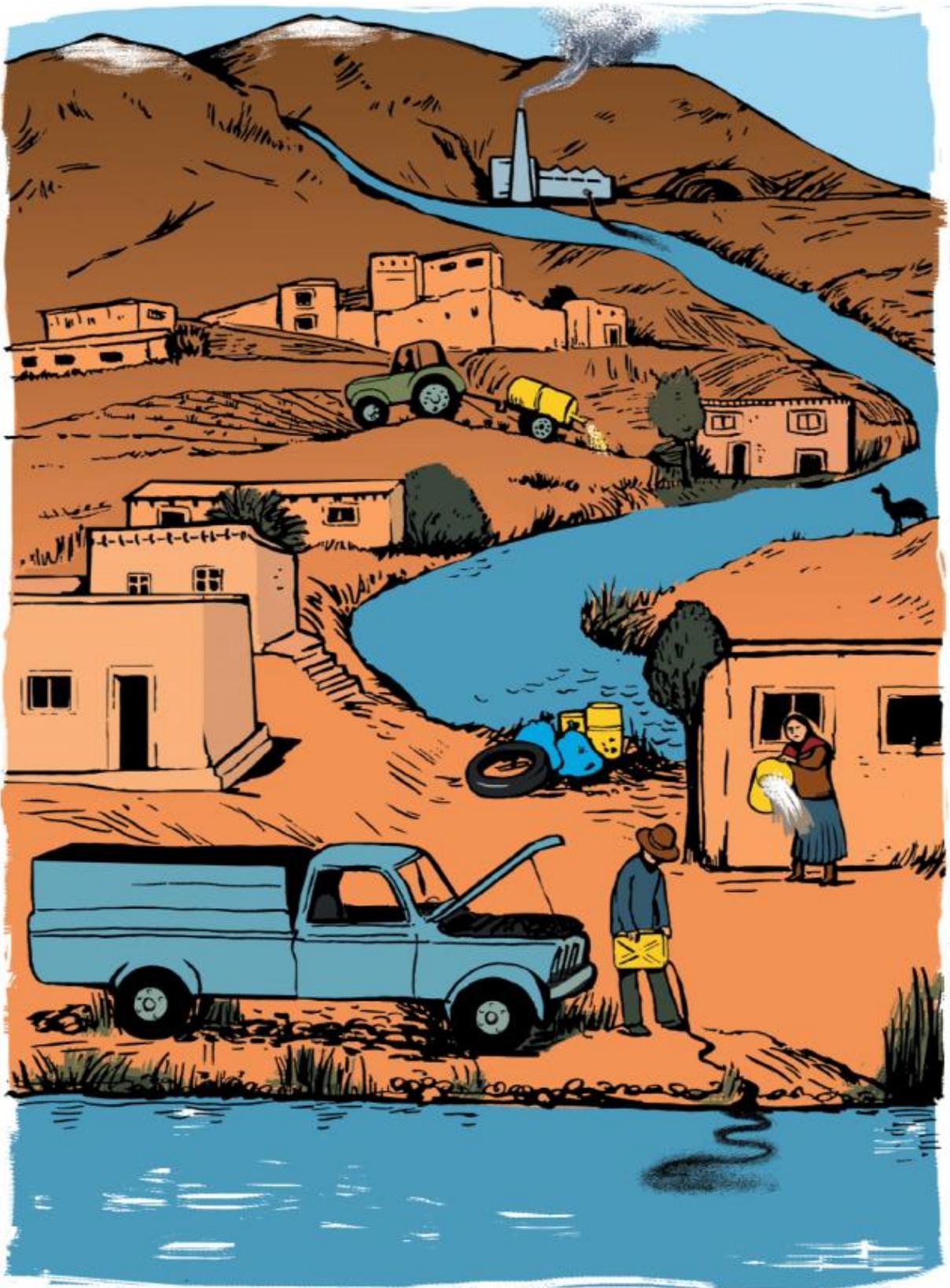
Uso de Suelo	Textura	HTP (mg/kg)	
		Muestra inicial	Muestra final
Urbano	Arcilla limosa	51 221	29 911
Agrícola	Franco limoso	35 674	21 383
Ribereño	Franco arcillo limosa	7 604	4 939
Costero	Franco arenoso	12973	10 989

DATOS DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO		
	Solución de Lixiviados mg/l	Después del Tratamiento Biológico mg/l
<b>Cianuros de WAD</b>	242	44
<b>Cianuros Totales</b>	284	57
<b>Nitratos</b>	32	0,8
<b>Cobre</b>	150	53
<b>Zinc</b>	0,02	0
<b>Níquel</b>	1,65	0,75
<b>Hierro</b>	1,57	2,23
<b>Plata</b>	0,88	0,015
<b>Arsénico</b>	0,332	0,047
<b>Selenio</b>	0,255	0,085
<b>Mercurio</b>	0,179	0,005
<b>Cadmio</b>	0,051	0,002
<b>Cobalto</b>	0,158	0,06

Los cuadros anteriores muestran los resultados de procesos de remediación ambiental empleando organismos biológicos respecto a la concentración de contaminantes antes y después del tratamiento.

Fuente: Información tomada de Deloya-Martínez (2012), Loro a, F. et al. (2019) y Programa Educativo PorquéBiotecnología (Edición N 46 Biotecnología y limpieza del medio ambiente, 2004, accesado en [https://porquebiotecnologia.com.ar/Cuadernos/El\\_Cuaderno\\_46.pdf](https://porquebiotecnologia.com.ar/Cuadernos/El_Cuaderno_46.pdf)) respectivamente.

Anexo 3. “Ilustración: Encuentra el punto de contaminación” – Biotecnología Gris



Fuente: Ilustración elaborada por ALT Sistema Hídrico TDPS, Perú-Bolivia. Unidad 9 Juegos para realizar en clase, 2004, accesado en [http://www.alt-perubolivia.org/web\\_lago/WEB\\_LT/cursos/carpeta\\_difusion/Unidad09.pdf](http://www.alt-perubolivia.org/web_lago/WEB_LT/cursos/carpeta_difusion/Unidad09.pdf)



## RECOMENDACIONES PARA SU USO

- Estar anuente a participar en todas las actividades. Se debe prestar atención a las indicaciones que se detallan, para realizar las actividades con éxito.
- Utilizar los recursos digitales, tanto para extraer información (audiovisuales, infografías, artículos científicos, entre otros que se proponen) como para elaborar documentos que permitan compartir información, presentarla o sintetizarla.
- Expresarse con un lenguaje claro y comprensible tanto de forma oral como por escrito.
- Implicarse en el trabajo colaborativo, asumiendo la responsabilidad individual y siempre en beneficio del grupo.
- Comprender los conceptos clave de biotecnología: in vitro, in situ, fitorremediación, biorremediación, organismos genéticamente modificados, compost, entre otros.
- Llevar a cabo las prácticas y actividades experimentales en las que se observan los procesos biotecnológicos, tomar los datos necesarios para su comprensión.
- Elaborar informes o bitácoras para demostrar que se ha entendido el motivo de realizar cada una de las etapas del procedimiento.
- Sintetizar los conceptos clave de la secuencia didáctica en mapas conceptuales, diagramas, ilustraciones, para demostrar que se ha entendido su significado y su interrelación. Consultar los conceptos que no se conocen en el diccionario.
- Tener una opinión crítica y objetiva en cuanto a aspectos sociales y éticos controvertidos en relación con la biotecnología.
- Intercambiar puntos de vista, opiniones y conocimientos con los compañeros para construir conjuntamente el aprendizaje, de modo que sea más significativo, siempre bajo el principio del respeto y la tolerancia.
- Respetar la participación, los turnos de palabra y las opiniones de los compañeros.



## **CONCLUSIONES GENERALES**

Se pretende que los módulos brinden un panorama actual sobre la biotecnología y sus campos de aplicación, para que el docente adquiera herramientas y sugerencias de actividades que se pueden implementar en el proceso educativo para promover el desarrollo de habilidades.

Las actividades e información utilizada permiten generar una comprensión más amplia de la biotecnología, basándose en el principio de fiabilidad, ya que se han utilizado fuentes seguras para basar los aprendizajes que se promueven.

Se presenta una herramienta amplia para docentes en el área de Biología para educación diversificada, enfocado en los contenidos biotecnológicos. Implementando una secuencia didáctica basada en el aprendizaje activo y que responde a las nuevas políticas curriculares del Ministerio de educación Pública de Costa Rica.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, S. (2019). *Evaluación del efecto de la semilla de Salvia hispanica L. "chia" en el crecimiento de las cepas probióticas Lactobacillus casei ATCC 334 y Lactobacillus acidophilus ATCC 4356* [Tesis de postgrado, Universidad Peruana]. [http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/6378/Evaluacion\\_AcunaCarmen\\_Samantha.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/6378/Evaluacion_AcunaCarmen_Samantha.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Agroecología. (2020). Insecticida casero y fungicida natural y ecológico para las plantas. *Ecocasas*. <https://ecocasas.com/agroecologia/insecticida-casero-fungicida-natural/>
- Asociación el enjambre sin reina. (2014). Compostera. *Huertos Escolares Ecológicos 2014-2018*. <https://ecohuertosescolares.eu/>
- Beltrán, J. (2018). *Cultivos transgénicos*. CSIC.
- Bioenergy. (2021) ¿Qué es la bioenergía? Extraído de: <https://learnbioenergy.org/what-is-bioenergy>
- Bonell, S. (2009). Petróleo y biotecnología: análisis del estado del arte y tendencias. *Acimed*, 19(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352009000100003&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352009000100003&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia. (2003). Aplicaciones de la Biotecnología en la industria. Plan de Acción para el Mediterráneo. Barcelona, España.
- Centro para el control y la prevención de enfermedades. (2021). Como se hacen las vacunas contra la influenza. <https://espanol.cdc.gov/flu/prevent/how-fluvaccine-made.htm>
- Chance R.E. y Frank B.H. (1993). Research, development, production, and safety of biosynthetic human insulin. *Diabetes Care*, 16(3), 133–42.
- Consorcio Internacional de Secuenciación de Genoma Humano. (2001). Secuenciación inicial y análisis del genoma humano *Nature*, 409, 860–921. <https://doi.org/10.1038/35057062>
- Cota-Ruiz, K., Núñez-Gastélum, J.A., Delgado-Ríos, M. y Martínez-Martínez, A. (2019). Biorremediación: Actualidad de conceptos y aplicaciones. *Biotechnia*, 1(21), 37-44.
- Cruz, E. (2017). Evaluación de la temperatura, sólidos totales, nutrientes y tiempo de resistencia en la degradación de aguas residuales originadas del despulpado de cartón reciclado con un tratamiento de biorremediación [Tesis de grado, Universidad de Costa Rica].
- Deloya-Martínez, A. (2012). Tratamiento de desechos del cianuro por biorremediación. *Revista Tecnología En Marcha*, 25(2), 61–72. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i2.317>
- Erekly, K. (1917). Die Grossbetriebsmassige Entwicklung der Schweinemast in Ungarn. *Mitteilungen der Deutschen Landwirtschaftlichen Gessellschaft*, 34, 541-550.
- Espinel-Barrero, N. E. y Valbuena-Ussa, E. O. (2018). Aproximación al estatus epistemológico de la biotecnología: implicaciones didácticas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 43, 193-206. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-38142018000100193&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-38142018000100193&script=sci_abstract&tlng=pt)

- Ferry, E. (2014). Orígenes y desarrollo de la Biotecnología en León. *AmbioCiencias Revista de Divulgación Científica*, 12, 126-140. <http://revpubli.unileon.es/index.php/ambioc/article/view/4948>
- Garzón, JM., Rodríguez-Miranda, JP. y Hernández-Gómez, C. (2017). Revisión del aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad y Salud*, 19(2), 309-318.
- González, L.A., Cárdenas, J.A. y Arellano, J.C. (2017). Desarrollo de habilidades del pensamiento de orden superior a través de actividades de desempeño. *Anfei Digital*, 3(6).
- González, T. (2012). Microbiología industrial y biotecnología bacteriana. *Sociedad Española de Microbiología. Sem@foro*. 53.
- Greenpeace (2021). *Datos sobre la producción de plásticos*. <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>
- Gunarathne, V., Mayakaduwa, S., Ashiq, A., Weerakoon, S., Biswas, J. y Vithanage, M. (2019). Capítulo 5 - Plantas transgénicas: beneficios, aplicaciones y riesgos potenciales en la fitorremediación. *Sciences direct*, 89-102. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814389-6.00005-5>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2021). *Fuentes renovables de energía: una alternativa sostenible para generar electricidad*. <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/e027a034-5b68-4beb-8cd4-ad55622d28db/Guia+Renovables.pdf?MOD=AJPERES&CVID=11DRUYH>
- Instituto Costarricense de Turismo. (2020). *Costa Rica cierra 2019 con 99% en generación eléctrica renovable*. <https://www.ict.go.cr/es/noticias-destacadas-2/1626-costa-rica-cierra-2019-con-99-en-generaci%C3%B3n-el%C3%A9ctrica-renovable.html>
- Instituto Tecnológico de Costa Rica. (2018, 5 de junio). *Serie de reportajes: la guerra contra el impacto del plástico #1. Costa Rica tira al mar 15 camiones de plástico por día*. <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2018/06/05/costa-rica-tira-mar-15-camiones-plastico-dia>
- Islas-García, A., Peralta-Rodríguez, M., Vega-Loyo, L., López-Aguilar, R. y Rodríguez-Vázquez, R. (2016). Biorremediación por bioestimulación y bioaumentación con microorganismos nativos de un suelo agrícola contaminado con hidrocarburos. *Biotecnología y Sustentabilidad*, 1(1), 82-85.
- Kansteiner, F. (2021, 25 de mayo). Con la fabricación basada en plantas, Medicago, socio de GSK, lleva la producción de la vacuna COVID-19 al invernadero. *Fierce Pharma*. <https://www.fiercepharma.com/manufacturing/medicago-s-plant-based-production-platform-bearing-fruit-gsk-partnered-covid-shot>
- Kehat, I., Kenyagin-Karsenti D., Snir M., Segev, H., Amit, M., Gepstein, A., Livne, E., Binah, O., Itskovitz-Eldor, J. y Gepstein, L. (2001). Las células madre embrionarias pueden diferenciarse en miocitos con propiedades estructurales y funcionales de cardiomiocitos. *J Clin Invest*, 108(3), 407-414. <https://doi.org/10.1172/JCI12131>
- Lara, J. (2020). Biotecnología: un bien para la agricultura y el mundo. *Difundiendo el conocimiento*, 6(3). [http://eduneuro.com/revista/index.php/revistaneuronum/article/view/278http://oa.upm.es/54031/1/Politica\\_Cientifica\\_1990.pdf](http://eduneuro.com/revista/index.php/revistaneuronum/article/view/278http://oa.upm.es/54031/1/Politica_Cientifica_1990.pdf)
- Loroña, F., Gómez, W., Jaco, E., Reynaga, C., Guiño, M., Gamarra, J., Díaz, F., Huaman, N., Rafael, P., Mayte, J., Moran, M. y Carhuancho, L. (2019). Eficiencia de la biorremediación de suelos contaminados con Diesel B5 mediante Microorganismo Eficaces (EM). *Cátedra Villarreal*, 6(2). <https://doi.org/10.24039/cv201862278>
- Lu, RM., Hwag, YCh., Liu, IJ., Lee, CCh., Tsai, HZ., Li, HJ y Wu, HCh, (2020). Desarrollo de anticuerpos terapéuticos para el tratamiento de enfermedades. *Revista de Ciencia Biomédica*, 27(1). <https://doi.org/10.1186/s12929-019-0592-z>

- Madrigal, L.M. (30 de enero de 2020). Consumo de combustibles en Costa Rica aumentó 2,3% durante 2019. *Delfino.cr*. <https://delfino.cr/2020/01/consumo-de-combustibles-en-costa-rica-aumento-23-durante-2019>
- Martínez, C.A. (2017). Instituto de biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia: 30 años de desafíos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 5-7. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77653191001>
- Mendoza, Y., Pérez, J, y Galindo, A. (2018). Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. *Información tecnológica*, 29(2), 205-214. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000200205>
- Ministerio de Educación Pública [MEP]. (2017, 1 de setiembre). *Fundamentación Pedagógica de la Transformación curricular bajo la visión de Educar para una Nueva Ciudadanía*. <https://issuu.com/ministerio-de-educacion-publca/docs/transf-curricular-vac-final>
- Ministerio de Educación Pública [MEP]. (2018). *Educar para una nueva ciudadanía: programa de estudio de Biología. Educación Diversificada*. [https://www.mep.go.cr/programa-estudio/biologia-nuevo\\_](https://www.mep.go.cr/programa-estudio/biologia-nuevo_)
- Ministerio de Salud (2017). *Estrategia Nacional para sustituir el consumo de plástico de un solo uso suma aliados*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/noticias/noticias-2017/1209-estrategia-nacional-para-sustituir-el-consumo-de-plastico-de-un-solo-uso-suma-aliados-1>
- Occelli, M., García-Romano, L., y Valeiras, N. (2018). La enseñanza de la biotecnología y sus controversias socio-científicas en la escuela secundaria: un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina). *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 43, 31-46. <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n43/0121-3814-ted-43-31.pdf>
- Ondarza-Beneitez, M. (2017). Biopesticidas: tipos y aplicaciones en el control de plagas agrícolas. *Agroproductividad*, 10(3), 31-367. <https://core.ac.uk/download/pdf/249320744.pdf>
- Orozco-Ugarriza, M. E. (2019). Reflexiones sobre la Biotecnología en Colombia. *RIADS: Revistas De Investigación Agropecuaria Y Desarrollo Sostenible*, 4(1), 7-8. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/riads/article/view/2011>
- Ortega-Ante, D. (2020). Enfoque de la Biotecnología Industrial en Ecuador y la Provincia de Esmeraldas. *Polo del Conocimiento*, 48(5), 1228-1239. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1655/3142#>
- Peláez, O. (2016, 16 de diciembre). Cultivos transgénicos para la sostenibilidad alimentaria. *Granma*. <https://bit.ly/2Qg7yj8>
- Programa Educativo PorquéBiotecnología (2004). *El cuaderno de PorquéBiotecnología. Biotecnología y la limpieza del ambiente. Edición No 46*. [https://porquebiotecnologia.com.ar/Cuadernos/El\\_Cuaderno\\_46.pdf](https://porquebiotecnologia.com.ar/Cuadernos/El_Cuaderno_46.pdf)
- Refinadora Costarricense de Petróleo [RECOPE]. (2021). *Datos Estadísticos Anuales de Importación. Dirección de Comercio Internacional de Hidrocarburos*. <https://www.recope.go.cr/productos/estadisticas-de-importacion-y-exportacion/>
- Renneberg, R. (2019). *Biotecnología para principiantes*. Reverté.
- Salas, I., Campi, G., Guillén, M. y Menéndez, J. (2018). La ciencia de la biotecnología y sus aplicaciones. *Revista Científica de Investigación actualización del mundo de las Ciencias*, 3(3), 902-920.

- Salinas, R., García, M., y Velásquez, A. (2016). Biotecnología y etnomedicina para el desarrollo humano. *Crea Ciencia Revista Científica*, 9(2), 46-55. <https://www.lamjol.info/index.php/CREACIENCIA/article/view/2874>
- Sheth, M.U. et al. (2019). Bioengineering a Future Free of Marine Plastic Waste. *Front. Mar. Sci.* 6, 624. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00624>
- Thieman, W. y Palladino, M. (2010). *Introducción a la Biotecnología* (2.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- Thomson, J. A., Itskovitz-Eldor, J., Shapiro, S. S., Waknitz, M. A., Swiergiel, J. J., Marshall, V. S., y Jones, J. M. (1998). Líneas de cedula madres embrionarias derivadas de blastocitos humanos. *Ciencias*, 282(5391), 1145-1147. <https://doi.org/10.1126/science.282.5391.1145>
- Villagómez, K. M. B., Zambrano, V. L. S., Quinteros, J. A. S., y Cuero, K. M. (2019). Biotecnología y su incidencia en el estudio de las bacterias. *RECIAMUC*, 3(3), 3-21.
- Viñambres, M., Espada, M., Martínez, A.T. y Serrano, A. (2020). Detección y evaluación de nuevas hidroximetilfurfural oxidasas para la producción de ácido furandicarboxílico. *Appl. Reinar. Microbiol.*, 86(84220).



Módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biotecnología

Devi Diana Solórzano Cortés y Jorge Eduardo Esquivel Naranjo, 2021



## 6. Conclusiones y recomendaciones

En cuanto a las conclusiones y recomendaciones finales de este trabajo, en función de los objetivos propuestos, producto de la investigación teórica y la elaboración de los módulos de actualización profesional en biotecnología, se plantea:

En relación con el objetivo 1 que proponía identificar los elementos curriculares propuestos en el programa de estudio de Biología para Educación Diversificada relacionados con Biotecnología, se establece que la biotecnología es un área científica con amplio crecimiento en los últimos años, sin embargo, a pesar de ser tan importante, en la educación costarricense se incluye de forma muy reducida en los programas que propone el Ministerio de Educación Pública. A través del análisis del contenido del programa de estudio de Biología para Educación Diversificada, se identificaron temáticas vinculadas a la biotecnología solamente en el eje temático II denominado “Uso sostenible de la energía y los materiales, para la preservación y protección de los recursos del planeta” para décimo año de Educación Académica y undécimo año de Educación Técnica, de modo que es importante que se profundice más en contenidos relevantes acordes con el desarrollo científico-tecnológico actual. Por otro lado, las secuencias de aprendizaje que se proponen para el desarrollo de estas temáticas buscan generar en el estudiante constante participación y criticidad. Por ello, si se busca que la malla curricular de la educación costarricense sea innovadora y responda a los nuevos avances que están surgiendo, es importante incluir nuevas temáticas biotecnológicas que propicien en el estudiante el desarrollo de habilidades necesarias para enfrentar los retos que va generando una sociedad en evolución.

En relación con el objetivo 2 que buscaba caracterizar los conocimientos con los que cuentan los profesores para el desarrollo los contenidos relacionados con Biotecnología del programa de estudio de Biología para Educación Diversificada, se detalla que, a partir del cuestionario aplicado a los docentes participantes, se conoció que algunas de las percepciones sobre temáticas biotecnológicas que estos tienen no son las correctas. Por lo que se resalta la importancia y necesidad de generar capacitaciones para los docentes de Biología, de modo que puedan estar actualizando sus conocimientos a través de medios virtuales (asincrónicos o sincrónicos) o presenciales, ya sean permanentes (en constante mejoramiento, de acuerdo con el surgimiento de técnicas, aplicaciones y obtención de bienes y servicios que se van detectando día a día) o temporales (de forma que se puedan

acceder en lapsos determinados de tiempo, por ejemplo, una vez al año, en los que se presenten los avances más relevantes del último periodo), de forma que sean elaborados por las entidades de educación públicas o privadas, o incluso, por empresas vinculadas al quehacer científico-biotecnológico. De modo que se trate sobre los conceptos importantes de dicha disciplina, así como las áreas o colores que describen los ámbitos de estudio y las aplicaciones actualmente creadas y empleadas y que, por tanto, forman parte de los procesos cotidianos que nos rodean. Estos espacios de capacitación son indispensables, ya que van a beneficiar la labor del docente, para la cual, se debe poseer conocimientos teóricos necesarios que ayuden en la planificación correcta de las lecciones, para lograr que se construyan espacios de aprendizaje con información verídica y que, de forma directa, sea significativa para los estudiantes y propicie en ellos, la adquisición del conocimiento. Otro de los elementos que se sugiere, es que la formación y actualización permanente de los docentes es que sea accesible para todos, ya que, al tener un cuerpo docente que pueda involucrarse activamente en estos espacios, se verá beneficio directo en los estudiantes, ya que se contará con profesores con adecuado manejo de la información, con técnicas y métodos acordes con las nuevas necesidades educativas y precursores de habilidades de pensamiento científico.

De acuerdo con el objetivo 3 “Reconocer las estrategias de mediación implementadas por los profesores de Biología en el abordaje de los contenidos de biotecnología en el programa de Biología de Educación Diversificada”. Las principales estrategias metodológicas implementadas por los docentes de Biología para Educación Diversificada que fueron partícipes del cuestionario se centran en el modelo tradicionalista, mediante el dictado de contenidos y material didáctico docente. Además, se limita la utilización de recursos como los laboratorios y las simulaciones, lo que aleja al estudiante de la vivencia científica y provoca la percepción de que estas temáticas son algo aislado de la vida cotidiana. Por lo que se constituye una necesidad, generar propuestas educativas relacionadas con contenidos biotecnológicos que incluyan nuevas técnicas y herramientas, cuya aplicación genere mejoras en el proceso enseñanza y aprendizaje de la Biotecnología, clarifique su cercanía con el estudiantado y permita el desarrollo de habilidades de pensamiento científico. Se debe fomentar el desarrollo de estrategias de mediación públicas y de fácil acceso, de forma que los docentes puedan tener herramientas que propicien una mediación pedagógica en contexto, donde los estudiantes se vinculen directamente con el mundo científico que los rodea cotidianamente, incluso en elementos

sencillos que pasan desapercibidos, de forma que se atraiga al estudiantado a la alfabetización científica.

Como resultado del objetivo 4 que proponía identificar las problemáticas institucionales y de formación que enfrenan los docentes de Biología a la hora de desarrollar los contenidos relacionados con Biotecnología del programa de Biología de Educación Diversificada, se concluye que, dentro de las problemáticas a nivel institucional que pueden justificar el poco uso de estrategias didácticas por parte de los docentes y que afectan directamente la labor de este a la hora de impartir estas temáticas, se encuentran: la falta de infraestructura, la falta de tiempo, los constantes debates sociopolíticos de algunas aplicaciones, por ejemplo, sobre los alimentos u organismos genéticamente modificados, la reproducción asistida o la selección artificial y la actitud de los estudiantes hacia estas temáticas. Todos estos son factores que dificultan el abordaje de las temáticas, sin embargo, esta problemática podría tener solución mediante el uso de estrategias metodológicas que cambien la forma tradicional de impartir lecciones en las aulas. Desde el uso de materiales caseros de uso cotidiano y de fácil acceso, además, de la consciente planificación de las lecciones para que estas se conviertan en espacios realmente provechosos, mediante el adecuado abordaje de las aplicaciones biotecnológicas que permitan crear opiniones críticas y clases que resulten interesantes y dinámicas; forman parte de las soluciones que como docentes se debe comenzar a gestionar. Además, es importante reflexionar y buscar un cambio en la práctica docente frente a las nuevas demandas de la sociedad, sin embargo, la realización de estas acciones no resulta sencillo. Por lo que nuevamente se resalta que las capacitaciones y actualización para docentes sobre las nuevas metodologías de aprendizaje, herramientas y actividades relacionados a temáticas actuales toman un papel importante para el desarrollo óptimo de las clases de biotecnología.

Por otra parte, la principal debilidad indicada por los docentes encuestados en cuanto a su propio proceso de formación docente es que la biotecnología no se abarcó (o en muy poca proporción) en el currículo durante sus estudios en docencia de las ciencias, por lo que expresan que no se encuentran debidamente capacitados para abarcar la temática. Frente a ello, es necesario que las universidades que forman docentes de Biología valoren la necesidad de profundizar, dentro de su malla curricular, en el área biotecnológica. Adicionalmente, se deben generar y brindar espacios de actualización profesional constante, sea por parte de las mismas universidades o del Ministerio de Educación

Pública, que brinden al docente, que es el principal mediador con los estudiantes en las aulas y un elemento indispensable en el desarrollo de las lecciones, las herramientas para poder generar un acercamiento e interés al desarrollo científico-tecnológico en auge.

Por último, como resultado del objetivo 5 sobre el proceso de elaboración y validar una propuesta de módulos de actualización en biotecnología enfocados en el desarrollo de habilidades mediante el aprendizaje activo, a partir de los referentes bibliográficos y la información suministrada por los docentes en el cuestionario aplicado, se determinó que las propuestas de actualización profesional en el área de la biotecnología son necesarias, y que éstas deben estar enfocadas en la actualidad científica y educativa, siguiendo las nuevas políticas curriculares. De acuerdo con el proceso de validación, se evidenció el beneficio que implica la generación de estos recursos, ya que constituyen una herramienta para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de áreas de estudio científicas con alto desarrollo e incidencia en la vida cotidiana. Además, se concluye que los módulos diseñados promueven el desarrollo de habilidades de pensamiento científico a través del aprendizaje activo, donde el docente asume como guía, facilitando que los estudiantes desarrollen actitudes para enfrentarse a los retos del día a día. Debido a esto, las autoridades de educación y las instituciones de formación de docentes deben promover el desarrollo de estos recursos, que favorezcan y aporten en las diferentes asignaturas que conforman la malla curricular en educación secundaria, así como los docentes deben involucrarse en procesos de actualización, de modo que se vinculen con los últimos avances desarrollados en sus áreas de desempeño, en pro del desarrollo integral de los estudiantes.

## 7. Referencias

- Aguirre-García, J. C. y Jaramillo-Echeverri, L. (2012). Aportes del método fenomenológico a la Investigación educativa. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(2), 51-74.
- Albetis, M. (2018, 6 de marzo). *Biotechnología: un arma eficaz ante el reto del vPRRS*. Engormix. <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/biotechnologia-arma-eficaz-ante-t41925.htm>
- Allanta, J. A. (2017). *Infraestructura Educativa Básica Regular para Lograr una Educación de Calidad en el Distrito La Yarada-Los Palos-Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Universidad Privada de Tacna. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/365/Allanta-Vargas-Jhoel-Alexis.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Amaro-Rosales, M. y Villavicencio-Carbajal, D. H. (2015). Incentivos a la innovación de la biotecnología agrícola-alimentaria en México. *Estudios sociales*, 23(45), 33-45. <http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v23n45/v23n45a2.pdf>
- Araya, N. (2014). Las habilidades del pensamiento y el aprendizaje significativo en matemática de escolares de quinto grado en Costa Rica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 14(2), 66-95. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/aie/v14n2/a03v14n2.pdf>
- Argudín, Y. (2015). Educación basada en competencias. *Magistralis*, 1(20), 39-61. <https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/521/Magistralis20-Argudin.pdf?sequence=1>

- Ballesteros, M. y Moral, A. (2014). Uso de programas de simulación para promover la pedagogía activa en la docencia universitaria. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Educativa*, 1, 87-98.  
<https://upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/884/844>
- Barrere, R. (2016). La biotecnología en Iberoamérica: situación actual y tendencias.
- Bellver, V. (2016). La revolución de la edición genética mediante CRISPR-CAS 9 y los desafíos éticos y regulatorios que comporta. *Cuadernos de Bioética*, 27(2), 223-239.  
<https://www.redalyc.org/pdf/875/87546953009.pdf>
- Bermúdez, L. A. (2015). Capacitación: Una herramienta de fortalecimiento de las PYMES. *InterSedes*, 16(33), 1-25.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/19022>
- Bernadelli, C., Plaza, J., Urbietta, M. S. y Donati, E. R. (2017). Biominería: Los Microorganismos en la Extracción y Remediación de Metales. *Industria y Química*, (368), 47-56. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/57998>
- Blasco, R. y Castillo, F. (2014). Acerca de la biotecnología ambiental. *Arbor*, 190(768), a157. <https://doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4011>
- Bonell, S. (2009). Petróleo y biotecnología: análisis del estado del arte y tendencias. *ACIMED*, 19(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352009000100003&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352009000100003&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Bonwell, C. C. y Eison J. A. (1991). Active learning: Creating excitement in the classroom. *ASHE-ERIC Higher Education Report*. 1.  
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED336049.pdf>

- Bull, A., Holt, G. y Malcolm, L. (1982). Biotechnology: International Trends And Perspectives. *American Journal of International Law*, 77(4), 957-959.  
<https://doi.org/10.2307/2202574>
- Camacho, H., Casilla, D. y Finol de Franco, M. (2008). La indagación: una estrategia innovadora para el aprendizaje de procesos de investigación. *Laurus*, 14(26), 284-306. Extraído de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111491014>.
- Carrasco, J. B. (2004). *Una didáctica para hoy: cómo enseñar mejor*. Rialp.
- Casal, I. y Granda, M. (2003). Una estrategia didáctica para la aplicación de los métodos participativos. *Tiempo de educar*, 4(7), 171-202.  
<http://www.redalyc.org/pdf/311/31100707.pdf>
- Cascante, P., Ávila, R. y Quesada, S. (2008). *Diseño de módulos de capacitación para optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje para los docentes de ciencias y biología, utilizando los recursos físicos y naturales disponibles en la estación biológica 28 millas para los colegios aledaños a la zona* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Costa Rica].
- Casillas, R. (2017). *La biotecnología en el contexto social y educativo* [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid]. UVaDOC.  
<http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/26129/1/TFM-G698.pdf>
- Cattani, A. (2003). *Los usos de la retórica*. Alianza Ensayo.
- Chauvet, M. (2015). Biotecnología y rentas tecnológicas. *Sociológica*, 6(16).  
<http://www.sociologicamexico.azc.uam.mx/index.php/Sociologica/article/view/860/833>

Chocano, L. E. y Yanac, R. E. (2018). *Capacitaciones para el desarrollo del talento humano en una empresa distribuidora del Cercado de Lima, en el periodo 2016* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14321/Chocano%20Centeno%2c%20Lilian%20Elizabeth-Yanac%20Celestino%2c%20Ra%C3%BA1%20Ernesto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Consejo Nacional de Rectores. (2003). *Programa BID II. Biotecnología, justificación de sub-áreas.*

Cortés, M. E. y Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad Autónoma del Carmen.  
<http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/contenido2.pdf>

Cortés, O. F., Pinto, A. R. y Atrio, S. I. (2015). E-portafolio como herramienta constructora del aprendizaje activo en tecnología educativa. *Lasallista de Investigación*, 12(2). <https://doi.org/10.22507/rli.v12n2a4>

Corti, J. L. (2015). Implicaciones de la reciente autorización de comercialización para el consumo humano del salmón modificado genéticamente. *Ius et scientia*, 1(1), 93-109. <http://dx.doi.org/10.12795/IETSCIENTIA.2015.i01.07>

Cota-Ruiz, K., Núñez-Gastelúm, J. A., Delgado-Ríos, M. y Martínez-Martínez, A. (2019). Biorremediación: actualidad de conceptos y aplicaciones. *Biocencia*, 21(1), 37-44. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v21i1.811>

Cuenya, L., y Ruetti, E. (2010). Controversias epistemológicas y metodológicas entre el paradigma cualitativo y cuantitativo en psicología. *Revista Colombiana de Psicología*, 19(2), 271-277.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/psicologia/article/view/17795/34440>

De la Vega, M., Lorca, A. A. y De las Heras, M. A. (2018). Conocimientos y actitudes hacia la biotecnología en alumnos de último curso de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 330101-330114. Extraído de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92054992007>

De Longhi, A. L. (2015). *Cuadernos de didáctica para la formación docente inicial y continúa. Compilación de estrategias didácticas para enseñar biología*. (1.<sup>a</sup> ed.).

Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

[https://www.academia.edu/37157875/CUADERNOS\\_DE\\_DIDACTICA\\_PARA\\_LA\\_FORMACION\\_DOCENTE\\_INICIAL\\_Y\\_CONTINUA\\_Estrategias\\_didacticas\\_para\\_enseñar\\_Biología\\_La\\_indagación\\_y\\_desarrollo\\_para\\_enseñar\\_y\\_aprender\\_Biología](https://www.academia.edu/37157875/CUADERNOS_DE_DIDACTICA_PARA_LA_FORMACION_DOCENTE_INICIAL_Y_CONTINUA_Estrategias_didacticas_para_enseñar_Biología_La_indagación_y_desarrollo_para_enseñar_y_aprender_Biología)

Del Carmen, L. (1994). Importancia del análisis y secuenciación de los contenidos educativos en el diseño del currículum y en la práctica de la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(2), 324-331. Extraído de:

<https://www.raco.cat/index.php/ect/article/viewFile/88162/141225>

Espinel, N. E. (2015). Enseñanza de la Biotecnología en América Latina. Revisión de Antecedentes. *Bio-grafía: Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 1318-1331.

<https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia1318.1331>

- Espinel-Barrero, N. E. y Valbuena-Ussa, E. O. (2018). Aproximación al estatus epistemológico de la biotecnología: implicaciones didácticas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (43), 193-206. Extraído de:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-38142018000100193&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-38142018000100193&script=sci_abstract&tlng=pt)
- Espiritu, M. J., Collier, A. C. y Bingham, J. (2014). A 21st-century approach to age-old problems: the ascension of biologics in clinical therapeutics. *Drug Discovery Today*, 19(8), 1109-1118. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2014.01.008>
- Espluga, J. (2017). *Percepciones de riesgo en aplicaciones biotecnológicas*. Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología.  
[https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/199916/persoccie\\_a2017p51iSPA.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/199916/persoccie_a2017p51iSPA.pdf)
- Esteve, A. R. y Solbes, J. (2017). El desinterés de los estudiantes por las ciencias y la tecnología en el bachillerato y los estudios universitarios. *X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, 573-578.  
<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/334628/425473>
- Feo Mora, R. J. (2018). Diseño de situaciones de aprendizaje centradas en el aprendizaje estratégico. *Tendencias Pedagógicas*, 31, 187-206.  
<https://doi.org/10.15366/tp2018.31.011>
- Flores, F. A. (2015). Dificultades laborales de profesores en escuelas secundarias. *Educación y educadores*, 18(3), 411-431.  
<https://www.redalyc.org/pdf/834/83443150003.pdf>

- Francis, S. (2005). El conocimiento pedagógico del contenido como categoría de estudio de la formación docente. *Actualidades Investigativas en Educación*, 5(2).  
<https://doi.org/10.15517/AIE.V5I2.9139>
- Galeano, M. (2018). *Estrategias de investigación social cualitativa. El giro de la mirada*. (2.<sup>a</sup> ed.). La Carreta. <https://doi.org/10.2307/j.ctvdf06h7>
- García, N y Rojas, M. (1998). La capacitación del maestro desde la perspectiva etnográfica: una experiencia a partir de la investigación en el aula. *Revista educación*, 22(1), 33-43. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/4166>
- García-Romeral, J., Pavía-Gómez, M., García, T., Chirivella-Martorell, J. y Serrano-Aroca, A. (2017). Principios de Biotecnología y Bioingeniería en el cultivo de microalgas: importancia, problemas tecnológicos, tipos y sistemas de cultivos, crecimiento, factores limitantes, selección, aislamiento, escalado y caracterización bioquímica. *Nereis: revista iberoamericana interdisciplinar de métodos, modelización y simulación*, 9, 115-130.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6041049>
- Gómez-Pinchetti, J. (2015). *Biotecnología marina: la mar de las oportunidades en el siglo XXI* [Video]. accedaCRIS. <http://hdl.handle.net/10553/13195>
- González, G. y Barba, J. J. (2014). Formación permanente y desarrollo de la identidad reflexiva del profesorado desde las perspectivas grupal e individual. *Profesorado*, 18(1), 398-412. <http://www.ugr.es/~recfpro/rev181COL12.pdf>
- Hand, M. y Levinson, R. (2012). Discussing controversial issues in the classroom: some helps and hindrances. *Educational Philosophy and Theory*, 44(6), 614-629.  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2010.00732.x>

- Herdoiza, M. (2004). *Capacitación Docente. Strengthenmg Achievement in Basic Education.*  
[http://solicitudesenlinea.educacion.gob.ec/PDF/0105623375\\_36\\_28062016-092649\\_requisitos\\_1.pdf](http://solicitudesenlinea.educacion.gob.ec/PDF/0105623375_36_28062016-092649_requisitos_1.pdf)
- Hernández, D., Sánchez, E. y Márquez, E. (2013). Combatiendo el cáncer con productos de origen marino. *Revista Digital Universitaria*, 14(9).  
[http://www.ru.tic.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2161/art33\\_52013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.ru.tic.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2161/art33_52013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Huber, G. L. (2008). Aprendizaje activo y metodologías educativas. *Revista de educación*. 59-81. <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:14edd70f-c97a-4361-8757-ef0c83ce5bea/re200804-pdf.pdf>
- Imbernón, F. (2016). Los retos educativos del presente y del futuro. La sociedad cambia, ¿y el profesorado? *Revista Internacional de Formação de Profesores*, 1(1), 121-129.  
[https://www.researchgate.net/publication/333650911\\_LOS\\_RETOS\\_EDUCATIVOS\\_DEL\\_PRESENTE\\_Y\\_DEL\\_FUTURO\\_LA\\_SOCIEDAD\\_CAMBIA\\_Y\\_EL\\_PROFESORADO](https://www.researchgate.net/publication/333650911_LOS_RETOS_EDUCATIVOS_DEL_PRESENTE_Y_DEL_FUTURO_LA_SOCIEDAD_CAMBIA_Y_EL_PROFESORADO)
- Infante, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62), 917-937.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14031461013>
- Jaramillo, L. M. (2019). Las Ciencias Naturales Como Un Saber Integrador. *Sophia: Colección de Filosofía de La Educación*, 26, 199–221.  
<https://doi.org/10.17163/soph.n26.2019.06>

- Jiménez, M. (2007). *Difusión d conocimiento científico sobre biotecnología: relación entre difusión sobre transgénicos y clonación y la vida cotidiana de jóvenes universitarios* [Tesis de grado, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente].  
<https://rei.iteso.mx/handle/11117/2395>
- Lauría, L. E. y Cantú, C. L. (2015). *Biología 2. Serie Bachillerato Patria*. Grupo Editorial Patria.
- Lazaros, E. y Embree, C. (2016). A Case for Teaching Biotechnology. *Technology and Engineering Teacher*, 75(5), 8–11.  
<https://eric.ed.gov/?q=biotechnology&id=EJ1096197>
- León, M. J., y López, M. (2014). Criterios para la Evaluación de los Proyectos de Innovación Docente Universitarios. *Estudios Sobre Educación*, 26, 79–101.  
<https://hdl.handle.net/10171/36767>
- Lera, L., Fretes, G., González, C. G., Salinas, J. y Vio, F. (2015). Validación de un instrumento para evaluar consumo, hábitos y prácticas alimentarias en escolares de 8 a 11 años. *Nutrición Hospitalaria*, 31(5), 1977-1988.  
<https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.5.8607>
- Ley 2160 de 1957. (1957, 25 de setiembre) Asamblea Legislativa de Costa Rica.  
[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=31427](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=31427)
- López, D. C. y Mejía, L. A. (2017). Una mirada a las estrategias y técnicas didácticas en la educación en ingeniería. Caso Ingeniería Industrial en Colombia. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 11(21), 123–132. <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v11n21/1909-8367-ecei-11-21-00123.pdf>

- López, J. F. (2018). *Medición del nivel de eficacia y eficiencia de las capacitaciones al personal productivo en las empresas industriales*. [Trabajo de grado, Universidad de Machalá].  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12826/1/ECUACE-2018-CA-DE00847.pdf>
- López, Z. J., Martínez, E. J. y Chavarría, G. M. (2016). *Servicios en la nube: Academia virtual para capacitaciones sobre servicios TIC a los usuarios de las Pymes de Managua utilizando la plataforma Eliademy en el segundo semestre del año 2016* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Managua].  
<http://repositorio.unan.edu.ni/3572/1/45491.pdf>
- Lorca, S., Carrera, X. y Casanovas, M. (2016). Análisis de herramientas gratuitas para el diseño de cuestionarios on-line. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, 1(49), 91-104.  
[https://www.academia.edu/27011088/AN%C3%81LISIS\\_DE\\_HERRAMIENTAS\\_GRATUITAS\\_PARA\\_EL\\_DISE%C3%91O\\_DE\\_CUESTIONARIOS\\_ON\\_LINE\\_ANALYSIS\\_OF\\_FREE\\_TOOLS\\_FOR\\_DESIGNING\\_ONLINE\\_QUESTIONNAIRES](https://www.academia.edu/27011088/AN%C3%81LISIS_DE_HERRAMIENTAS_GRATUITAS_PARA_EL_DISE%C3%91O_DE_CUESTIONARIOS_ON_LINE_ANALYSIS_OF_FREE_TOOLS_FOR_DESIGNING_ONLINE_QUESTIONNAIRES)
- Martínez, C. A. (2017). Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia: 30 años de desafíos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 5-7.  
<https://www.redalyc.org/pdf/776/77653191001.pdf>
- Massieu, Y., Chauvet, M., Castañeda, Y., Barajas, R. E. y González, R. L. (2015). Consecuencias de la biotecnología en México: el caso de los cultivos transgénicos. *Sociológica México*, 15(44), 133-159.

<http://www.sociologicamexico.azc.uam.mx/index.php/Sociologica/article/view/475/449>

Mauriz, J. L., Ordoñez, R., Prieto-Domínguez, N. y González-Gallego, J. (2014). La biotecnología en la salud humana: el hito de los anticuerpos monoclonales. *Ambiociencias*, 12, 12-33.

<https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/4242/12.ACC.Biotecnolog%c3%ada%20y%20salud%20humana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Melo, M. P. y Hernández, R. (2014). El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales. *Innovación educativa*, 14(66), 41-63.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v14n66/v14n66a4.pdf>

Mestries, F. (2015). Crisis agropecuaria, neoliberalismo y biotecnología. *Sociológica México*, 5(13).

<http://www.sociologicamexico.azc.uam.mx/index.php/Sociologica/article/view/925/897>

Mile, M. y Huberman, A. (Ed.) (1994). *An expanded sourcebook qualitative data analysis*. SAGE Publications.

[https://www.academia.edu/3600269/Qualitative\\_data\\_analysis\\_An\\_expanded\\_sourcebook](https://www.academia.edu/3600269/Qualitative_data_analysis_An_expanded_sourcebook)

Mingorance, A. C., Trujillo, J. M., Cáceres, P. y Torres, C. (2017). Mejora del rendimiento académico a través de la metodología de aula invertida centrada en el aprendizaje activo del estudiante universitario de ciencias de la educación. *Journal of Sport and Health Research*, 9(1), 129-136.

[http://www.journalshr.com/papers/Vol%209\\_suplemento/JSHR%20V09\\_supl\\_05.pdf](http://www.journalshr.com/papers/Vol%209_suplemento/JSHR%20V09_supl_05.pdf)

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (2016). *Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación: Costa Rica 2014*.

[https://www.micit.go.cr/sites/default/files/indicadores-2014-vp\\_0.pdf](https://www.micit.go.cr/sites/default/files/indicadores-2014-vp_0.pdf)

Ministerio de Educación Pública. (2018). *Educar para una nueva ciudadanía: programa de estudio de Biología. Educación Diversificada*. <https://www.mep.go.cr/programa-estudio/biologia-nuevo>.

Ministerio de Educación Pública. (2019). *Nómina de Centros Educativos clasificados por dirección regional y circuito, 2019*.

<https://mep.go.cr/sites/default/files/page/adjuntos/centros-educativos-nomina-2019.xlsx>

Ministerio de Educación Pública. (2020). *Plan Estratégico Institucional 2019-2025*.

<http://10.1.0.234:8080/handle/123456789/297>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, denominado “Alberto Cañas Escalante”*.

[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=79505&nValor3=100564](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=79505&nValor3=100564)

Moreira, C., Abuzaid, J. N., Elisondo, R. C. y Melgar, M. R. (2020). Innovaciones educativas: Perspectivas de docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Rio Cuarto (Argentina) y la Universidad del Atlántico (Colombia). *Panorama*, 14(28), 33-50. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v14i26.1480>

- Mueller, A. L., Knobloch, N. A. y Orvis, K. S. (2015). Exploring the Effects of Active Learning on High School Students' Outcomes and Teachers' Perceptions of Biotechnology and Genetics Instruction. *Journal of Agricultural Education*, 56(2), 138–152. <https://dx.doi.org/10.5032/jae.2015.02138>
- Muñoz, E. (2014). Biotecnología, sociedad y economía: una visión personal. *Arbor*, 190(768), a147. <https://doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4001>
- Nobel Prize Outreach AB. (2021, 10 de setiembre). Press release: The Nobel Prize in Chemistry 2020. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/press-release/>
- Occelli, M., García, L., y Valeiras, N. (2018). La enseñanza de la biotecnología y sus controversias socio-científicas en la escuela secundaria: un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina). *Tecné, Episteme y Didaxis*, 43, 31–46. <https://doi.org/10.17227/ted.num43-8650>
- Oliart-Ros, R. M., Manresa-Presas, Á y Sánchez-Otero, M. (2016). Utilización de microorganismos de ambientes extremos y sus productos en el desarrollo biotecnológico. *CienciaUAT*, 11(1), 79-90. <http://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v11n1/2007-7858-cuat-11-01-00079.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre Diversidad Biológica de 1992*. <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>.
- Orozco, A. M. y García, M. T. (2017). Desarrollo De Habilidades Cognitivas Para La Alfabetización Digital. *Revista de la Alta Tecnología y Sociedad*, 9(4), 138–145. <https://web-b-ebsohost-com.una.idm.oclc.org/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=30449c17-6a9b-4f2a-9d8c-cb3ac969bcc2%40pdc-v-sessmgr02>

- Padierna, M. (2016). La “sociedad del conocimiento” y el campo de las políticas de transformación de la educación superior. *Revista de la Educación Superior*, 45(179), 117-120. <https://doi.org/10.1016/j.resu.2016.08.001>
- Paladines, C. (2015). Perspectivas de cambio en la Educación Básica y en el Bachillerato. Ecuador: 2007-2013. *Praxis Educativa (Arg)*, 19(3), 13-31. <https://www.redalyc.org/pdf/1531/153143329002.pdf>
- Pérez, K. (2019, octubre 3). MEP cataloga de urgencia nacional la infraestructura educativa. *Elmundo.cr*. <https://www.elmundo.cr/costa-rica/mep-cataloga-de-urgencia-nacional-la-infraestructura-educativa/>
- Pizarro, C. (2015). *Condiciones del ejercicio docente relacionados con estrés laboral de profesores jóvenes en colegios de enseñanza básica particulares subvencionados* [Tesis de licenciatura, Universidad Académica de Humanismo Cristiano]. Archivo digital. <http://bibliotecadigital.academia.cl/xmlui/bitstream/handle/123456789/3400/TPSIC%20625.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pontes, A., Poyato, F. J. y Oliva, J. M. (2016). Análisis descriptivo de las creencias del profesorado de secundaria en formación inicial sobre el aprendizaje de las ciencias. En J. Sánchez y F. Cañada (Eds.). *Ciencias para comprender el mundo: investigación e innovación en didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 251-265). Entimema.
- Prieto, L. (2016). Aprendizaje activo en el aula universitaria: el caso del aprendizaje basado en problemas. *Miscelánea Comillas*, 64(124), 173-196. <https://revistas.comillas.edu/index.php/miscelaneacomillas/article/view/6558/6367>.

Programa Estado de la Nación. (2017). *Sexto informe estado de la educación*. (1 ed.).

<http://www.estadonacion.or.cr/educacion2017/informe-para-descarga.html>

Quaranta, J. F., Falicoff, C. B. y Trombert, A. R. (2020). La formación de los licenciados en biotecnología: un análisis de la percepción de las competencias profesionales y cuestiones socio-científicas desde la mirada de los graduados. *RAES*, 12(20), 56-72.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7592061>

Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 23(1), 9-17.

[http://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/psicologia/2015\\_1/Carlos\\_Ramos.pdf](http://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/psicologia/2015_1/Carlos_Ramos.pdf)

Razo, A. E. (2016). Tiempo de aprender: el aprovechamiento de los periodos en el aula. *Revista mexicana de investigación educativa*, 21(69), 611-639.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v21n69/1405-6666-rmie-21-69-00611.pdf>

Real Academia Española [RAE]. (2014, octubre). Diccionario de la lengua española.

<https://dle.rae.es/>

Rendueles, M. y Díaz, M. (2014). Biotecnología industrial. *Arbor*, 190(768), a155.

<https://doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4009>

Rennenberg, R. (2008). *Biotecnología para principiantes* (J. Centelles y M. Ferrer, Trad.). Reverté. (Trabajo original publicado en 2004).

Reyes-González, D. y García-Cartagena, Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemática. *Educación y*

*Educadores*, 17(2), 271–285. <https://doi-org.una.idm.oclc.org/10.5294/edu.2014.17.2.4>

- Rincón, J. M. y Silva, E. (Ed.). (2014). *Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad* (1.ª ed.). Red Iberoamericana de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en Producción de Energía. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YpnxCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=bioenergia&ots=q28wBeJaYs&sig=rZsk7lfxs2eMPzJidyRKcok-8YM#v=onepage&q=bioenergia&f=false>
- Rivera, D. M., Trujillo, M. C., Mosquera, J. A. y Amórtegui, E. F. (2017, del 9 al 11 de octubre). La columna de Winogradsky como estrategia de enseñanza de la microbiología en la formación de futuros docentes de Ciencias Naturales [ponencia]. *IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología*, Bogotá, Colombia. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2017-7128>
- Roa, R. y Valbuena, E. O. (2014). Incursión de la biotecnología en la educación: tendencias e implicaciones. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(2), 156-166. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v15n2.41274>
- Roa-Acosta, R., García-Sandoval, Y. y Chavarro-Amaya, C. Y. (2008). Formación de profesores de Biología a través de la Biotecnología. *Educación y Educadores. Investigación Pedagógica*, 11(2), 69–88. <http://www.scielo.org.co/pdf/eded/v11n2/v11n2a05.pdf>
- Rodríguez, E. R. (2014). Orígenes y desarrollo de la Biotecnología en León. *AmbioCiencias Revista de Divulgación Científica*, 12, 126-140. <http://revpubli.unileon.es/index.php/ambioc/article/view/4948>

- Rodríguez, M. (2007). El uso del tiempo en las prácticas pedagógicas de las escuelas adscritas a la Alcaldía Metropolitana. *Sapiens: Revista Universitaria de Investigación*, 8(2), 83-104. <https://www.redalyc.org/pdf/410/41080206.pdf>
- Romero, C. (2009). Definición de módulos y competencias del maestro con mención en educación física. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9(14), 179-200.  
<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista34/artcompetencias124.htm>
- Salazar-Gómez, E. y Tobón, S. (2018). Análisis documental del proceso de formación docente acorde con la sociedad del conocimiento. *Espacios*, 39(53), 17.  
<http://revistaespacios.com/cited2017/cited2017-17.pdf>
- Salinas, R., García, M. y Velásquez, A. (2016). Biotecnología y etnomedicina para el desarrollo humano. *Crea Ciencia Revista Científica*, 9(2), 46-55.  
<https://doi.org/10.5377/creaciencia.v9i2.2874>
- Sánchez, J. M. (2007). Biotecnología blanca e industria farmacéutica. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 73(2), 501-535. [https://analesranf.com/wp-content/uploads/2007/73\\_02/7302\\_03.pdf](https://analesranf.com/wp-content/uploads/2007/73_02/7302_03.pdf)
- Sepúlveda, N. I. (2015). Generalidades sobre biotecnología ambiental y el potencial fitotecnológico del sistema vetiver en el departamento del Chocó - Colombia. *Asuntos Económicos y Administrativos*, (27), 241-246.  
<https://docplayer.es/79943580-Generalidades-sobre-biotecnologia-ambiental-y-el-potencial-fitotecnologico-del-sistema-vetiver-en-el-departamento-del-choco-colombia.html>

- Suárez-Ramos, J. C. (2017). Importancia del uso de recursos didácticos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias biológicas para la estimulación visual del estudiantado. *Revista Electrónica Educare*, 21(2), 442-459.  
<http://revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/download/9248/10892?inline=1>
- Tamayo, L. A., Travieso, M. y Mendoza, N. (2016). El desarrollo de las habilidades de comparación y resolución de problemas en estudiantes de agronomía. *Revista Cubana de Educación Superior*, 35(2), 115–126.  
<http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v35n2/rces10216.pdf>
- Tang, W. y Zhao, H. (2009). Industrial biotechnology: Tools and applications. *Biotechnology Journal*, 4(12), 1725–1739. <https://doi.org/10.1002/biot.200900127>
- Toro, N. (2019). *La experimentación en biotecnología, como estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la química* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL.  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76437/24767710.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, N. Y. y Martínez, L. F. (2011). Desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de Fisioterapia, a partir del estudio de las implicaciones sociocientíficas de los xenobióticos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (29), 65-84.  
<https://doi.org/10.17227/ted.num29-1088>
- Trejo, F. (2012). Fenomenología como método de investigación: Una opción para el profesional de enfermería. *Enfermería Neurológica*, 11(2), 98-101.  
<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=38130>

- Trimiño-Quiala, B. y Zayas-Quesada, Y. (2016). Estrategia didáctica para el fomento de la lectura en las clases. *EduSol*, 16(55), 54-62.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5678502>
- Valdés, I., Ramírez-Santana, M., Basagoitia, A., Testar, X. y Vásquez, J. (2018). Medicina transnacional e innovación en salud: mecanismos y perspectivas. *Revista médica de Chile*, 146(7), 890-898. <http://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872018000700890>
- Valdez, M., López, R. y Jiménez, L. (2004). Estado actual de la Biotecnología en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52(3), 733-743.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/15403>
- Valdez, M., Rodríguez, I. y Sittenfeld, A. (2004). Percepción de la biotecnología en estudiantes universitarios de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52(3), 745-756. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442004000300035](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000300035)
- Vargas, I. y Mora, E. (2014). *Mapeo de la industria de biotecnología y nanotecnología en Costa Rica*. PROCOMER.  
<http://servicios.procomer.go.cr/aplicacion/civ/documentos/Mapeo%20de%20la%20industria%20de%20la%20Biotecnologia%20y%20Nanotecnologia.pdf>
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2009). Expectativas sobre un trabajo futuro y vocaciones científicas en estudiantes de educación secundaria. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 11(1). <http://redie.uabc.mx/vol11no1/contenido-vazquez4.html>
- Vilanova, S. y Gadea, J. (2018). Evolución positiva en la satisfacción del alumnado en la Asignatura “Genómica” del Grado de Biotecnología tras la implementación de

metodologías de aprendizaje activo [artículo científico]. *Congreso Nacional de Innovación Educativa y Docencia en Red*, Valencia, España. 589-600.

<http://dx.doi.org/10.4995/INRED2018.2018.8610>

Villena. A. J. (2014). La Universidad de León y la Biotecnología. *AmbioCiencias*, 12, 3-5.

<http://revistas.unileon.es/index.php/ambioc/article/view/5534>

Yukavetsky, G. (2003). *La elaboración de un módulo instruccional*. Universidad de Puerto Rico en Humacao: Centro de Competencias de la Comunicación.

[http://academic.uprm.edu/~marion/tecnofilia2011/files/1277/CCC\\_LEDUMI.pdf](http://academic.uprm.edu/~marion/tecnofilia2011/files/1277/CCC_LEDUMI.pdf)

Zúñiga-Escobar, M. (2017). La estrategia didáctica: Una combinación de técnicas didácticas para desarrollar un plan de gestión de riesgos en la clase. *Revista Educación*, 41(1). <http://dx.doi.org/10.15517/revedu.v41i1.17786>

## 8. Anexos

**Anexo 1.** Matriz para análisis de elementos curriculares en relación con biotecnología dentro del programa de Biología para décimo año de Educación Diversificada del Ministerio de Educación Pública.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
LICENCIATURA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS



**PROYECTO:** “Módulos de actualización enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo como estrategia didáctica para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología”.

**Matriz para análisis de elementos curriculares en relación con biotecnología dentro del programa de Biología para décimo año de Educación Diversificada del Ministerio de Educación Pública.**

**Eje temático:**

1. Criterios de evaluación	2. Situaciones de aprendizaje.	3. Contenidos sobre Biotecnología.	4. Habilidades propuestas a desarrollar.

**Anexo 2.** Cuestionario para docentes participantes del proyecto “Biotecnología para todos”.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
LICENCIATURA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS



**PROYECTO:** “Módulos de actualización enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo como estrategia didáctica para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología”.

**Cuestionario para docentes participantes del proyecto “Biotecnología para todos”.**

**Institución:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Correo electrónico:** \_\_\_\_\_

**Objetivo:** el presente instrumento se realiza con el fin de reunir una serie de datos necesarios para la creación de módulos de actualización para docentes enfocados en el desarrollo de habilidades. Este se divide en tres partes, la primera busca determinar los conocimientos que poseen los profesores en el área de biotecnología, la segunda parte busca reconocer las estrategias metodológicas más comunes utilizadas por docentes en la enseñanza de la biotecnología y la tercera parte busca indagar sobre las problemáticas que presentan los docentes a la hora de abarcar en sus clases temas de biotecnología. Recuerde que la información brindada será tratada de manera confidencial.

**I Parte.** A continuación, se le presentaran una lista de enunciados relacionados con temas de biotecnología incluidos en el Plan de Biología del Ministerio de Educación Pública, marque una “x” en la columna “V” si el enunciado es verdadero o en la columna “F” si es falso, en caso de ser falso indique la razón.

Enunciado	V	F	Razón
1. Los primeros estudios en el ámbito de la biotecnología se realizaron con el objetivo de crear aplicaciones para la			

conservación y transformación de alimentos, como la fermentación.			
2. En el ámbito de la biotecnología gris se han logrado avances importantes como el mapeo del genoma humano, uno de los avances más importantes del siglo XXI.			
3. Griffith descubrió la estructura del ADN.			
4. La biotecnología blanca se ha enfocado en utilizar microorganismos para la creación de productos químicos y biocombustibles.			
5. La clonación se ha utilizado exclusivamente para preservar el ADN de algunas especies en peligro de extinción.			
6. Existen microorganismos que están siendo utilizados para la fabricación de alimentos de consumo humano como la cerveza.			
7. Las plantas transgénicas se han diseñado para mejorar su resistencia a condiciones climáticas adversas y a determinadas plagas.			
8. La biotecnología roja busca generar materiales de uso doméstico que consuman menos recursos naturales y ahorren más energía.			
9. El Fiv-Genetic es una técnica de reproducción asistida similar a la fecundación in vitro.			
10. Las células madre son utilizadas en la medicina regenerativa.			
11. Mediante la biotecnología se han logrado crear productos que contribuyan a mejorar los procesos digestivos como los probióticos.			
12. La biotecnología azul incluye procesos de mejoramiento genético de especies acuáticas para aumentar su productividad y resistencia a enfermedades.			
13. Un enfoque de la biotecnología radica en el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales.			
14. La biotecnología blanca ha permitido el desarrollo de los cultivos transgénicos resistentes a determinadas plagas y de mayor calidad.			
15. La fitorremediación consiste en el uso de químicos para limpiar ambientes muy contaminados.			

**II Parte.** De la lista que se le presenta a continuación, marque una “x” las estrategias de mediación que usted, como docente, utiliza con mayor frecuencia en sus lecciones cuando está abarcando el tema de biotecnología. En caso de marcar “otros”, indique en el espacio asignado cuáles otras estrategias de mediación utiliza.

Clase magistral	<input type="checkbox"/>	Exposiciones.	<input type="checkbox"/>	Simulaciones.	<input type="checkbox"/>
Materiales audiovisuales	<input type="checkbox"/>	Estudios de caso.	<input type="checkbox"/>	Debates.	<input type="checkbox"/>
Cuestionarios	<input type="checkbox"/>	Portafolios.	<input type="checkbox"/>	Mesa redonda.	<input type="checkbox"/>
Esquemas.	<input type="checkbox"/>	Laboratorios físicos.	<input type="checkbox"/>	Indagación.	<input type="checkbox"/>
Mapas conceptuales.	<input type="checkbox"/>	Laboratorios virtuales.	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>

Otros: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**III Parte.** A continuación se le presentaran dos preguntas las cuales deberá responder de manera de la manera más concreta posible.

1. ¿Cuáles son los factores a nivel institucional que como docente enfrenta y que cree le generan dificultades a la hora de impartir el tema de biotecnología afectando la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje?

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2. ¿Cuáles son los factores a nivel de formación que como docente enfrenta y que cree le generan dificultades a la hora de impartir el tema de biotecnología afectando la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje?

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Muchas gracias por la colaboración brindada, al realizar este cuestionario.**

**Anexo 3.** Rúbrica analítica con indicadores para la validación de la propuesta de módulos de actualización en biotecnología para docentes de Biología.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
 LICENCIATURA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS



**PROYECTO:** “Módulos de actualización enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo como estrategia didáctica para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología”.

**Rúbrica analítica con indicadores para la validación de la propuesta de módulos de actualización para docentes de Biología**

Módulos de actualización enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo como estrategia didáctica para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología.			
Instructor	_____	Fecha	_____
Institución	_____	Horario	_____
Módulo/temática	_____		
Instrucciones: Una vez se haya realizado una asignación a los participantes, usted como facilitador debe observar si se cumple con el trabajo establecido, para ello supervise el trabajo individual de cada persona participante, y con forme se desarrolle la actividad didáctica, establezca un nivel de alcance de los objetivos propuestos según la guía de trabajo, para ello marque (√) en el aspecto conseguido por el participante.			
Nombre del Participante	Logra comprender las instrucciones brindadas e identifica todos los conceptos de biotecnología. Le es sencillo comprender el material por cuenta propia, sin ayuda del facilitador.	Logra comprender las instrucciones brindadas e identifica algunos/todos los conceptos de biotecnología con ayuda del facilitador. Solicita ayuda para aclarar algún aspecto.	No se logra comprender las instrucciones brindadas, ni identificar los conceptos de biotecnología aún con ayuda del facilitador

Observaciones: \_\_\_\_\_

**Anexo 4. Matriz de coherencia.**

<b>Objetivo</b>	<b>Variables/ Categorías</b>	<b>Indicadores/ subcategorías</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Fuentes de información</b>
1. Identificar los elementos curriculares propuestos en el programa de estudio de Biología para Educación Diversificada relacionados con Biotecnología.	Elementos curriculares presentes en el programa de Biología para Educación Diversificada en relación con la biotecnología.	A. Criterios de evaluación. B. Situaciones de aprendizaje. C. Contenidos sobre Biotecnología. D. Habilidades propuestas a desarrollar.	Matriz para análisis de elementos curriculares.	Programas de estudio de Biología para Educación Diversificada del Ministerio de Educación Pública.
2. Caracterizar los conocimientos con los que cuentan los profesores para el desarrollo los contenidos relacionados con Biotecnología del programa de estudio de Biología para Educación Diversificada.	Conocimiento de los profesores sobre biotecnología.	A. Áreas de la biotecnología: biotecnología roja, verde, blanca, azul y gris. B. Beneficios de la biotecnología. C. Conocimientos de las aplicaciones de la biotecnología en la vida cotidiana.	Cuestionario.	Docentes.
3. Reconocer las estrategias de mediación implementadas por los profesores de Biología en el abordaje de los contenidos de biotecnología en el programa de Biología de Educación Diversificada.	Estrategias de mediación implementadas por los docentes.	A. Debate. B. Estudios de caso. C. Laboratorios virtuales. D. Simulaciones. E. Indagación. F. Cuestionarios. G. Esquemas. H. Mesas redondas. I. Portafolios.	Cuestionario.	Docentes.
4. Identificar las problemáticas institucionales y de formación que enfrenan los docentes de Biología a la hora de desarrollar los contenidos relacionados con Biotecnología del	Problemáticas en la enseñanza de la biotecnología.	A. Problemáticas institucionales. B. Problemáticas de formación en los docentes.	Cuestionario.	Docentes.

programa de Biología de Educación Diversificada.				
5. Validar una propuesta de módulos de actualización en biotecnología enfocados en el desarrollo de habilidades mediante el aprendizaje activo.	Módulos de actualización.	A. Desarrollo de habilidades. B. Aprendizaje activo.	Rúbrica analítica con indicadores.  Formulario de validación.	Grupo focal.  Juicio de expertos.
	Proceso de validación.	A. Mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje. B. Efectividad de los módulos en el desarrollo de habilidades.	Rúbrica analítica con indicadores.  Formulario de validación.	Grupo focal.  Juicio de expertos.

**Anexo 5.** Constancia de Validación: Matriz para análisis de contenidos del programa de Biología para décimo año de Educación Diversificada del Ministerio de Educación Pública.

Yo, *Carolina Sancho Blanco*, cédula de identidad 1-1446-0982, de profesión *Bióloga* con grado académico *M.Ed. y Licenciada en Biología*, laborando actualmente en Universidad Nacional hago constar que he revisado para fines de validación el instrumento denominado “Matriz para análisis de contenidos del programa de Biología para décimo año de Educación Diversificada del Ministerio de Educación Pública”. Esto con el fin de hacer las observaciones pertinentes, que generen un instrumento de calidad en los siguientes aspectos:

<b>Aspecto</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Observaciones</b>
Coherencia			X	
Suficiencia			X	
Pertinencia			X	

**Fecha y lugar de la validación:** 11 de setiembre del 2019, Heredia Costa Rica

**Criterio de aplicabilidad:** Válido (*aplicable*)

**Firma del profesional que valida**



**Anexo 6.** Constancia de Validación: Cuestionario para docentes participantes del proyecto “Biotecnología para todos”.

Yo, *Carolina Sancho Blanco*, cédula de identidad 1-1446-082, de profesión *Bióloga* con grado académico *M.Ed. y Licenciada en Biología*, laborando actualmente en Universidad Nacional hago constar que he revisado para fines de validación el instrumento denominado “Cuestionario para docentes participantes del proyecto Biotecnología para todos”. Esto con el fin de hacer las observaciones pertinentes, que generen un instrumento de calidad en los siguientes aspectos:

Aspecto	Deficiente	Regular	Muy bueno	Observaciones
Amplitud de contenidos			X	
Coherencia			X	
Suficiencia		X		Recomiendo (si es posible) una pregunta abierta en la III Parte sobre ¿Qué conoce sobre biotecnología? ¿Cómo lo define?
Redacción de los ítems		X		Recomiendo redactar los enunciados “neutrales” de manera que la respuesta del entrevistado no se vea sesgada por la redacción del mismo. Utilizan en varias ocasiones NO o SOLO
Ortografía			X	
Pertinencia			X	

**Fecha y lugar de la validación:** 11 de setiembre del 2019. Heredia; Costa Rica.

**Criterio de aplicabilidad:** (*Válido, mejorar*) El instrumento podría requerir una mejora en la redacción de los resultados. Lo demás en cuanto a coherencia, pertinencia y amplitud me parece correcto.



**Firma del profesional que valida**

**Anexo 7.** Formulario de validación mediante juicio de expertos para la propuesta de módulos de actualización en biotecnología para docentes de Biología.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
 LICENCIATURA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS



**PROYECTO:** “Módulos de actualización enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo como estrategia didáctica para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología”.



*Saludo y solicitud*

Estimado(a) profesional, reciba un cordial saludo de parte nuestra: Devi Solórzano Cortés y Eduardo Esquivel Naranjo. Nos encontramos desarrollando el Informe Final de nuestra Tesis titulada “Módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología”. Conociendo sobre su trayectoria profesional y vinculación con el campo de la investigación, la educación y la ciencia, le solicitamos muy respetuosamente su colaboración en emitir su Juicio de Experto, para la validación de la propuesta que fue compartida con usted previamente.

Agradecemos su colaboración como experto.

Digite su correo electrónico: \_\_\_\_\_

*Indicaciones*

A continuación, se le presentan algunos indicadores relacionados con los módulos de actualización profesional suministrados a su persona vía correo electrónico. Sírvase seleccionar, de la escala de valoración, el criterio que refleje su percepción sobre los diferentes aspectos indicados. Para nosotros es muy importante su opinión.

1. Diseño y estructura: Seleccione por cada indicador, el valor que considere describe mejor el trabajo elaborado.

Criterio	Nada aceptable	Poco aceptable	Aceptable	Muy aceptable
Claridad: El documento se encuentra formulado con lenguaje apropiado, es preciso y se facilita su comprensión.				
Secuencia: Su estructura cumple con una secuencia lógica de inicio, desarrollo y cierre según la metodología de indagación.				
Actualidad: La propuesta incluye elementos adecuados al avance biotecnológico y educativo.				

Suficiencia: Comprende los aspectos de cantidad y calidad para el desarrollo de los temas y habilidades.				
Intencionalidad: Es adecuado para evidenciar los procesos de planificación que promueven habilidades de pensamiento científico.				
Metodología: La estrategia, los recursos, herramientas y actividades propuestas responden a los objetivos para los que fueron creados.				
Correspondencia: Se evidencia correspondencia entre las actividades, los criterios de evaluación, los rasgos de las habilidades y niveles de desempeño.				

Por favor, brinde sus observaciones en referencia a alguno de los criterios anteriores sobre diseño y estructura:

---

2. Viabilidad para su implementación: Seleccione por cada indicador, el valor que considere describe mejor el trabajo elaborado.

<b>Criterio</b>	<b>Nada aceptable</b>	<b>Poco aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Muy aceptable</b>
Pertinencia: El material propuesto es útil para la implementación en su clase.				
Funcionalidad: Las actividades son funcionales para el desarrollo de contenidos biotecnológicos y el desarrollo de habilidades.				
Tiempo: Las actividades se pueden desarrollar en el tiempo estimado establecido.				
Espacio físico: Considera usted que el requerimiento de espacio es un factor limitante para el desarrollo de las actividades.				
Recursos: Las estrategias propuestas se pueden adecuar a la disponibilidad de recursos con los que cuenten las instituciones.				

Por favor, brinde sus observaciones en referencia a alguno de los criterios anteriores sobre diseño y estructura:

---

*Criterio de validez*

Seleccione el criterio general de aplicabilidad

**No aplicable**

( )

**Válido (mejorar según observaciones)**

( )

**Válido (aplicable)**

( )

*Constancia de validación*

Yo, \_\_\_\_\_, cédula de identidad \_\_\_\_\_, con grado académico \_\_\_\_\_ y de profesión \_\_\_\_\_ hago constar que he revisado para fines de validación la propuesta denominada “Módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología”. Esto con el fin de hacer las observaciones pertinentes, que generen un instrumento de calidad en los aspectos antes evaluados.

**Anexo 8.** Constancia de la validación general de los expertos para el trabajo titulado “Módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología” obtenida a través del formulario de validación digital (anexo 7).

Yo, \_\_\_\_\_, cédula de identidad \_\_\_\_\_, con grado académico \_\_\_\_\_ y de profesión \_\_\_\_\_ hago constar que he revisado para fines de validación la propuesta denominada “Módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biotecnología”. Esto con el fin de hacer las observaciones pertinentes, que generen un instrumento de calidad en los aspectos antes evaluados.

Yo, Edwin Fabián Chacón Benavides, cédula de identidad 114280735, con grado académico Licenciado y de profesión Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, y Físico hago constar que he revisado para fines de validación la propuesta denominado “Módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biotecnología”. Esto con el fin de hacer las observaciones pertinentes, que generen un instrumento de calidad en los aspectos antes evaluados. \*

Andrea Alvarado Arguedas, 401990069, Máster, Docente en el MEP y UNA

Carolina Sancho Blanco, 1-1446-0982-M.Ed., Académica Escuela de Ciencias Biológicas

Yo, Silvia Mau Incháustegui, cédula de identidad 800790271, con grado académico de doctorado y de profesión microbióloga hago constar que he revisado para fines de validación la propuesta denominado “Módulos de actualización profesional enfocados en el desarrollo de habilidades para profesores de Biología en Educación Diversificada basados en el aprendizaje activo para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biotecnología”. Esto con el fin de hacer las observaciones pertinentes, que generen un instrumento de calidad en los aspectos antes evaluados.