

Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Biología en Educación Secundaria

Plan de estudios 2018

Programa del curso

Biotecnología

Séptimo semestre



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

Primera edición: 2021

Esta edición estuvo a cargo de la Dirección General
de Educación Superior para Profesionales de la Educación,
Av. Universidad 1200. Quinto piso, Col. Xoco,
C.P. 03330, Ciudad de México

D.R. Secretaría de Educación Pública, 2021

Argentina 28, Col. Centro, C. P. 06020, Ciudad de México

Trayecto formativo: Formación para la enseñanza y el aprendizaje

Carácter del curso: Obligatorio Horas 4 Créditos 4.5

Contenido

Propósito y descripción del curso.....	5
Competencias del perfil de egreso a las que contribuye el curso.....	10
Estructura del curso.....	15
Orientaciones para el aprendizaje y enseñanza	17
Sugerencias de evaluación.....	20
Unidad de aprendizaje I. Introducción a la biotecnología.....	23
Unidad de aprendizaje II. Técnicas básicas en biotecnología y su ubicación en educación secundaria.....	29
Unidad de aprendizaje III. Aplicaciones de la biotecnología y su enseñanza.....	35
Perfil docente sugerido.....	48
Referencias del curso.....	50

Propósito y descripción del curso

Propósito

Que el estudiantado normalista analice los elementos teórico-metodológicos relacionados con la complejidad que tiene el empleo de los organismos vivos para producir bienes y servicios a través de procesos tecnológicos que le permitan desarrollar tanto competencias disciplinares como su conciencia bioética, al tiempo que adquiere los métodos y técnicas específicas para su enseñanza y aprendizaje.

Descripción general

El estudio de la biotecnología está sustentado en la diferenciación, articulación e integración de conocimientos de diversas disciplinas, particularmente entre la tecnología y la ciencia de la vida.

De acuerdo con la información de PROMEXICO, la biotecnología en nuestro país es una actividad importante, existen más de 400 empresas que desarrollan productos en los sectores de la salud, alimentos e industria, entre otros. México es uno de los principales proveedores de estos productos para los Estados Unidos.

En materia de investigación, en varias entidades contamos con centros modernos, como el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO), en Guanajuato, que se ha posicionado como uno de los centros más importantes en el nivel mundial para la secuenciación y análisis funcional del genoma de plantas, animales y microorganismos de uso potencial para aplicaciones en agricultura, medicina e industria. En Morelos, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cuenta con un Instituto de Biotecnología especializado en biología molecular y celular, microbiología, virología, ingeniería bioquímica, inmunología, genómica, bioinformática, entre otras, y con un Centro de Ciencias Genómicas.

En Nuevo León el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) tiene un Centro Biotecnológico el cual integra programas de ingeniería química, agrobiotecnología, biología y biomédica. El Instituto Nacional de Medicina Genómica (Inmegen), en la Ciudad de México, es uno de los Institutos Nacionales de Salud y desarrolla proyectos de investigación básica, clínica, médica y de genómica poblacional.

Estos ejemplos denotan la importancia creciente que tiene en nuestro país, debido a lo cual se desprende como una necesidad para el estudiantado normalista actualizarse respecto de la biotecnología, toda vez que se precisa una adecuada formación en la materia para hacer las transposiciones didácticas en el aula que permitan al estudiantado comprender la correlación entre los aspectos científicos, económicos, políticos y ambientales asociados a esta actividad humana.

El curso *Biotecnología* pertenece al trayecto formativo Formación para la enseñanza y el aprendizaje, está ubicado en el séptimo semestre con 4.5 créditos que se desarrollan a lo largo de 18 semanas de 4 horas cada una.

Este curso pretende que el estudiantado normalista se introduzca al conocimiento de la biotecnología como un campo de estudio que busca mejorar la calidad de vida de las personas y el desarrollo económico del país, a través de la revisión de los conceptos que le dan sustento, las técnicas que emplea y las principales aplicaciones en la salud, la industria y la investigación, a fin de que se desarrolle profesionalmente y cuente con elementos para profesionalizar su práctica docente. Para ello estudiarán tres unidades de aprendizaje:

- Unidad de aprendizaje I. Introducción a la biotecnología. Esta unidad permitirá tener mayor acercamiento al concepto y la importancia que la biotecnología tiene en distintas áreas de la sociedad. Se hará énfasis en los principales procesos biológicos asociados a los ácidos nucleicos como la base del almacenamiento y expresión de la información genética de los seres vivos para que analicen y apliquen los conocimientos en el diseño y elaboración de modelos biotecnológicos que les permitirán avanzar en su comprensión.

- Unidad de aprendizaje II. Técnicas básicas en biotecnología y su ubicación en educación secundaria. Esta unidad pretende que las y los estudiantes se acerquen a los avances que en esta área se han logrado para crear, mejorar o modificar procesos y productos relacionados a los sistemas biológicos y a los seres vivos, y se sitúen como futuros docentes para reflexionar las formas en que pueden trabajar sobre estos conocimientos con el alumnado de educación básica, a partir de una revisión sobre los temas relacionados con la biotecnología.
- Unidad de aprendizaje III. Aplicaciones de la biotecnología y su enseñanza. Finalmente, se analizan los principales avances logrados en distintas áreas del conocimiento para satisfacer necesidades o resolver problemas que se presentan en la sociedad. También se analizan las implicaciones éticas del manejo de organismos vivos apoyados de casos reales que pueden ser adaptados para la enseñanza en la escuela secundaria.

Resulta relevante para la formación de docentes señalar, en todo ejercicio y práctica, que siempre será preferible que las opiniones se basen en información científica y confiable, ya que cada vez se suscita mayor cantidad de debates públicos por temas biotecnológicos en los que todos podemos participar y emitir consideraciones o juicios.

El curso se relaciona con los siguientes espacios curriculares de los diversos trayectos formativos de la licenciatura:

- *Estudio de los seres vivos.* Este curso les permitió conocer la existencia de diferentes formas de vida y cómo interactúan, considerando al ser humano como parte de la biodiversidad y como resultado de un complejo proceso evolutivo. La biotecnología, por definición, es el empleo de los seres vivos para generar productos benéficos para la sociedad, por lo que conocerlos es de suma importancia.
- *Interacciones de los seres vivos.* En ese espacio curricular se estudiaron las relaciones que establecen los seres vivos entre sí y con su ambiente físico, y se construyeron modelos explicativos del flujo de energía en los

ecosistemas. Un ejemplo que permite visualizar la relación con la biotecnología, como un elemento con potencial para la biorremediación, son los modelos o los avances que buscan controlar enfermedades modificando genéticamente a los insectos vectores.

- *Procesos de los seres vivos.* Curso del primer semestre en el que se revisaron las características de los seres vivos, que representa la base conceptual para la concepción de fenómenos biológicos que rigen la vida. La biotecnología muchas veces aprovecha estos procesos para la producción de bienes y servicios que resuelvan problemas humanos.
- *Biodiversidad.* Estudiada en el tercer semestre, se abordaron las causas de que nuestro país sea megadiverso e hizo referencia a la evolución genética que explica la diversificación, lo que da pauta al estudio de las especies extintas. Una de las críticas a la biotecnología consiste en señalar los riesgos que puede tener hacia la diversidad biológica.
- *Herencia y cambio.* En este curso del tercer semestre se profundizó sobre la herencia biológica, que es fundamental para explicar el cambio evolutivo en los seres vivos, y por lo mismo, de fundamental importancia para comprender los procedimientos técnicos como la clonación, recombinación y la reacción en cadena de la polimerasa y con ello manipular las características hereditarias de los seres vivos.
- *Organismos unicelulares y pluricelulares,* del cuarto semestre, pretende la revisión de ideas acerca de las características, formas y reproducción de los organismos unicelulares y pluricelulares. Muchas bacterias y levaduras se han empleado históricamente para la producción de satisfactores como el pan, queso, vino, entre otras. Actualmente, mediante la biotecnología se producen sustancias como proteínas de importancia para la salud y la industria.
- *Cuerpo humano y salud,* del sexto semestre. La biotecnología tiene entre sus más importantes misiones, librar a la humanidad de los padecimientos que cobran la vida de amplios sectores de la población,

por ello es importante que hayan estudiado los fundamentos de la salud humana.

Este curso fue elaborado por docentes normalistas, especialistas en la materia y en diseño curricular provenientes de las siguientes instituciones: Rosa del Carmen Villavicencio Caballero de la Academia Mexicana de Ciencias; Cesari D. Rico Galeana, Ma. Leonor González Hernández y Alicia del Carmen Polaco, de La Ciencia en tu Escuela de la Academia Mexicana de Ciencias; Odete Serna Huesca, Gabriela Itzchel Salgado Jaramillo, Yadira León Grajales y Edith Hernández Vázquez, de la Escuela Normal Superior de México; Mariana Muñoz Argott, Consultora independiente; Julio César Leyva Ruiz, Gladys Añorve Añorve y Sandra Elizabeth Jaime Martínez, de la Dirección General de Educación Superior para Profesionales de la Educación.

Competencias del perfil de egreso a las que contribuye el curso

El curso coadyuva con la formación integral del estudiantado a través del desarrollo de las siguientes competencias:

Competencias genéricas

- Soluciona problemas y toma decisiones, utilizando su pensamiento crítico y creativo.
- Aprende de manera autónoma y muestra iniciativa para autorregularse y fortalecer su desarrollo personal.
- Colabora con diversos actores para generar proyectos innovadores de impacto social y educativo.
- Utiliza las tecnologías de la información y la comunicación de manera crítica.
- Aplica sus habilidades lingüísticas y comunicativas en diversos contextos.

Competencias profesionales

Utiliza conocimientos de la biología y su didáctica para hacer transposiciones de acuerdo a las características y contextos de los estudiantes, a fin de abordar los contenidos curriculares de los planes y programas de estudio vigentes.

- Caracteriza a la población estudiantil con la que va a trabajar para hacer transposiciones didácticas congruentes con los contextos y los planes y programas.
- Articula el conocimiento de la biología y su didáctica para conformar marcos explicativos y de intervención eficaces.

- Relaciona sus conocimientos de la biología con los contenidos de otras disciplinas desde una visión integradora para propiciar el aprendizaje de sus estudiantes.

Diseña los procesos de enseñanza y aprendizaje de acuerdo con los enfoques vigentes de la biología, considerando el contexto y las características de los estudiantes para lograr aprendizajes significativos.

- Reconoce los procesos cognitivos, intereses, motivaciones y necesidades formativas de los estudiantes para organizar las actividades de enseñanza y aprendizaje.
- Propone situaciones de aprendizaje de la biología, considerando los enfoques del plan y programa vigentes; así como los diversos contextos de los estudiantes.
- Relaciona los contenidos de la biología con las demás disciplinas del Plan de estudios vigente.

Evalúa los procesos de enseñanza y aprendizaje desde un enfoque formativo para analizar su práctica profesional.

- Valora el aprendizaje de los estudiantes de acuerdo a la especificidad de la biología y los enfoques vigentes.
- Diseña y utiliza diferentes instrumentos, estrategias y recursos para evaluar los aprendizajes y desempeños de los estudiantes considerando el tipo de saberes de la biología.
- Reflexiona sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje, y los resultados de la evaluación, para hacer propuestas que mejoren su propia práctica.

Gestiona ambientes de aprendizaje colaborativos e inclusivos para propiciar el desarrollo integral de los estudiantes.

- Emplea los estilos de aprendizaje y las características de sus estudiantes para generar un clima de participación e inclusión.

- Utiliza información del contexto en el diseño y desarrollo de ambientes de aprendizaje incluyentes.
- Promueve relaciones interpersonales que favorezcan convivencias interculturales.

Utiliza la innovación como parte de su práctica docente para el desarrollo de competencias de los estudiantes.

- Implementa la innovación para promover el aprendizaje de la biología en los estudiantes.
- Diseña y/o emplea objetos de aprendizaje, recursos, medios didácticos y tecnológicos en la generación de aprendizajes de la biología.
- Utiliza las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC), y Tecnologías del Empoderamiento y la Participación (TEP) como herramientas de construcción para favorecer la significatividad de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Competencias disciplinares

Argumenta, con una actitud crítica y fundamentada en la ciencia, los seres vivos para explicar la diversidad.

- Describe los mecanismos básicos de la herencia biológica y sus múltiples formas de expresión.

Analiza la dinámica de los ecosistemas y, de forma crítica, los efectos antropogénicos en ellos, para intervenir con acciones responsables en el marco de la sostenibilidad.

- Identifica al ser humano como parte del ecosistema y reconoce el impacto de sus acciones en el deterioro ambiental.
- Actúa de manera responsable y promueve acciones diversas para la conservación y el cuidado del ambiente en el marco de la sostenibilidad.

Argumenta acerca del desarrollo de la Biología como ciencia y su relación con los avances tecnológicos actuales.

- Identifica avances científicos y tecnológicos en las ciencias que han permitido profundizar en el conocimiento de los seres vivos.
- Reconoce el carácter histórico-social de la Biología y sus métodos para explicar cómo las ideas científicas dependen de un marco teórico.
- Contrasta distintos postulados y argumentos para distinguir diversas explicaciones en la Biología.

Propone acciones responsables y pertinentes para preservar la salud, a partir de establecer la relación biología-salud y de la comprensión del funcionamiento integral del cuerpo humano.

- Establece la relación que existe entre los distintos aparatos y sistemas del cuerpo humano.

Explica el papel de la herencia en los procesos evolutivos, los alcances que tiene la genética en la biotecnología y las implicaciones éticas de su aplicación.

- Comprende los principios básicos de la genética.
- Analiza la variabilidad de los seres vivos a partir de su información genética.
- Describe el impacto de la biotecnología en diversos campos de la actividad humana.
- Reconoce las acciones que el ser humano ha realizado al manipular la información genética de los organismos, así como las consecuencias biológicas, económicas y ético-morales que conlleva.

Emplea modelos, analogías y actividades prácticas, considerando sus alcances y límites, como estrategias metodológicas para favorecer el pensamiento científico en el campo de la biología.

- Utiliza modelos que permitan explicar fenómenos biológicos que están fuera del alcance de la observación directa y, de manera simplificada, identificar relaciones conceptuales.
- Diseña y realiza actividades prácticas para desarrollar habilidades de pensamiento científico.
- Crea y emplea analogías para favorecer el desarrollo del pensamiento operatorio formal hipotético-deductivo de los estudiantes.
- Planea y ejecuta prácticas de campo que permitan el estudio de fenómenos biológicos en el entorno natural.

Estructura del curso

Unidad de aprendizaje I. Introducción a la biotecnología	Unidad de aprendizaje II. Técnicas básicas en biotecnología y su ubicación en educación básica	Unidad de aprendizaje III. Aplicaciones de la biotecnología y su enseñanza
<ul style="list-style-type: none"> • La biotecnología como campo interdisciplinario • Importancia de la biotecnología en diversos ámbitos • Bases biológicas de la biotecnología 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas biotecnológicas modernas • Contenidos de biotecnología en la educación básica 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones de la biotecnología en la obtención de productos • Bioética. Regulación de las actividades de la biotecnología • Enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria

- Unidad de aprendizaje I. Introducción a la biotecnología. Esta unidad ofrece las bases teóricas necesarias para fortalecer los conocimientos de los principales procesos biológicos asociados a los ácidos nucleicos como la base del almacenamiento y expresión de la información genética de los seres vivos con miras a que en las unidades posteriores cuenten con el bagaje necesario para la comprensión de la intervención biotecnológica.
- Unidad de aprendizaje II. Técnicas básicas en biotecnología y su ubicación en educación secundaria. En esta unidad se pretende que los estudiantes conozcan las principales técnicas que permiten la modificación de los seres vivos y comprendan las bases teórico-metodológicas que las sustentan con la intención de que puedan identificarlas en el currículo escolar de la educación secundaria.

- Unidad de aprendizaje III. Aplicaciones de la biotecnología y su enseñanza. En esta unidad se analizan los principales avances en la materia y cómo responden al interés por satisfacer alguna necesidad o solucionar problemas de la población humana. Asimismo, se reflexiona sobre las implicaciones éticas del manejo de organismos vivos o su información para tales fines con miras a la profesionalización de su práctica docente.

Orientaciones para el aprendizaje y enseñanza

A fin de armonizarla con el trayecto formativo al que pertenece, la enseñanza y el aprendizaje de este curso atiende tres principios básicos: gradualidad, secuencialidad y profundidad. En este sentido, es importante que los estudiantes, durante la primera unidad, recuerden y fortalezcan sus conocimientos sobre las bases de la biología y de la genética molecular, dado que la biotecnología se constituye con esa base de conocimientos.

Es deseable que el profesor o profesora titular tenga presente que el curso da continuidad gradúa y profundiza buena parte de los aprendizajes que han construido durante los semestres anteriores. Adicionalmente, acorde con el enfoque de enseñanza de la biología, el curso tiene una estructura conceptual que exige el manejo de una visión integral de la biología. La biotecnología es un ejemplo nítido de la aplicación del conocimiento para contribuir en la solución de problemas de la población humana en sus distintos contextos sociales.

Se sugiere que el curso sea trabajado al menos en dos rutas inseparables que determinan claramente las relaciones entre la tecnología y la ciencia. Particularmente, entre la biología y la tecnología. Estas rutas son, por un lado, el de la formación profesional disciplinaria que implica comprender los conceptos, teorías, principios, métodos, procedimientos y valores asociados a la comprensión de los seres vivos. La segunda ruta es la formación docente, por lo que se promueve el desarrollo de una gama de competencias didácticas que preparan a cada estudiante normalista para sea capaz promover los aprendizajes esperados en la población adolescente de acuerdo con los programas de estudio del nivel correspondiente.

De este modo, si la biotecnología es uno de los ejemplos más claros de tecnociencia, en este curso es imprescindible sumarle el componente didáctico en una triada única que permita desarrollar un curso interdisciplinario.

Por ejemplo, en la medida de lo posible, cada titular del curso podrá planear actividades prácticas que permitan el desarrollo de habilidades y destrezas en contraste con clases totalmente teóricas. En este punto vale la pena apuntar que

las actividades prácticas no se reducen a las experimentales, hay muchos otros tipos que pueden seleccionarse para hacer un curso variado y atractivo. Para ilustrar este planteamiento recordemos la práctica de obtención de ADN que frecuentemente se realiza en las secundarias, es obligatoria para el estudiantado normalista, pero no únicamente la práctica por sí misma, sino acompañada de la discusión didáctica que permita prepararse para desarrollarla de manera exitosa con el alumnado adolescente en un contexto real.

La Licenciatura de Enseñanza y Aprendizaje de la Biología en Educación Secundaria tiene una marcada perspectiva constructivista y sociocultural que, entre otras cosas, plantea la participación activa del estudiantado como corresponsable de su aprendizaje. La persona titular del curso podrá diseñar y ofrecer un catálogo de situaciones didácticas que fomenten el aprendizaje interdisciplinario y colaborativo, lo cual se puede hacer si durante el desarrollo del curso se emplean distintas modalidades didácticas como las que se enlistan a continuación:

- **Aprendizaje basado en casos de enseñanza**

La biotecnología tiene una cantidad de sucesos reales susceptibles de ser instrumentados bajo esta modalidad didáctica, por ejemplo, la ceguera precoz que puede ser causada por la mutación del gen RPE65, dicha mutación genera una distrofia congénita de retina y se ha visto que puede ser tratada mediante terapia génica. Vale la pena señalar que un caso de enseñanza no es únicamente el planteamiento de la situación o historia, incluye una conducción que pone al grupo en constante conflicto cognitivo, análisis, discusión y generación de conclusiones de manera ordenada e intencionada.

- **Aprendizaje basado en problemas**

La tecnología se dedica a dar solución de problemas, así mismo, la biotecnología lo hace, pero mediante la utilización de los procesos físico-químicos de los seres vivos o su modificación intencionada. Existen muchos ejemplos reales que pueden ser trabajados en las clases, desde la fermentación hasta la producción de insulina humana en bacterias. A través del análisis de una situación problema se plantean alternativas de solución. Las y los estudiantes, emulando la práctica

profesional, se vuelven participantes activos y corresponsables de su proceso de aprendizaje, indagando, seleccionando y manejando información para solucionar la situación que se les presenta.

Para la biotecnología estas modalidades logran colocar al estudiantado en el centro del proceso y les colocan en situación de aprendizaje activo que les lleva a construir el conocimiento, esto es, concretar el principio de la triada tecnociencia y vivir la instrumentación didáctica como fuente de su formación profesional.

Sugerencias de evaluación

El enfoque de evaluación del aprendizaje del curso está centrado en la valoración de los logros con fines formativos, es decir, para la mejora de los aprendizajes y respecto a las competencias del perfil de egreso.

Si el curso da continuidad gradual y profundiza buena parte de los aprendizajes que han construido durante los semestres anteriores, entonces es importante la realización de actividades de evaluación diagnóstica que permitan identificar conocimientos, destrezas y valores consolidados con los que cuenta el estudiantado. Identificar los aprendizajes previos permite evitar la reiteración que genera una sensación de que se estudia lo mismo. Por ejemplo, el tema de ADN se estudia desde la educación básica, pero lo deseable es que sea gradual, secuenciada y a diferente profundidad. El ejemplo nos permite ver la importancia del diagnóstico para planear la profundidad del contenido en el curso.

Por su importancia como base conceptual para las dos unidades posteriores, es necesario que todos los estudiantes manejen con soltura los procesos biológicos relacionados con el ADN tanto de eucariontes como de procariontes, tales como su estructura, replicación y expresión. Para ello se sugiere que el diagnóstico se realice mediante instrumentos variados y no únicamente a través de pruebas escritas, a fin de que la información que se obtenga permita valorar con mayor precisión los logros y las dificultades.

Adicionalmente, es recomendable recuperar los saberes previos de las y los estudiantes acerca de conceptos centrales como ingeniería genética, clonación, y biotecnología en general; lo anterior permitirá identificar errores conceptuales que servirán de punto de partida para seleccionar las mejores estrategias didácticas para fortalecer los aprendizajes ya logrados o para que el estudiantado realice el cambio conceptual correspondiente.

Dado que una buena parte del curso se destinará al análisis y, posteriormente, al diseño de casos de aprendizaje, es importante que cada titular del curso conozca la metodología de enseñanza y de evaluación de esta modalidad de trabajo a fin

de que cumpla con el cometido de poner la evaluación al servicio del aprendizaje. Algunas sugerencias incluyen que cada estudiante sea capaz de reflexionar sobre lo aprendido y que autovaloren cómo se alinea con las competencias esperadas, particularmente las de pensamiento crítico y toma de decisiones.

Asimismo, es importante que cada estudiante normalista se haga cargo de sus avances en la tríada señalada con las sugerencias metodológicas, esto es, que realicen una valoración propia de la calidad de sus aprendizajes disciplinares, su formación profesional y las habilidades que van obteniendo para el momento de la instrumentación didáctica.

Con relación a la acreditación de este curso, se retoman las Normas de control Escolar aprobadas para los planes 2018, que en su punto 5.3, inciso e) se menciona: “La acreditación de cada unidad de aprendizaje será condición para que el estudiante tenga derecho a la evaluación global”, y en su inciso f) se especifica que: “la evaluación global del curso ponderará las calificaciones de las unidades de aprendizaje que lo conforman, y su valoración no podrá ser mayor del 50%. La evidencia final tendrá asignado el 50% restante a fin de completar el 100%.” (SEP, 2019, p. 16)

A continuación, se proponen algunas evidencias por unidad que cada docente titular del curso podrá modificar, retomar o sustituir de acuerdo con las características y contextos del grupo que atiende.

Unidad de aprendizaje	Evidencia o producto	Descripción	Porcentaje
I. Introducción a la biotecnología	Modelo didáctico.	Diseño y elaboración de un modelo didáctico concreto que represente alguno de los procesos asociados a la estructura, replicación y/o	10%

		procesos de expresión del ADN.	
II. Técnicas básicas en biotecnología y su enseñanza en la educación secundaria	Informe escrito.	Documento que muestra los contenidos relacionados con la biotecnología en el programa de ciencias de educación básica.	20%
III. Aplicaciones de la biotecnología y su enseñanza	Ensayo.	Escrito libre que integre las opiniones del estudiantado respecto al empleo industrial de los seres vivos y sus productos, considerando las implicaciones económicas, políticas y ambientales.	20%
Tarea integradora.	Diseño de un caso de estudio de biotecnología.	Elaboración de un caso dirigido a las y los alumnos de secundaria en el que se propicie la discusión sobre la importancia de la biotecnología para la salud humana.	50%

Unidad de aprendizaje I. Introducción a la biotecnología

En esta primera unidad cada estudiante recordará los conceptos necesarios para abordar adecuadamente el curso. Si bien los avances en este campo de conocimiento se producen a una velocidad vertiginosa y la biotecnología ha tenido un gran impacto en muchos aspectos de nuestra vida cotidiana, esta unidad de aprendizaje proporciona al estudiantado las herramientas para el conocimiento inicial de la industria biotecnológica, ya que abarca el análisis equilibrado de los factores moleculares de la biología, necesarios para que en la segunda unidad avancen en el estudio de las técnicas, y en la tercera unidad a las aplicaciones contemporáneas y la integración de las cuestiones éticas.

Propósito de la unidad de aprendizaje

Que el estudiantado normalista comprenda la estructura, función y manipulación del material genético mediante la elaboración de un modelo con la finalidad de resignificarlo como elemento potencial para resolver problemas y satisfacer necesidades humanas.

Contenidos

- La biotecnología como campo interdisciplinario resultante de la unión histórica de grandes ámbitos del conocimiento humano: las ciencias biológicas y las tecnologías
- Importancia (agropecuaria, médica, industrial, forense e investigación entre otras)
- Bases biológicas (estructura y replicación del ADN, expresión de la información genética, ingeniería genética, plásmidos bacterianos y vectores virales)

Actividades de aprendizaje

Se propone iniciar con una discusión grupal que permita caracterizar a la biotecnología como campo de estudio que une a las ciencias biológicas y a la tecnología. Si bien como una disciplina relativamente nueva no existe consenso respecto a una definición consensuada, es adecuado partir de las definiciones de biología, así como considerar que la tecnología es la manera en que resolvemos problemas y satisfacemos necesidades mediante procesos y objetos técnicos. Posteriormente, es adecuado realizar acciones que lleven al estudiantado a conceptualizar a la tecnología como el estudio de la técnica y no caer en un reduccionismo hacia las tecnologías de la información y comunicación, trascendiendo los ejemplos básicos, tales como teléfonos celulares, pantallas y computadoras.

Desde el inicio del curso es importante que el estudiantado esté consciente de los productos que realizarán, de modo que puedan decidir cómo los realizarán. Particularmente, en esta unidad se pedirá, además de lo que solicite cada titular del curso, el diseño y posterior elaboración de un modelo didáctico sobre alguno de los procesos asociados a la estructura, replicación o al proceso de síntesis de proteínas. Si bien existen algunos modelos, sobre todo de la estructura y replicación del ADN, al afrontar el reto de diseñar el propio el estudiantado tiene que comprender a fondo el mecanismo elegido para que puedan imaginar y crear un prototipo.

La elaboración de un modelo implica al menos las fases de planeación, desarrollo y evaluación. El diseño implica indagación documental en fuentes reconocidas, actuales y de contenido científico, además del empleo de algún medio para la representación gráfica. La elaboración incluye la selección de materiales y herramientas, y la evaluación requiere la verificación de que el producto cumpla con los objetivos para los que fue elaborado. Este último paso se vería ampliamente enriquecido si se prueba con la población adolescente de educación secundaria, usuarios finales para quienes fue diseñado.

De igual manera, es adecuado apoyarse de videos, audios, películas y series que abordan lo que hace la biotecnología, y con ellos organizar video debates que introduzcan a la unidad y al curso.

Para recuperar los aprendizajes previos es pertinente que cada titular del curso emplee su creatividad, ya sea a través de juegos o actividades lúdicas que permitan evidenciar lo que se sabe y lo que aún no se consolida. El empleo de modelos didácticos que representan la estructura de la doble hélice y las etapas para la replicación es altamente recomendable, asimismo la proyección de videos ayuda a hacer menos abstractos los procesos.

Siempre será una buena actividad seguir el proceso histórico que siguió la biología, desde el descubrimiento de Watson y Crick de la estructura y mecanismo de replicación del ADN, determinación del código genético, la clonación, las endonucleasas de restricción, el dogma central de la biología y qué descubrimientos hicieron que dejara de ser considerado de esa forma.

Como se puede observar, el modelo didáctico elaborado durante la unidad será el producto final que el docente titular deberá valorar para proporcionar la retroalimentación necesaria con la finalidad de enriquecerlo o reestructurarlo.

También será en esta unidad cuando el estudiantado conozca las características de la actividad integradora que será entregada en la tercera unidad de aprendizaje.

Evidencias

Modelo didáctico.

Criterios de evaluación

Conocimientos

- Relaciona conocimientos de la biología con los contenidos de la tecnología desde una visión integradora para propiciar el aprendizaje del alumnado.
- Describe los mecanismos básicos de la herencia biológica y sus

múltiples formas de expresión.

- Representa alguno de los procesos solicitados de manera correcta y completa.
- Crea y emplea analogías para favorecer el desarrollo del pensamiento operatorio formal hipotético-deductivo de los estudiantes.
- Recupera aprendizajes previos y los conecta con nuevos generando nuevos aprendizajes.

Habilidades

- Articula el conocimiento de la biología y su didáctica para conformar marcos explicativos y de intervención eficaces.
- Muestra capacidad de trasladar fenómenos de la vida real a una representación concreta.
- Identifica de manera precisa la esencia del proceso biológico.
- Selecciona la mejor alternativa en función de sus posibilidades.

Actitudes y valores

- Decide acertadamente en beneficio del alumnado.
- Manifiesta responsabilidad en las actividades que realiza, individual y colectivamente.

- Promueve el respeto, la colaboración y la empatía con los demás participantes.
- Aplica el enfoque de género y derechos humanos
- Colabora de manera continua con diversos actores para diseñar su modelo.
- Muestra respeto por las diferentes formas de pensar.
- Respeta la diversidad en todas sus manifestaciones.
- No discrimina ni excluye.
- Rechaza la violencia.

Bibliografía básica

A continuación, se presenta un conjunto de textos, el profesorado podrá elegir aquellos que sean de mayor utilidad, o bien a los cuales tenga acceso, pudiendo sustituirlos por textos más actuales.

Argüello, R. (2006). Biotecnología: la revolución que México necesita. En *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, vol. V, núm. 2, pp. 131-135. Disponible en <https://bit.ly/2O4V14c>

Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A. y Massarini, A. (2018). *Biología*. México: Panamericana.

Hoagland, M. y Dodson, B. (1998). *The way life works*. USA: Times Books.

Lopez-Munguia, A. (2020). La biotecnología: breve historia de un sistema complejo. En *Biotecnología en Movimiento. Revista de divulgación del*

Instituto de Biotecnología de la UNAM, núm. 23, pp. 23-31. Disponible en <https://bit.ly/3kOB7q0>

Sánchez Montero, J. M. (2011). Biotecnología: presente y futuro. En *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, vol. 77, núm. 4. Disponible en <https://bit.ly/3kM4Z6y>

Thieman, W. y Palladino, M. (2010). *Introducción a la biotecnología*. México: Pearson.

Walker, R. (2004). *Genes y ADN*. México: Cee Weston-Baker/Altea-SEP.

Bibliografía complementaria

Camacho, S. (2015). *Ensayos biotecnológicos*. España: Síntesis.

Soberón F. (2000). *La ingeniería genética y la nueva biotecnología*. México: FCE.

Ridley, M. (2004). *Qué nos hace humanos*. México: Santillana.

Recursos de apoyo

Academia Mexicana de Ciencias. Tendencias, Prioridades, Oportunidades y Recomendaciones por Sector en los que Incide la Biotecnología. Disponible en <https://bit.ly/3rygeCh>

Chile BIO. La Estructura del ADN, los genes y el código genético. Disponible en <http://bit.ly/3ckFfKP>

Khan Academy. Introducción a la biotecnología. Disponible en <https://bit.ly/2Osboru>

Tovar, L. (s.f.). Desarrollo de OGMs: Biotecnología moderna y nuevas aplicaciones. Disponible en <https://bit.ly/3rmObpc>

Unidad de aprendizaje II. Técnicas básicas en biotecnología y su ubicación en educación secundaria

En esta unidad cada estudiante tendrá un acercamiento a los componentes procedimentales básicos que se emplean para la producción de bienes y servicios con base en los procesos biológicos para conocer a detalle desde las primeras técnicas propiamente biotecnológicas hasta las más contemporáneas. Mediante esta visión histórica comprenderá las aplicaciones modernas, de vanguardia y emergentes de la biotecnología que le han permitido experimentar el acelerado desarrollo de las últimas décadas.

Las técnicas biotecnológicas modernas se agrupan en dos: tecnología del ADN y cultivo de tejidos. En las primeras, están involucrados los procesos de manipulación de genes de plantas, animales y microorganismos; las segundas involucran a las células (con sus componentes: membranas, cloroplastos, mitocondrias, etcétera) así como tejidos y órganos, en condiciones controladas.

El reto para el estudiante normalista será el análisis sobre cómo podrían realizar la transposición didáctica para hacer que los adolescentes tengan sus primeros acercamientos sobre la biotecnología en educación básica, para lo cual requerirán revisar los programas de estudio e identificar en las asignaturas los contenidos asociados a ella.

Propósito de la unidad de aprendizaje

Cada estudiante normalista conocerá el desarrollo de la biotecnología mediante el análisis de los principales trabajos, investigaciones y las técnicas fundamentales utilizadas que le permitan comprender los riesgos-beneficios de su empleo para enriquecer sus conocimientos a fin de fortalecer su labor docente.

Contenidos

- Técnicas biotecnológicas modernas (Enzimas de restricción, ADN Recombinante (ADNr), secuenciación del ADN, técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y CRISPR, entre otras)
- Contenidos de biotecnología en la educación básica (Ciencias naturales primaria, Ciencia I. Con énfasis en biología, Ciencias II. Con énfasis en física y Ciencias III. Con énfasis en química, Asignatura de tecnología, entre otras)

Actividades de aprendizaje

A continuación, se brindan algunas sugerencias de actividades que, a reserva de la opinión del titular del grupo, pueden ser de utilidad para el desarrollo del curso.

Para esta segunda unidad de aprendizaje se propone que el docente titular prepare varias situaciones problemáticas tomando como base la historia de la ciencia, planteadas de modo que lleven a los estudiantes a indagar y reflexionar acerca de cómo se llegó a los avances actuales.

La idea central es colocarlos ante algunas situaciones reales que enfrentaron los investigadores para que comprendan cómo avanza el conocimiento científico y tecnológico, particularmente en cuanto a la biotecnología.

Por ejemplo, a mediados del siglo pasado había un interés manifiesto por dilucidar la estructura del ADN, muchos científicos notables, entre los que se encontraba Linus Pauling, propusieron modelos de la estructura del ADN, hasta que James Watson y Francis Crick descubrieron el modelo de la doble hélice, lo que significó un avance científico notable en la biología y el inicio formal de la biotecnología.

Los problemas deben tener diversos grados de complejidad, de modo que los estudiantes avancen paulatinamente en su resolución, es decir, que para llegar a comprender a cabalidad la técnica CRISPR es altamente recomendable que

conozcan primero cómo fue el descubrimiento y la función de las endonucleasas de restricción, ya que han ayudado en el estudio de la regulación y expresión del genoma de los seres vivos, así como su utilización en la clonación y edición genética. Por ejemplo, una pregunta de baja complejidad es: defina biotecnología y argumente su respuesta; mientras que otra actividad detonadora, pero de mayor dificultad es: establezca la relación entre la reacción en cadena de la polimerasa con el proceso natural de replicación del ADN.

Como veremos, en todos los casos es necesario que pongan en práctica sus habilidades de indagación en diversas fuentes, particularmente en fuentes primarias, pero también sus habilidades de pensamiento para reflexionar, razonar, seleccionar y evaluar de manera cada vez más independiente durante el estudio de las situaciones problemáticas vividas por los investigadores. Seguramente descubrirán que el seguimiento de esta parte de la historia de la ciencia está estrechamente ligado nada menos que a *las científicas* y los científicos galardonados con el premio Nobel, así de importante es para la humanidad.

El permitirles decidir los medios y métodos para afrontar los problemas lleva a sus estudiantes por el camino de la autonomía de aprendizaje y del trabajo colaborativo. Ver cómo se realizan los procedimientos prácticos, sean experimentales o de otra índole, es necesario para que las y los estudiantes alcancen una mejor comprensión de las técnicas. Para ello es posible recurrir a videos o salidas a laboratorios de investigación de universidades e institutos, si el contexto lo permite.

Respecto a la parte de contenidos relacionada con el análisis de los aprendizajes esperados del campo formativo Exploración y comprensión del mundo natural y social, particularmente del tercer año de primaria hasta el último grado de la educación secundaria, el titular del grupo podrá seleccionar la estrategia que considere más pertinente para que se cubra el propósito de la unidad.

Finalmente, se recomienda que las y los estudiantes relacionen los temas de los programas con los problemas reales que ha enfrentado la comunidad científica y cómo los resolvieron, esto con dos intenciones: primero, para que valoren que

el avance del conocimiento no es lineal y que, en la mayoría de los casos, los esfuerzos llevaron a caminos cerrados desde el punto de vista de la investigación, y segundo, que puedan realizar la instrumentación didáctica del programa de secundaria bajo la método histórico, lo cual facilitará la apropiación de los contenidos a los jóvenes estudiantes de secundaria.

Con la información anterior deberá elaborar un informe en el que relacione lo aprendido hasta el momento sobre biotecnología y las necesidades que hay sobre estas temáticas en los programas de estudio de educación básica.

Evidencias

Informe escrito.

Criterios de evaluación

Conocimientos

- Comprende los fundamentos teóricos de la biotecnología.
- Identifica las técnicas utilizadas por la biotecnología.
- Reconoce el carácter histórico-social de la biología y sus métodos para explicar cómo la biotecnología depende de un marco teórico.
- Identifica los contenidos curriculares asociados a la biotecnología.

Habilidades

- Relaciona los contenidos de la biología con las demás disciplinas del Plan de estudios vigente.
- Sustenta sus reflexiones y opiniones en fuentes científicas.
- Selecciona fuentes primarias que favorecen el desarrollo del conocimiento histórico de la biotecnología.

- Usa las TIC para indagar y analizar situaciones reales.
- Selecciona los contenidos asociados a la biotecnología en los programas de estudios del campo formativo.

Actitudes y valores

- Valora la importancia del trabajo colaborativo.
- Manifiesta autonomía de pensamiento y de acción en relación con los aprendizajes.
- Demuestra apertura a ideas distintas sobre el impacto de los productos y servicios biotecnológicos en la salud y el ambiente.
- Reconoce la importancia de obtener información confiable en fuentes primarias.

Bibliografía básica

Argüello, R. (2006). Biotecnología: la revolución que México necesita. En *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, núm. 2, pp. 131-135. Disponible en <https://bit.ly/3sRTUUF>

Blancou, J. (1990). Utilización y control de métodos biotecnológicos en el campo veterinario. En *Rev. sci. Tech. Off. int. Epiz.*, vol. 9, núm. 3, pp. 661-680. Disponible en <https://bit.ly/39raO4b>

Real, M., Rausell, C. y Latorre S. (s/a). *Técnicas de ingeniería genética*. España: Síntesis.

Bibliografía complementaria

Bisang, R., Gutman, G., Lavarello, P., Sztulwark, S. y Díaz, A. (Comps.) (2006). *Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la economía argentina.* Buenos Aires: Prometeo/Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS). Disponible en <https://bit.ly/35gfo3R>

Garro-Monge, G. (2012). Desarrollo de cultivos y alimentos por técnicas de biotecnología moderna en Centroamérica. En *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 25, núm. 4, p. 40. Disponible en <https://bit.ly/38p56jV>

Ortiz, R. (2012). La adopción de la biotecnología moderna y su compatibilidad con una agricultura sustentable. En *Idesia (Arica)*, vol. 30, núm. 3, pp. 3-10. Disponible en <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292012000300001>

Valdés-Infante, N., et al. (2012). La biotecnología como herramienta para la propagación, conservación y el mejoramiento genético del guayabo. En *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 14, núm. 2, pp. 7-19. Disponible en <https://bit.ly/2PETOkA>

Recursos de apoyo

Juan Gonzalo Á. Biotecnología: los Desafíos Alimenticios del Futuro - TvAgro. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=0s4Lq81x8uc>

Los 5 avances más importantes de la biotecnología. TvAgro. Disponible en <http://bit.ly/3uXgdd5>

Unidad de aprendizaje III. Aplicaciones de la biotecnología y su enseñanza

En esta unidad cada estudiante analizará las aplicaciones de las tecnologías que utilizan sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos. Lo anterior será realizado mediante el análisis de casos reales que muestran las implicaciones en la salud, la economía y el medio natural y construido a fin de que pueda gestionar su enseñanza en educación básica.

Cerca de concluir el semestre cada estudiante tendrá la oportunidad de analizar a profundidad cómo las aplicaciones de la biotecnología pueden convertirse en herramientas para resolver importantes problemas científicos y sociales en beneficio de la humanidad y el medio ambiente, sin dejar de lado que al mismo tiempo encontrarán motivos para que reflexionen sobre las múltiples cuestiones éticas relacionadas con el manejo de seres vivos con fines industriales.

En cuanto a su formación profesional docente en esta unidad reconocerá algunos métodos de enseñanza que, si bien no son exclusivos de la biotecnología, sí son útiles para estudiarla.

Al final encontrarán la tarea integradora, la cual tiene un decidido carácter formativo docente, ya que se analiza un caso real tras el cual se le da la oportunidad al estudiante de que diseñe uno propio dirigido al alumnado de educación obligatoria con los que va a interactuar en su labor docente.

Propósito de la unidad de aprendizaje

Que el estudiante normalista conozca las aplicaciones de la biotecnología en beneficio de la sociedad humana mediante el análisis de casos reales con la finalidad de diseñar un caso de estudio dirigido al alumnado de educación secundaria.

Contenidos

- Aplicaciones de la biotecnología en la obtención de productos empleando organismos procariontes y eucariontes; satisfactores para consumo humano, células madre, terapia génica; organismos genéticamente modificados, así como para la producción de sustancias industriales, biorremediación, el control biológico, entre otros
- Bioética. Regulación de las actividades de la biotecnología, el principio precautorio, cuidado del ambiente, organismos genéticamente modificados, clonación, no discriminación, uso de seres vivos con fines comerciales y de investigación
- Enseñanza de la biotecnología mediante la indagación documental, análisis de textos, empleo de modelos didácticos, método histórico, actividades prácticas y uso del libro de texto, entre otros

Actividades de aprendizaje

A continuación, se presentan algunas sugerencias metodológicas para organizar esta última unidad de aprendizaje.

Considerando que la tarea integradora debe reunir lo aprendido en las tres unidades de aprendizaje que conforman el curso, podemos resumir de la siguiente manera: la unidad de aprendizaje I sienta las bases conceptuales para el curso, la segunda, establece las herramientas biotecnológicas, y esta última trata de la aplicación y enseñanza.

Asimismo, en esta tercera unidad se abordan las consideraciones bioéticas de la manipulación genética, el componente de tecnología que implica la satisfacción de necesidades, pero con un componente económico y político indisociable, por ello se debe promover el debate entre las y los estudiantes a fin de que profundicen sus puntos de vista, para lo cual es imprescindible que estudien cada situación a efecto de que cuenten con datos que les permitan debatir con argumentos informados.

Se sugiere que durante el desarrollo de los contenidos se designen lapsos para discutir los aspectos de seguridad como salud humana y posibles alteraciones ambientales. Es altamente recomendable que se vaya construyendo el principio precautorio como ideal que orienta la toma de decisiones humanas, particularmente en cuanto al empleo o modificación intencional de seres vivos o sus procesos con fines industriales. Dicha construcción no puede darse de manera expositiva, ni por norma, es producto de un proceso individual que implica la conciencia, la evaluación y toma de decisiones, que son de las funciones ejecutivas humanas.

Es recomendable no dejar de lado los usos y costumbres, así como la cosmovisión de los pueblos que conforman el entramado cultural de nuestro país. En cursos anteriores se ha enfatizado la importancia del componente cultural de los pueblos de México, es preciso reconocerlo puesto que frecuentemente sostiene consideraciones distintas al pensamiento europeo, un ejemplo concreto es que para la mayoría de nuestros pueblos originarios el terreno real y simbólico tiene alta importancia y, a diferencia del punto de vista occidental, no separa cultura de naturaleza. Por ello más que confrontarlos es deseable hacerlos convivir y lograr puentes culturales, de manera que la construcción de conocimientos se vea enriquecida con más de una forma de explicar la realidad.

Cada docente titular debe abstenerse, en la medida de lo posible, de emitir sus puntos de vista, pues perder la objetividad y tomar partido por algunas de las opiniones vertidas por el grupo es un elemento que sesga el desarrollo de las sesiones, por ejemplo, entre los aspectos que normalmente se discuten es si la biotecnología es buena o mala. Hay que dejar que el alumnado llegue por sí mismo a la construcción de que al igual que en otras aplicaciones tecnológicas -dado que se trata de herramientas- no es posible hablar de bueno o malo, sin duda son muy poderosas y por lo tanto riesgosas, pero detrás de ellas siempre hay agentes éticos que las aplican.

Cada debate e intercambio los llevará a contar con elementos que posteriormente sistematizarán en forma de un escrito libre como medio de

comunicación donde cada estudiante desarrolle sus opiniones (producto de sus interpretaciones de la realidad) explorando o evaluando el empleo industrial de los seres vivos y sus productos. Este escrito debe contener elementos interdisciplinarios, entre los que se encuentran las implicaciones económicas, políticas y ambientales.

En cuanto a la enseñanza de la biotecnología se sugiere que se sigan los mismos principios para la enseñanza de la ciencia y de la tecnología, es decir, aplicar medios para el análisis de textos científicos, así como de dispositivos tecnológicos, tan importante es conocer qué es la técnica del ADN recombinante cómo aprender los materiales y procedimientos que se emplean para su obtención.

El método histórico propone una enseñanza de la ciencia que presente los descubrimientos como se fueron presentando en la historia de la biotecnología, un tanto como se estudió en la primera unidad de este curso. De preferencia, dejar de lado los estudios de avances empíricos, por ejemplo, el empleo de fermentación es sumamente antiguo, sin embargo, no se sabía que se debía a los microorganismos y no fue hasta que Pasteur realizó sus experimentos que esto se dio a conocer.

Es relevante que el docente realice actividades prácticas en beneficio de la formación integral de las y los estudiantes.

Finalmente, para este semestre ya han elaborado varios ensayos, por lo que desde el principio deberá acordarse con el grupo la importancia de avanzar en la técnica correcta para elaborar esta producción literaria.

Como producto final de la unidad se sugiere que el estudiantado elabore un ensayo en el que integre su punto de vista sobre el empleo industrial de los seres vivos tomando en consideración las implicaciones económicas, políticas y ambientales.

Para concluir el curso cada docente titular podrá organizar al grupo para que las y los estudiantes normalistas realicen el análisis de al menos el siguiente caso, no está por demás recordar que los casos deben considerarse ejemplos que

pueden sustituirse por los que el titular del curso considere más pertinentes, esta actividad es importante para alcanzar los objetivos del curso.

Por cuestiones de espacio solamente desarrollaremos uno de los casos, será necesario que los docentes desarrollen los que consideren adecuados.

Caso: Control del paludismo empleando mosquitos modificados mediante biotecnología

Introducción

El paludismo, también conocido como malaria, es una enfermedad con alta incidencia en el mundo, que cobra la vida de cientos de miles de personas anualmente, particularmente en la África subsahariana. Europa logró erradicarla y en América, el Salvador es el único país certificado sin esta enfermedad, en México el paludismo representa un riesgo para la salud, y solamente el estado de Tlaxcala está libre de esa enfermedad.

Las niñas, niños y adolescentes son el sector de la población más vulnerable, la Organización Mundial de la Salud estima que cerca de 7 de cada diez de los que mueren cuentan con menos de cinco años.

El paludismo es una enfermedad infecciosa causada por protozoarios parásitos del género *Plasmodium* los cuales pertenecen al *phillum Apicomplexa*. En África, el principal agente causal es el *Plasmodium falciparum*, mientras que en América el más frecuente es el *Plasmodium vivax*.

El ciclo de vida de este parásito incluye dos hospederos, el primero es un vector invertebrado: el mosquito *Anopheles gambiae*, y el segundo, el huésped final, un vertebrado, por ejemplo, el ser humano.

Puede ser interesante resaltar que sólo las hembras del mosquito se alimentan de sangre (los machos son fitófagos), por lo que son ellas las que transmiten la enfermedad a los humanos.

Tradicionalmente el enfoque para prevenir y reducir la transmisión del paludismo ha sido combatir a los vectores, para ello se han utilizado

insecticidas de manera indiscriminada. Eso se hace mediante dos grandes métodos: el uso de mosquiteros tratados con insecticida y/o rociándolo al interior de las casas.

Si bien existen otros tratamientos preventivos que implican administrar medicamentos químicos a las personas, los preferidos son los anteriores. Sin embargo, es indudable que el éxito depende también de combatir otros factores de tipo socioeconómico como la desnutrición y la pobreza, así como garantizar que exista equidad en el acceso a los servicios de salud, educación y agua potable.

Juntos, la desnutrición y el paludismo hacen una combinación fatal y en estos tiempos, a este par se le ha sumado la pandemia por COVID-19.

Con este panorama, es imperativo tomar acciones alternativas y novedosas basadas en conocimientos científicos y tecnológicos para atender y dar solución a esta problemática de salud mundial.

La alternativa biotecnológica

En los últimos años, los métodos basados en la ingeniería genética han tenido importantes avances para poder eliminar las poblaciones de mosquitos.

Es decir, que en lugar de enfocarse a los humanos o al parásito, los biólogos están evaluando el uso de nuevas herramientas para editar los genes de los vectores. Bajo el principio: "Sin mosquitos no hay malaria". La herramienta principal se conoce como genética dirigida, y se basa en insertar una secuencia genética específica en las células reproductoras de uno de los sexos en estos organismos haciéndolos estériles, de esa manera al reproducirse se transmitirá el nuevo gen a toda la descendencia del mismo sexo, quienes, a su vez, lo transmitirán a su progenie, de modo que con el tiempo el gen ocasionará la aniquilación de toda la población.

Andrea Crisanti, uno de los científicos que lideran el trabajo publicó en la revista *Nature Biotechnology*, que propagando una modificación genética que impidió la reproducción de las hembras, han logrado eliminar con

éxito en condiciones de laboratorio, una población de mosquitos (y por ende de los vectores para el *Plasmodium*).

Estos investigadores modificaron un gen que determina el desarrollo sexual en mosquitos *A. gambia* mediante la técnica de edición genética CRISPR. Lo que hicieron fue introducir la mutación en el 12% de una población de 600 insectos.

A lo largo de un año cuidaron a los mosquitos, alimentando a las larvas con comida de gato, a los machos adultos con agua azucarada y a las hembras con sangre humana (obtenida de un banco de sangre, pero con calidad no apta para ser transfundida).

La mutación se extendió en la población, de modo que tras 11 generaciones no quedaba ningún insecto. Estos resultados son alentadores y hasta el momento en que se escribió este caso, se sigue valorando la posibilidad de aplicarlo en la naturaleza.

La controversia

Estos avances han suscitado un debate sobre los beneficios y los riesgos de los mosquitos modificados, ya que por un lado implican actuar y alterar el ADN para promover intencionalmente cambios genéticos autosostenibles; pero, por otra parte, millones de personas han muerto víctimas de esa enfermedad y bajo esta metodología es posible lograr no sólo su control, sino la erradicación y por lo tanto evitar dolor en cientos de miles de personas de bajos recursos.

Sin embargo, algunos de quienes se oponen argumentan que “no es posible que los científicos jueguen a sentirse Dios”, o que si “Dios creó a los moscos, quienes somos nosotros para interferir en la creación divina”, otras posturas distintas señalan el riesgo ecológico de reducir o acabar con la población de estos insectos.

Finalmente, otras personas opinan que si se acepta esterilizar animales se está abriendo la puerta para posteriormente esterilizar seres humanos.

Ante la controversia, en octubre de 2020, la OMS publicó una nueva declaración donde aclaró su posición en cuanto a la evaluación y la utilización de los mosquitos modificados por bioingeniería para el control de las enfermedades transmitidas por vectores.

Fin del caso

La instrumentación didáctica corresponde a cada docente titular del grupo, siguiendo las sugerencias para realizar el análisis correspondiente. Si bien hay sugerencias generales, cada grupo es distinto, por lo que es labor del titular utilizar sus habilidades y creatividad para coordinar sesiones enriquecedoras y llenas de momentos de aprendizaje. Hay que tener siempre presente el propósito del curso, para evitar que las discusiones se extravíen hacia rumbos que, si bien pueden ser interesantes, no llevarán al objetivo de esta actividad de aprendizaje.

Una vez concluido el análisis del caso, las y los estudiantes organizados como el profesor lo considere más conveniente diseñarán un caso para ser trabajado con el alumnado de educación secundaria.

Para ello, es pertinente recordar que el caso será ser escrito con lenguaje accesible, colocando al alumnado en el centro y en situación lo más cercana posible a la realidad, para que el estudio y análisis le permitan indagar, procesar y sistematizar información necesaria que le permita llegar al conocimiento más profundo del tema que le sea posible.

Recordemos que esta modalidad didáctica tiene momentos individuales y otros colaborativos, pero que usualmente concluye con una plenaria donde se vierten las opiniones soportadas con argumentos. Como sucede en las situaciones reales, es difícil llegar a conclusiones generales que satisfagan a todos. Pese a ello los consensos deben buscarse siempre.

A continuación, se presenta un listado de temas sugeridos en los que la biotecnología puede tener un papel importante.

- Fibrosis cística.

- Producción de Insulina humana mediante bacterias.
- Producción de somatropina, la hormona del crecimiento humano recombinante (HGHR).
- Proyecto genoma humano.
- Organismos genéticamente modificados (transgénicos).
- Clonación.
- Luxturna. Amaurosis congénita de Leber, causada por mutaciones en el gen RPE65.
- Producción de aves de corral de manera intensiva.

Evidencias

Criterios de evaluación

Ensayo.

Tarea integradora. Diseño de un caso biotecnológico para alumnos de educación secundaria.

Conocimientos

- Reconoce las acciones que el ser humano ha realizado al manipular la información genética de los organismos, así como las consecuencias biológicas, económicas y ético-morales que conlleva.
- Explica los principios biológicos que sustentan los procedimientos para la edición genética y otras técnicas aplicadas en la modificación de seres vivos.
- Identifica avances científicos y tecnológicos en las ciencias que han permitido profundizar en el conocimiento de los seres vivos.

- Explica el empleo de técnicas biotecnológicas para solucionar problemas de salud.
- Señala las ventajas y desventajas del empleo de la biotecnología.
- Identifica los procedimientos para la edición genética y otras técnicas aplicadas en la modificación de seres vivos.
- Utiliza información del contexto en el diseño y desarrollo de ambientes de aprendizaje incluyentes.

Habilidades

- Identifica problemas sociales que pueden estudiarse desde la perspectiva biotecnológica.
- Diseña casos que permiten analizar las aplicaciones de ingeniería genética.
- Selecciona temas y argumenta de manera informada sus puntos de vista.
- Genera textos escritos correctamente.
- Aprende de manera autónoma y muestra iniciativa para autorregularse y fortalecer su desarrollo personal.

- Describe el impacto de la biotecnología en diversos campos de la actividad humana.
- Caracteriza a la población estudiantil con la que va a trabajar para hacer transposiciones didácticas congruentes con los contextos y los planes y programas.
- Maneja las TIC como herramientas de búsqueda, almacenamiento, procesamiento y tratamiento de la información de manera crítica.
- Propone situaciones de aprendizaje de la biología considerando los enfoques del plan y programa vigentes; así como los diversos contextos de los estudiantes.
- Diseña y realiza actividades prácticas para desarrollar habilidades de pensamiento científico.

Actitudes y valores

- Actúa de manera responsable y promueve acciones diversas para la conservación y el cuidado del ambiente en el marco de la sostenibilidad.
- Colabora con diversos actores para generar proyectos innovadores de impacto social y educativo.
- Muestra apertura a ideas distintas a las propias.

- Reflexiona sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje y los resultados de la evaluación para hacer propuestas que mejoren su propia práctica.
- Es respetuoso de las opiniones de los demás.
- Se comporta adecuadamente en grupo, es tolerante, empático y colaborador.
- Promueve relaciones interpersonales que favorecen convivencias interculturales.
- Aplica una perspectiva bioética a las aplicaciones biotecnológicas.
- Respeta a la naturaleza y sus procesos.
- Valora la ciencia y la tecnología como actividades humanas en beneficio de la sociedad.

Bibliografía básica

A continuación, se presenta un conjunto de textos, el profesorado podrá elegir aquellos que sean de mayor utilidad, o bien a los cuales tenga acceso, pudiendo sustituirlos por textos más actuales.

Bier, E. y Sober, E. (2020). Edición de genes y la guerra contra la malaria: el uso de impulsores genéticos CRISPR para criar mosquitos en mejor forma puede prevenir una enfermedad devastadora. En *Científico*

estadounidense, vol. 108, núm. 3, pp. 162-170. Disponible en <http://bit.ly/30jGsfv>

Ocelli, M. (2011). La enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria y su abordaje en los libros de texto: Un estudio en la ciudad de Córdoba. En *Revista de Educación en Biología*, vol. 14, núm. 2, pp. 42-45. Disponible en <http://bit.ly/3kNPPxq>

Xiaoying, Z., Dongjing, Z. y Yongjun, L. (2019). Incompatible and sterile insect techniques combined eliminate mosquitoes. En *Nature*, núm. 572, pp. 56-61. Disponible en <http://bit.ly/3rq2p8A>

Bibliografía complementaria

Santillán, P., Grether, P. y Medina, M. (2019). Reflexiones sobre la ingeniería genética a propósito del nacimiento de gemelas sometidas a edición génica. En *Gaceta Médica de México*, vol. 156, núm. 1, pp. 53-59. Disponible en <https://bit.ly/39rdTkL>

Soberón F. (2000). *La ingeniería genética y la nueva biotecnología*. México: FCE.

Recursos de apoyo

Netflix (2019). *Selección Antinatural*. Serie.

National human genome research institute. Disponible en <https://www.genome.gov/about-genomics/teaching-tools>

PROMEXICO. Disponible en <https://www.gob.mx/promexico/acciones-y-programas/biotecnologia>

SciDev.Net Biotechnology - SciDev.Net

Gene Therapy for Inherited Retinal Diseases Video. Disponible en <https://youtu.be/JuEnCDBYQQY>

Perfil docente sugerido

Perfil académico

Profesional con experiencia en la docencia en el área de Biología, con conocimiento de los niveles que serán atendidos por los egresados.

Con dominio de los conocimientos disciplinarios y del enfoque pedagógico del Plan de estudios. De preferencia, con experiencia en investigación educativa.

Nivel académico

Obligatorio: nivel de licenciatura en educación secundaria con especialidad en Biología o en el área de Ciencias Naturales.

Licenciatura en Biología.

Deseable: preferentemente maestría o doctorado en el área de educación y con conocimientos sobre Biología.

Experiencia docente para:

- Desarrollar el enfoque establecido en el Plan de estudios.
- Planear y evaluar por competencias.
- Utilizar las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Retroalimentar oportunamente el aprendizaje de los estudiantes.
- Coordinar grupos de aprendizaje.
- Planear, enseñar y evaluar por competencias.
- Utilizar las TIC para facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Capacidad para diseñar, propiciar, mediar y evaluar situaciones de aprendizaje.

- Aplicar estrategias didácticas diversas y adecuadas para la enseñanza de los contenidos biológicos, reconociendo la importancia de la enseñanza de las ciencias naturales en una sociedad inmersa en avances científicos y tecnológicos.
- Promover el desarrollo de habilidades y valores asociados con la formación científica.
- Trabajar con adolescentes urbanos y de zonas rurales.
- Promover la inclusión en grupos de aprendizaje.

Experiencia profesional

Experiencia docente en asignaturas de Ciencias Naturales en nivel secundaria o media superior.

Referencias del curso

Diario Oficial de la Federación (2018). Anexo 12 Biología. En *Acuerdo número 14/07/18 por el que se establecen los planes y programas de estudio de las licenciaturas para la formación de maestros de educación básica que se indican*. México: DOF.

Diario Oficial de la Federación (2019). *Acuerdo número 20/11/19 por el que se modifica el diverso número 12/10/17 por el que se establece el plan y los programas de estudio para la educación básica: aprendizajes clave para la educación integral*. México: DOF. Disponible en <http://bit.ly/3kQftSv>

Bier, E. y Sober, E. (2020). Edición de genes y la guerra contra la malaria: el uso de impulsores genéticos CRISPR para criar mosquitos en mejor forma puede prevenir una enfermedad devastadora. En *Científico estadounidense*, vol. 108, núm. 3, pp. 162-170. Disponible en <http://bit.ly/30jGsfv>

MIT (2018). *Nueva polémica genética: la ONU valora prohibir los genes dirigidos*. Disponible en <http://bit.ly/3eapw3n>

Organización Mundial de la Salud (2020). *Informe Mundial 2020 sobre el Paludismo*. Disponible en <https://bit.ly/2MPIPuf>

Secretaría de Salud (2016). *Información General de Paludismo*. Disponible en <https://bit.ly/2O4j4QE>

Xiaoying, Z., Dongjing, Z. y Yongjun, L. (2019). Incompatible and sterile insect techniques combined eliminate mosquitoes. En *Nature*, núm. 572, pp. 56-61. Disponible en <http://bit.ly/3rq2p8A>

Otros recursos

National human genome research institute. En esta organización de colaboración única, todos están enfocados en contribuir a la investigación de alto impacto y ayudar a aplicar nuevos descubrimientos al estudio de la

salud humana, cuenta con una sección de apoyo a la enseñanza. Disponible en <https://www.genome.gov/about-genomics/teaching-tools>

SciDev.Net es la principal fuente mundial de noticias, puntos de vista y análisis fiables y autorizados sobre ciencia y tecnología para el desarrollo global. Contiene un apartado sobre biotecnología. Disponible en [Biotechnology-SciDev.Net](#).