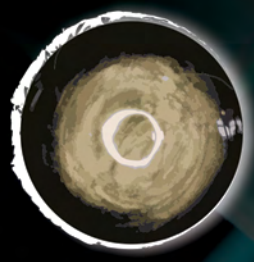
Biotecnología, la ciencia del futuro
Brenda Valderrama Blanco pág. 3

BiotecnologIAs. Impacto de la IA en la biotecnología
Lorenzo Segovia Forcella pág. 18

Vivir en México e intentar salvar el mundo
Entrevista a Daniel Rodríguez Chamorro pág. 22



OBSIDIANA

Ciencia y Cultura por México

BIOTECNOLOGÍA

el código de la vida

AÑO 2, NÚM. 13.
MÉXICO, DICIEMBRE DEL 2024

NUESTRAS REDES SOCIALES

@Obsidianamx @obsidiana_mex @obsidiana_mex

Busca contenidos exclusivos en la versión digital de ***Obsidiana***, disponible en:

www. obsidianadigital.mx

OBSIDIANA
Ciencia y Cultura por México

DICIEMBRE 2024

obsidianadigitalmx@gmail.com

Contraportada:
Amplificación de la secuenciación colorida de Sanger. Por ktsimage.

Consejo Editorial

Presidente
José Franco

Estrella Burgos (†), Lamán Carranza Ramírez, Luz de Teresa, Luis Roberto Flores Castillo, Alejandro Frank, Azucena Galindo, Cinthya García Leyva, Marcia Hiriart, Alonso Huerta, Antonio Lazcano, Omar López-Cruz, María Nieves Noriega, Raúl Rojas, Pedro Salazar, José Seade, Marina Stavenhagen, Brenda Valderrama Blanco, Yael Weiss

Equipo Editorial

Lamán Carranza Ramírez
Dirección general
Luisa Fernanda González Arribas
Editora en jefe
Omar Hernández Godínez
Diseño e ilustración editorial

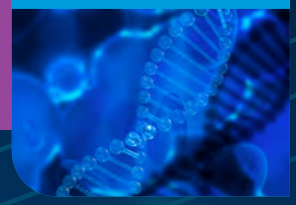
No. 13 Biotecnología: el código de la vida

Brenda Valderrama y Mónica Pineda
Editoras invitadas

CONTENIDO

2 Biotecnología: ciencia que revoluciona
Lamán Carranza

EMERGENTE



16 Transferencia tecnológica: un camino desafiante
Marcela Amaro Rosales y Rebeca de Gortari Rabiela

ESPEJO

ESPEJO

El valor económico y humano de la biotecnología farmacéutica
Octavio Tonatiuh Ramírez Reivich
6

FRAGMENTOS

20 ¿Dónde estudiar biotecnología?

AMORFO

24 El tamaño de tu origen no define el alcance de tus sueños: Patricia Soria
Emiliano Cassani

8 Vacunar mosquitos para interrumpir la transmisión de enfermedades
Humberto Lanz Mendoza

ESPEJO

ESPEJO

10 Aportaciones de la biotecnología a la infertilidad
Claudia Lydia Treviño Santa Cruz
Paulina Torres Rodríguez
Julio César Chávez Zamora

INTRUSIÓN

26 Dar vida a lo surreal para desafiar las fronteras de lo que creemos posible
Luisa F. González A.

REFLEJOS

30 ¡Eureka!, el momento más emocionante de hacer ciencia: Laura Palomares

12 Biotecnología agrícola, ¿ángel o demonio?
Alfredo Herrera Estrella

ESPEJO

ESPEJO

OGMs: biodiversidad, legislación y desafíos
Claudia Díaz Camino y Fausto Kubli García
14

BIOTECNOLOGÍA: CIENCIA QUE REVOLUCIONA

Lamán Carranza
DIRECTOR GENERAL
@LamanCarranza @lamancarranza @lamancarranza

Imagina un mundo donde las enfermedades sin cura se convierten en meras anécdotas del pasado, donde los alimentos son más nutritivos, y donde nuestro planeta respira aliviado gracias a prácticas sostenibles. Este es el futuro que la biotecnología está construyendo.

A menudo vista como una disciplina moderna, la biotecnología tiene raíces ancestrales, pues se utiliza desde que el humano descubrió el proceso para la fermentación del pan, la producción de vino y la elaboración de quesos. Sin embargo, fue el descubrimiento de la estructura del ácido desoxirribonucleico (ADN), en 1953, lo que detonó una revolución científica, abriendo la puerta a innovaciones capaces de transformar el mundo.

La biotecnología no solo se limita a los laboratorios, está presente en nuestras vidas y su impacto es vasto y profundo. En la salud, ha permitido el desarrollo de tratamientos innovadores y vacunas que han salvado millones de vidas, como la insulina. En la agricultura, los cultivos modificados genéticamente han aumentado la producción y han hecho frente a plagas y enfermedades, contribuyendo así a la seguridad alimentaria. Y en el medio ambiente, prácticas biotecnológicas están ayudando a limpiar nuestros ecosistemas y reducir la dependencia de productos químicos nocivos. Este es el poder de la biotecnología: soluciones a problemas complejos.

En México, la biotecnología está en pleno auge. Aunque aún es un campo relativamente joven, ha despertado un creciente interés, formando una nueva generación de científicos listos para enfrentar los desafíos del futuro.

La inversión en biotecnología se ha convertido en una apuesta ganadora para muchos países, impulsando el crecimiento económico y la creación de empleo. Por ejemplo, en España, este sector generó más de 13,000 millones de euros, representando el 1.1% del producto interno bruto (PIB). Además, se espera un crecimiento superior al 9.4% para 2027.

La biotecnología como industria tiene un gran potencial que México debe aprovechar. No solo puede contribuir al crecimiento económico mediante la creación de empleos y atracción de inversiones, sino que también ofrece soluciones innovadoras a problemas globales críticos.

El camino no está exento de retos. Es fundamental establecer regulaciones claras y efectivas que garanticen un desarrollo seguro y sostenible de estas tecnologías. Además, debemos fomentar un diálogo abierto con la sociedad para derribar mitos y construir una comprensión sólida sobre los beneficios e implicaciones de los productos biotecnológicos.

Por ello, en este número de *Obsidiana* buscamos aclarar dudas, derribar mitos y fomentar una comprensión más profunda de esta disciplina y sus implicaciones. Las editoras invitadas, Brenda Valderrama y Mónica Pineda, así como los especialistas que colaboran en este ejemplar son ampliamente reconocidos en esta disciplina, y comparten con nosotros un buen panorama de lo mucho que en México se ha avanzado en este campo del conocimiento.

La biotecnología no es solo ciencia; es una promesa de un mundo mejor. Descúbrelo en las páginas de *Obsidiana*.

El descubrimiento de la estructura del ADN, en 1953, detonó una revolución científica.

BIOTECNOLOGÍA, LA CIENCIA DEL FUTURO

Brenda Valderrama Blanco
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA, UNAM
brenda.valderrama@ibt.unam.mx

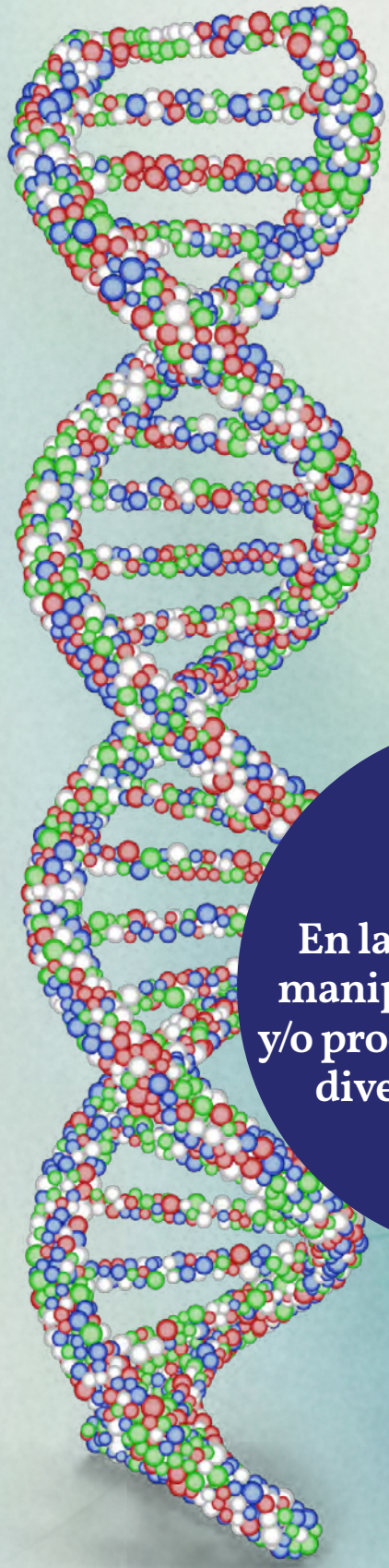
La biotecnología, disciplina relativamente reciente, se enfoca en la generación de conocimiento y métodos para el aprovechamiento de los recursos naturales con la ayuda de seres vivos. En la práctica se nutre tanto de la biología y sus disciplinas asociadas (bioquímica, biología celular y molecular), como de la ingeniería en su vertiente de bioprocesos, y tiene una amplia gama de usos.

Aunque su origen se remonta a los inicios de la humanidad con procesos como la elaboración de queso o cerveza, recientes avances tecnológicos han acelerado su desarrollo hacia oportunidades inimaginables hace apenas unos años.

Como todo lo novedoso, la biotecnología moderna es todavía poco comprendida por la población, y esto ha sido aprovechado por algunos grupos de interés para retrasar su desarrollo. Entre los temas que han desatado mayor polémica y, por lo tanto, sobre los que debemos aportar la mejor información, se encuentran la reproducción asistida, los cultivos transgénicos, el control de enfermedades transmisibles, los medicamentos biotecnológicos y el aprovechamiento de la inteligencia artificial (IA).

Impacto en la salud

La biotecnología tiene múltiples aplicaciones en el campo de la salud y está involucrada en la producción de medicamentos de origen biológico, cerrando la brecha entre la biología molecular y la bioingeniería, con lo que se dio origen a una nueva rama de la industria farmacéutica.



El valor de la industria biofarmacéutica mundial superó los 400 mil millones de dólares en 2021, y se espera que su crecimiento sea de cerca del 10% anual en el futuro próximo. Uno de los productos más apreciados socialmente son las vacunas, aunque existen otras moléculas de gran importancia histórica como la insulina, con la que se atienden millones de personas portadoras de diabetes en el mundo y sobre la cual Tonatiuh Ramírez Reivich nos presenta una interesante semblanza.

La biotecnología ayuda también a resolver problemas de salud endémicos que aquejan a millones de personas, como la malaria o el paludismo. Se calcula que en 2022, a escala mundial, se produjeron 249 millones de casos y 608 mil muertes por este padecimiento, en 85 países. Ante la complejidad del parásito que provoca la enfermedad y que ha impedido el desarrollo de una vacuna convencional, Humberto Lanz Mendoza comparte un novedoso acercamiento que podría abatir este grave problema de una vez y por todas.

En la biotecnología se manipulan organismos y/o procesos para resolver diversos problemas.

La vida moderna nos ha traído retos inesperados como la infertilidad. Entre 48 millones de parejas y 186 millones de personas sufren actualmente de infertilidad en todo el mundo; esto equivale

Como todo lo novedoso, la biotecnología moderna es todavía poco comprendida por la población.

a una de cada seis personas en edad reproductiva. Lo anterior se asocia a factores ambientales y de estilo de vida. La biotecnología ha respondido a este reto desarrollando un portafolio de métodos para asistir la reproducción de personas infértiles, los cuales nos describen con detalle Claudia Treviño Santa Cruz, Paulina Torres Rodríguez y Julio César Chávez Zamora.

Impacto en la alimentación

No puede entenderse la agricultura del siglo XXI sin los avances biotecnológicos. La escasez de agua, la necesidad de reducir la intensidad del trabajo, el efecto del cambio climático en el comportamiento de las plagas, así como la demanda mundial de alimentos para una población cada vez más numerosa han incentivado la generación de alternativas cada vez más sofisticadas.

Utilizar cultivos modificados genéticamente o transgénicos incrementa la productividad del campo en 22% y las ganancias de los agricultores en 68%, siendo los márgenes de ganancia mayores en países en desarrollo. Al introducir variedades modificadas genéticamente, la producción mundial de diferentes cultivos se ha incrementado en el orden de millones de toneladas, al mismo tiempo que se redujo la superficie cultivada, aportando al rescate de la biodiversidad. Alfredo Herrera Estrella nos explica en qué consisten estos útiles organismos, así como los avances que tendría el campo mexicano si aprovechara de manera intensiva las ventajas que ofrece su uso responsable.

La expansión de los cultivos transgénicos ha detonado la necesidad de regularlos. El Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, centrado concretamente en los movimientos transfronterizos, busca proteger la diversidad biológica frente a riesgos potenciales que presentan los organismos genéticamente modificados.

Cada país firmante, entre los que se encuentra México, vigilará el cumplimiento de sus obligaciones a través de la emisión de medidas regulatorias suficientes y oportunas, basadas en el enfoque de precaución. Sobre este tema, Claudia Díaz Camino y Fausto Kubli García analizan la situación actual de la regulación en nuestro país y su perspectiva a mediano plazo.

Biotecnología y sociedad

Rebeca de Gortari Rabiela y Marcela Amaro Rosales tocan un tema central para la biotecnología: la relación que tiene con la sociedad. Su vertiginoso desarrollo, a partir de la invención de la ingeniería genética, ha remodelado la forma en que pensamos sobre nuestros cuerpos, otros organismos y la vida misma, despertando con la misma intensidad miedos y esperanzas. En una época vulnerable a la desinformación, es de vital importancia que los debates se lleven a cabo en la arena de la evidencia científica y no de la opinión desinformada y tendenciosa.

Biotecnología del siglo XXI

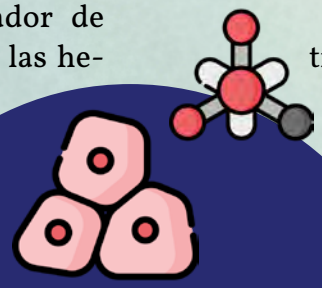
La irrupción de la IA ha transformado radicalmente la forma en que se abordan los problemas científicos dentro de la biotecnología. Las áreas de influencia son amplias y sus alcances imposibles de predecir en campos como la medicina personalizada, la biología de sistemas, la

minería de biodiversidad, la atención clínica y el diseño de nuevas biomoléculas. Los avances en este campo son descritos por Lorenzo Segovia Forcella.

Sustentabilidad

La biotecnología es el espacio idóneo para que jóvenes emprendedores como Daniel Rodríguez Chamorro, fundador de la empresa BreakPET, aprovechen las herramientas desarrolladas por los mejores científicos del mundo para la solución de problemas reales, como la acumulación de desechos urbanos.

En México se tiran más de 860 mil toneladas al año de botellas de polietilentereftalato (PET). A pesar de su potencial para el reciclaje, más de la mitad del PET que se desecha se convierte en basura. Los procesos enzimáticos de BreakPET son eficientes, rentables y con impacto ambiental, idóneos para la reutilización total de desechos de PET. Por su origen biotecnológico, estos procesos son inocuos al no utilizar disolventes ni químicos nocivos, además de ser muy eficientes en el uso de energía.



Se espera que sus avances sigan trayendo beneficios a millones de personas en todo el mundo.

En este volumen conoceremos a Patricia Soria Venegas, joven científica quien difunde su pasión por la biotecnología a través de redes sociales con su proyecto Bacillando Ciencia, así como a Laura Palomares Aguilera, ingeniera, investigadora y primera mujer en dirigir el Instituto de Biotecnología de la UNAM.

Más que una disciplina científica convencional, la biotecnología es una plataforma tecnológica de vanguardia que acelera el desarrollo de sofisticadas soluciones para múltiples campos de aplicación, y se espera que sus avances sigan trayendo beneficios a millones de personas en todo el mundo.

Al mismo tiempo, sabemos que su desarrollo no se realiza en vacío, sino que está inmerso en un contexto cultural y debemos estar atentos a los diferentes matices económicos, sociales, éticos y de seguridad que se revelen a su alrededor, por lo que estos aspectos deberían ser parte de la formación de las nuevas generaciones de expertos.

Biotecnólogas que inspirando otras biotecnólogas

A pesar de ser un campo de desarrollo profesional de vanguardia, reconocido académicamente y bien remunerado en la industria, la presencia de las mujeres en la biotecnología se encuentra todavía en desarrollo, tanto en número como en influencia. Necesitamos más biotecnólogas, y qué mejor que sean ellas mismas quienes inspiren a las nuevas generaciones.

EL VALOR ECONÓMICO Y HUMANO DE LA BIOTECNOLOGÍA FARMACÉUTICA

Octavio Tonatiuh Ramírez Reivich
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA, UNAM

La biotecnología farmacéutica es una rama de las ciencias biomédicas que utiliza sofisticadas tecnologías para producir sustancias biológicas a partir de organismos vivos. Se ha ganado un lugar importante dentro del mundo médico gracias a la capacidad de sus productos para inducir inmunidad contra diferentes agentes infecciosos, como virus y bacterias en forma de vacunas, así como por su flexibilidad para generar productos genéticamente mejorados para el tratamiento de enfermedades complejas como el cáncer o la diabetes.

Entre sus herramientas más poderosas está la manipulación genética mediante técnicas de ADN recombinante, y su historia se encuentra indisolublemente ligada a la de esta tecnología. Hasta antes de la biotecnología moderna, las proteínas terapéuticas fundamentales para mitigar padecimientos humanos eran extraídas de tejidos y órganos de origen animal provenientes de rastros o, inclusive, de fuentes humanas. Ese era el caso de la insulina, que se extraía del páncreas de porcinos o bovinos para tratar la diabetes.

La primera gran desventaja de esta fuente de abasto era la imposibilidad de establecer procesos bajo condiciones asépticas, controlables, escalables y reproducibles, propias de una industria farmacéutica, por lo que los productos eran de baja pureza, contaminados con virus y agentes adventicios (extraños, no naturales), con los riesgos correspondientes para el paciente. Una operación basada en tejidos animales presenta otros inconvenientes como incertidumbre y variabilidad en las fuentes de suministro, e inclusive temas de carácter humanitario. Además, entre las proteínas de animales y las humanas hay pequeñas diferencias que pueden originar problemas relevantes en los pacientes, como alergias, cuando se aplican de forma constante.

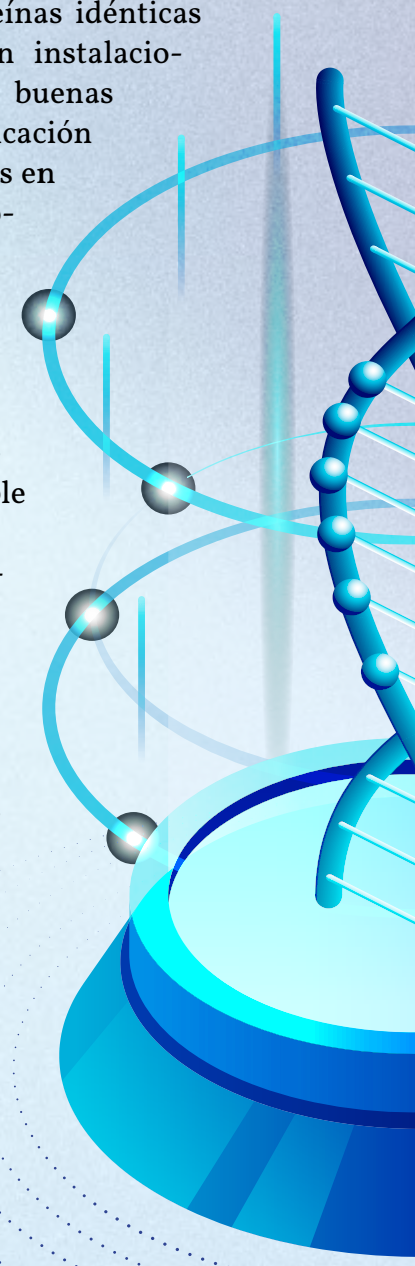
Hace medio siglo, entre finales de la década de los 70 y principios de los 80, se había acumulado ya una cantidad relevante de conocimientos básicos sobre la bioquímica y análisis de los ácidos nucleicos, que culminó con el nacimiento de la biotecnología moderna, basada en la manipulación de la información genética de organismos vivos.

De forma simultánea se gestaba una revolución en el área farmacéutica, gracias al trabajo de muchos actores relevantes que, sin recibir el premio Nobel, como Herbert Boyer y Robert Swanson, contribuyeron de manera decisiva al crear una de las primeras empresas biotecnológicas farmacéuticas, Genentech, en 1982.

La biotecnología moderna se basa en la manipulación de la información genética de organismos vivos.

Esta empresa inició la primera gran ola de aplicaciones de la biotecnología moderna con el desarrollo y la introducción al mercado de la primera proteína recombinante humana, la insulina, estableciendo nuevos paradigmas en el campo farmacéutico. Así surgió la oportunidad de producir cantidades ilimitadas de proteínas idénticas a las humanas, en instalaciones operando bajo buenas prácticas de fabricación (cGMP, por su siglas en inglés), en condiciones que garantizan la pureza, calidad y fidelidad del producto en un entorno totalmente aséptico, reproducible y controlado.

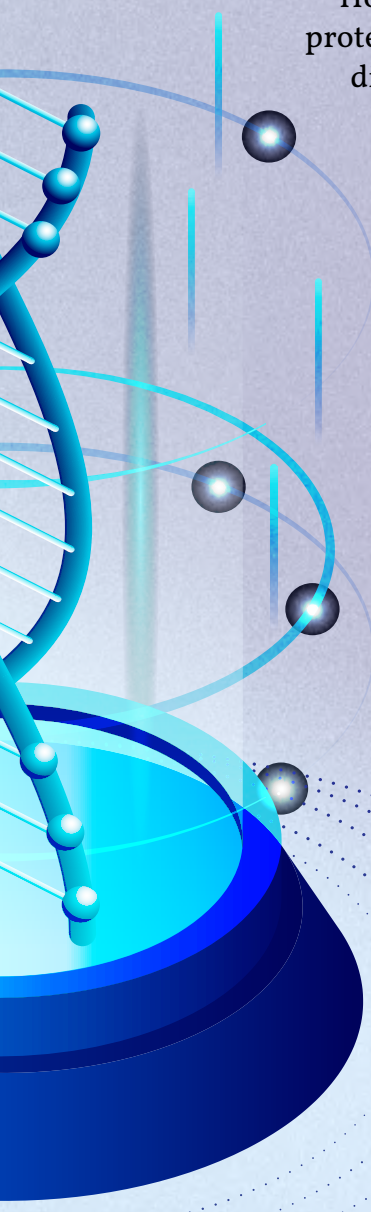
Al trabajar dentro de una planta farmacéutica fue posible establecer operaciones unitarias (cultivo, extracción, purifi-

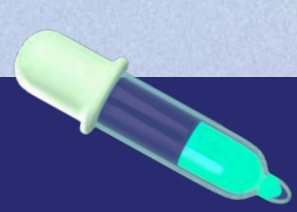


cación, formulación, etc.) estandarizadas, permitiendo el escalado de los bioprocesos para elaborar, en una sola instalación, grandes cantidades de producto para abastecer mercados globales, optimizar procesos, reducir precios y ofrecer un mayor acceso a los pacientes.

Esto facilitó el rápido desarrollo de muchas otras proteínas recombinantes terapéuticas (biomedicamentos) y profilácticas (vacunas). Así, apenas tres años después de la introducción de la insulina recombinante, entra al mercado la hormona de crecimiento humana recombinante producida en *E.coli*, desarrollada por Genentech y comercializada por Elli Lily. Lo demás es historia.

Hoy existen más de 540 proteínas recombinantes diferentes y disponibles comercialmente, eso si incluimos solamente las aprobadas por las agencias regulatorias de Estados Unidos (FDA) y de la Unión Europea (EMA). Todos estos biomedicamentos y vacunas biotecnológicas representan un valor económico impresionante, que ha beneficiado a los países y empresas con la visión de invertir e innovar en este campo.





Los productos de la biotecnología farmacéutica representan un mercado de 400 mil millones de dólares anuales.

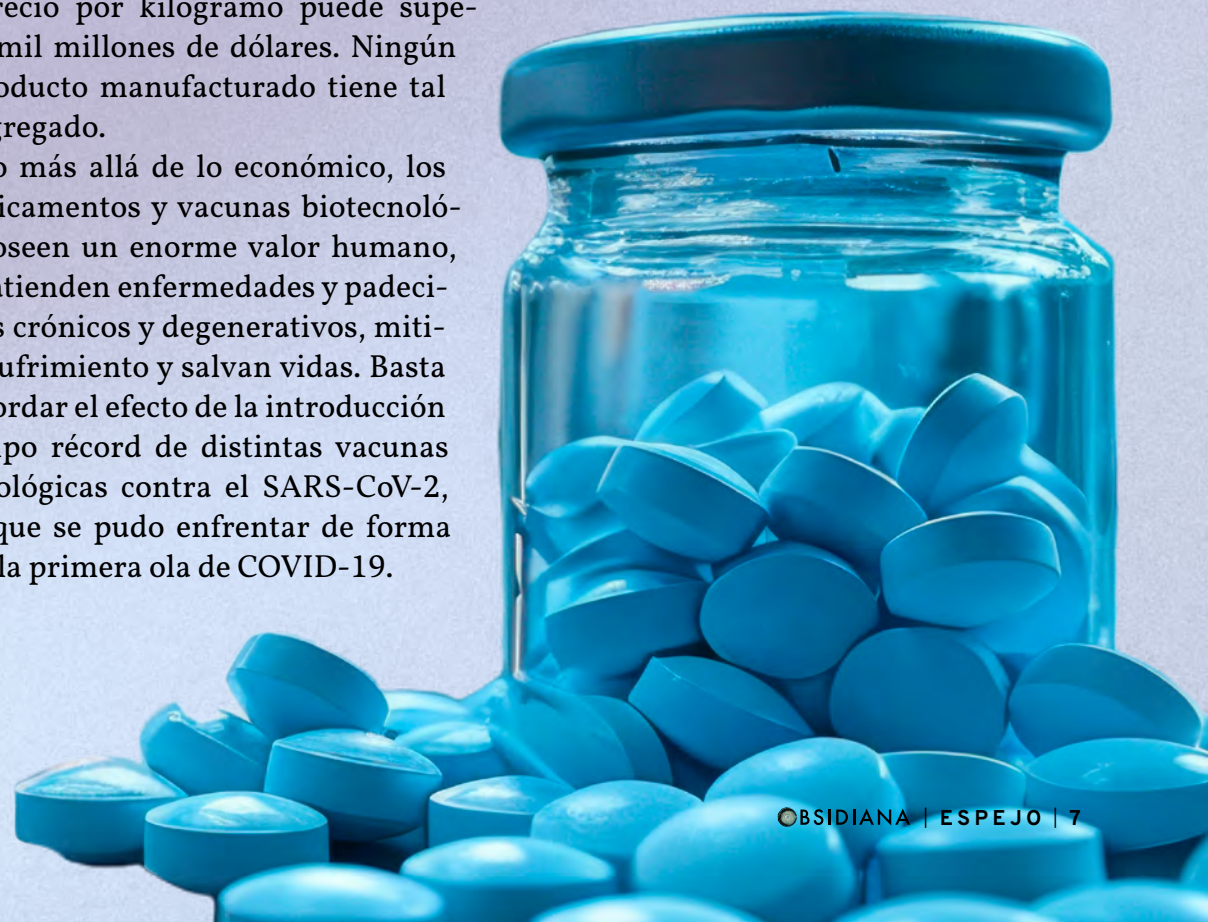
Actualmente, los productos de la biotecnología farmacéutica representan un mercado de, aproximadamente, 400 mil millones de dólares anuales.

Para poner este dato en perspectiva, todo el mercado farmacéutico mexicano (que incluye productos farmacéuticos tradicionales, de síntesis química y de extracción) apenas representa un 5% del valor del mercado biofarmacéutico global. Todavía más importante es el hecho que las materias primas con las que se inicia son, esencialmente, agua y algunos nutrientes básicos, como fuentes de carbono y nitrógeno, terminando en productos cuyo precio por kilogramo puede superar los mil millones de dólares. Ningún otro producto manufacturado tiene tal valor agregado.

Pero más allá de lo económico, los biomedicamentos y vacunas biotecnológicas poseen un enorme valor humano, ya que atienden enfermedades y padecimientos crónicos y degenerativos, mitigan el sufrimiento y salvan vidas. Basta con recordar el efecto de la introducción en tiempo récord de distintas vacunas biotecnológicas contra el SARS-CoV-2, con lo que se pudo enfrentar de forma exitosa la primera ola de COVID-19.

Entre los padecimientos que atienden se encuentran muchos tipos de cáncer, enfermedades inflamatorias, infecciosas, cardiovasculares y neurológicas, desórdenes humorales, autoinmunes y metabólicos, etc. Desafortunadamente, el precio de estos medicamentos es aún muy alto, son miles de veces más caros que el oro o los diamantes. Un tratamiento puede llegar a costar varios millones de pesos al año, por lo que solamente un pequeño porcentaje de la humanidad se ha beneficiado con esta revolución médica.

Para cambiar esto, nuestra obligación como comunidad biotecnológica es desarrollar mejores y más eficientes sistemas de expresión y bioprocesos y, sobre todo, procurar que en México exista la manufactura de estos productos. En años recientes se ha visto la entrada de nuevas terapias y profilaxis basadas en ARN mensajero, terapias celulares y, seguramente muy pronto, en terapia génica. Estos nuevos productos y tecnologías se sumarán al arsenal de las proteínas recombinantes, y darán mayores beneficios económicos y humanos a toda la sociedad.



VACUNAR MOSQUITOS PARA INTERRUMPIR LA TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES

Humberto Lanz Mendoza
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOBRE ENFERMEDADES INFECCIOSAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Las enfermedades transmitidas por vector requieren la participación de un intermediario, como la malaria, el dengue, Zika y Chikungunya que necesitan un mosquito para transmitirse al ser humano. Es dentro de estos insectos que los patógenos1 se multiplican y llegan a sus glándulas salivales, desde donde son transmitidos al huésped vertebrado a través de una picadura

No todos los mosquitos pican para obtener sangre, solamente lo hacen las hembras, pues la requieren para producir sus huevecillos. Debido a este comportamiento, durante la alimentación sanguínea se transmiten los patógenos.

1 Organismo (bacteria, virus, hongos o protozoo) con capacidad de infectar y causar enfermedades en otros seres vivos.

El efecto combinado del daño al medio ambiente, el cambio climático y la extraordinaria plasticidad de los mosquitos provocó, en el último año, un incremento inesperado del número de casos de dengue en todo Latinoamérica, generando una situación de emergencia médica. Por eso resulta vital entender la interacción del mosquito vector *Aedes aegypti* con el virus dengue, para establecer estrategias que permitan interrumpir su transmisión.

Durante la infección con el virus dengue se activa la respuesta inmunitaria del mosquito. Sin embargo, la activación es tardía y no impide la llegada del virus a sus glándulas salivales. Es muy probable que el virus evada la respuesta inmunitaria del mosquito vector, volviéndose tolerante a la presencia del patógeno e induciendo una respuesta inmunitaria ineficiente. De ahí el gran interés por comprender los mecanismos de la respuesta inmunitaria en los mosquitos, para lograr interrumpir la transmisión de enfermedades como el dengue.

Ya hemos entendido cómo se activan los mecanismos de defensa del mosquito y, lo más importante, logramos inducir una respuesta específica contra el virus dengue, interrumpiendo su replicación en el mosquito. Esta respuesta genera memoria inmune, como si se tratara de una vacuna, y lo más interesante es que esta capacidad se pasa a los hijos, generando mosquitos resistentes a la transmisión.

Las enfermedades como la malaria y el dengue necesitan un mosquito para transmitirse al humano.

En términos generales, a esta respuesta se le denomina *priming*. El grupo pionero en desarrollar esta estrategia en mosquitos y otros insectos es mexicano, y ha abierto las posibilidades para moldear el sistema inmune. Es fascinante que se pueda modificar la respuesta inmunitaria de los insectos sin necesidad de cambios en su genoma, o de producir insectos transgénicos.

Para lograr la inducción de *priming* y una respuesta inmune eficiente contra el virus dengue u otros patógenos, es necesario mostrar el patógeno al mosquito en forma inactiva. Esto se consigue tratando al virus con luz ultravioleta, pues de esta manera pierde su capacidad infectiva, pero todo el "cascarón" del virus se mantiene. Así, el sistema inmune del mosquito puede ver al virus y no activa los mecanismos de evasión o tolerancia, pero sí sus de-

fensas antivirales, evitando la replicación del virus.

El ciclo de vida de los mosquitos pasa por un estado larval acuático. Las hembras, después de alimentarse con sangre, ponen sus huevecillos en agua. Estos eclosionan y dan lugar a larvas acuáticas que se transforman, posteriormente, en pupas y después en adultos. Esta última fase es la que vuela, y es lo que conocemos como mosquitos.

Dada la dificultad para manipular los estados adultos, se ha inducido la resistencia con éxito a través del *priming* desde el estado larval. Las larvas de mosquito filtran su alimento, por lo que se pueden "vacunar" al colocar el virus inactivo en el agua de los contenedores donde viven. Al convertirse en adultos, los mosquitos se vuelven resistentes a la infección con el virus dengue, aún cuando se alimenten de sangre de una persona infectada, interrumpiendo la transmisión de esta enfermedad.

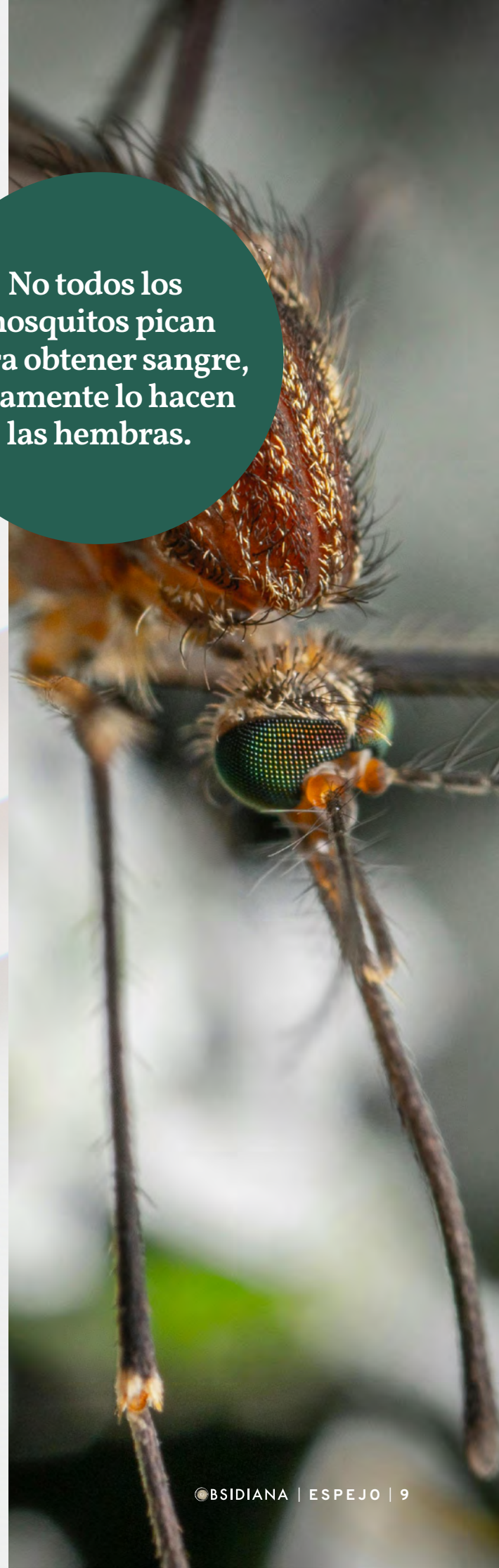
Es muy relevante entender el o los mecanismos involucrados en esta resistencia inducida. Ha sido un enorme reto de investigación científica establecer las bases moleculares para comprender este fenómeno biológico. Los inmunólogos de mamíferos habían demostrado, desde hace tiempo, que la capacidad del sistema inmunitario para recordar está centrada en las células denominadas linfocitos. Debido a que los invertebrados y, por lo tanto, los insectos no tienen linfocitos, se consideró que no podían desarrollar memoria inmune.

En consecuencia, por mucho tiempo se pensó que la respuesta inmunitaria de los invertebrados y, en particular de los insectos, era demasiado simple para generar respuestas específicas contra patógenos y para tener memoria inmune. Ahora sabemos, gracias a nuestros estudios y los de otros grupos de investigación, que los insectos pueden generar memoria inmune a través del *priming*, sin necesidad de linfocitos. Los estudios iniciales indican que las células de tejidos como los epitelios pueden guardar la información de los encuentros previos con los patógenos al generar múltiples copias de genes de defensa en un proceso que se conoce como endoreplicación.

En este sistema, las células entran en síntesis de ácido desoxirribonucleico (ADN)[2] después del contacto con la forma inactiva del patógeno, y generan múltiples copias de los genes relevantes para enfrentar al virus dengue. Lo interesante es que las células que endoreplican no proliferan (como los linfocitos humanos), es decir, no entran en el proceso conocido como mitosis. Otro gran reto ha sido caracterizar el o los mecanismos que permiten que la resistencia se transmita a la siguiente generación. Una hipótesis considera que las modificaciones epigenéticas[3] sean parte importante del mecanismo que permita que la descendencia mantenga la resistencia a la infección.

Los resultados de estas líneas no convencionales de la biotecnología han abierto nuevas áreas de investigación y de aplicación del conocimiento. Por ejemplo, recientemente se obtuvo una vacuna para ciertas bacterias que atacan a las abejas, con la cual se intenta evitar la desaparición de insectos polinizadores. Por otro lado, se ha abierto la posibilidad de entender las bases evolutivas de la memoria inmune y la respuesta inmune adaptativa; será muy interesante conocer a detalle sus mecanismos moleculares y establecer su relación y participación en la respuesta inmunitaria de invertebrados y vertebrados. Estoy seguro de que este tema generará una gran discusión científica en los próximos años.

No todos los mosquitos pican para obtener sangre, solamente lo hacen las hembras.



2 Síntesis de ADN: creación natural o artificial de moléculas de ADN.

3 La epigenética estudia los mecanismos que regulan la expresión de los genes sin modificar su secuencia.

APORTACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA PARA ATENDER LA INFERTILIDAD

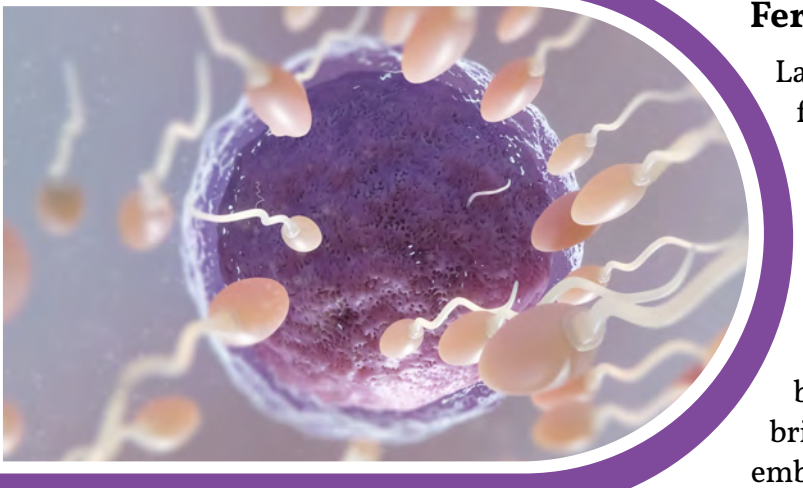
Claudia Lydia Treviño Santa Cruz *Paulina Torres Rodríguez* *Julio César Chávez Zamora*

INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA, UNAM

El aumento de casos relacionados con deficiencias en fertilidad humana representa un problema de salud pública mundial. Aproximadamente, una de cada seis personas experimenta infertilidad (ver Figura 1). Las causas son multifactoriales y afectan tanto a mujeres como a hombres. Para abordar esta problemática, se han desarrollado alternativas conocidas como "técnicas de reproducción asistida" (TRAs).

Estimulación de la ovulación

Una de las alternativas menos invasivas implica administrar hormonas para estimular la ovulación, como la hormona gonadotropina coriónica (hCG). Antes de la inseminación artificial se realiza un monitoreo del desarrollo del folículo por ecografías transvaginales. Los monitoreos mencionados pretenden evitar complicaciones como el síndrome de hiperestimulación ovárica.



Previo al proceso de estimulación ovárica, es recomendable medir en sangre la concentración de la hormona antimüleriana (AMH), la cual es producida por los folículos y nos permite evaluar la reserva ovárica de una mujer, ya que mientras más folículos antrales (pequeños sacos de líquido que contienen los óvulos inmaduros) veamos, mejor reserva ovárica cabe esperar. Esto se hace debido a que cada mujer nace con una cantidad finita de óvulos (aproximadamente 400 mil) que va disminuyendo con el tiempo, de tal forma que a los 35 años le quedará 10% de su reserva, por lo que se trata de evitar “desperdiciar” óvulos con una sobreestimulación.

Inseminación artificial

Considerada de baja complejidad y menos invasiva, consiste en administrar una muestra de espermatozoides en el útero, ya sea de la pareja (inseminación homóloga) o de un donante (inseminación heteróloga). Este procedimiento es elegido por su eficacia y versatilidad en diferentes situaciones de infertilidad.

Fertilización *in vitro* (FIV)

La FIV implica la fecundación de óvulos fuera del cuerpo, en un laboratorio, seguido de la transferencia de embriones al útero. Ofrece la ventaja de aumentar las posibilidades de concebir, al permitir la elección de los embriones con mayor potencial y facilitar la detección de enfermedades genéticas. Además, brinda la posibilidad de congelar embriones para un futuro uso, e incluso donar embriones sobrantes para ayudar a otras familias con dificultades para concebir.

Inyección intracitoplasmática (ICSI)

Esta técnica consiste en inyectar un espermatozoide directamente en el óvulo, seguido de la transferencia del cigoto al útero. Es la más utilizada en los procedimientos de reproducción asistida, gracias a su alta tasa de efectividad.

Ambas técnicas, FIV e ICSI, permiten elegir células de alta calidad y, por lo tanto, conllevan consideraciones éticas, incluida la posibilidad de donación de gametos, vientre subrogado y dilemas relacionados con la genética y la crianza.

Aproximadamente, una de cada seis personas experimenta infertilidad.

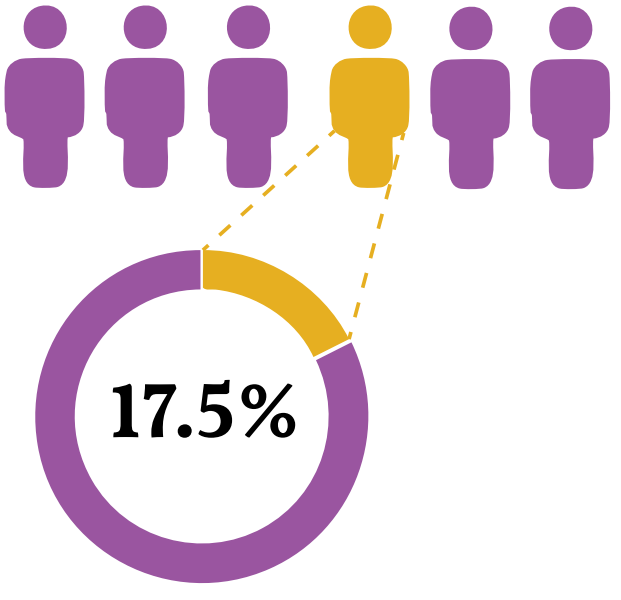


Figura 1. Prevalencia de la población que sufre infertilidad.

Las técnicas de reproducción asistida han facilitado la reproducción, pero plantean desafíos éticos.

Consideraciones éticas

Las TRAs han facilitado la reproducción, pero plantean desafíos éticos. La rápida evolución de las técnicas supera a la legislación, generando abusos y dilemas éticos, por ejemplo: 1) la presión social o familiar que puede tener una pareja para lograr concebir; 2) en algunos países se experimenta discriminación, ya que las clínicas solo atienden a parejas heterosexuales legalmente casadas; 3) con frecuencia, la donación de óvulos está acompañada de un estímulo económico a la donante, lo que, en sentido estricto, modifica el término "*donación*" e introduce factores económicos; 4) se han dado casos de donación de espermatozoides *post mortem,* con consecuencias importantes en términos de herencia o responsabilidades por paternidad; 5) las alternativas para lograr un embarazo son versátiles y es posible que el producto tenga más de un(a) progenitor(a) biológico(a); 6) inicialmente se introdujo el uso de pruebas genéticas previas a la implantación del embrión para prevenir enfermedades, pero en algunos casos estas pruebas se pueden usar para elegir el sexo o algunas características físicas particulares; 7) la posibilidad de congelar gametos o incluso embriones puede generar problemas de cuánto tiempo conservarlos y quién tiene derechos sobre ellos.

El diagnóstico genético preimplantacional (DGP) es una técnica que complementa los procedimientos de reproducción asistida y la llamada FISH (hibridación *in situ* fluorescente, por sus siglas en inglés) es la más usada en México. A partir de una biopsia del blastómero se pueden detectar enfermedades genéticas y cromosómicas, por ejemplo, enfermedades monogénicas, Síndrome de Kartagener, Klinefelter, Turner, Swyer, Morris, Down, Huntington, entre otras.

El DGP ha permitido el nacimiento de miles de niños libres de enfermedades genéticas. Esta técnica determina si el embrión tiene los cromosomas XX o XY, así la pareja puede elegir transferir los embriones del género cromosomal deseado. Además se están desarrollando nuevas tecnologías como la técnica de edición genética CRISPR-Cas9 para la detección y corrección de alteraciones genéticas.

Algunos autores incluso han propuesto que el término "derecho a la reproducción" debería separarse en dos aspectos: derecho a la gestación y derecho a la crianza dado que, con las metodologías actuales, los dos procesos dejan de estar necesariamente relacionados como antes. Georgina Hall va más allá postulando que el personal clínico que contribuye en la generación de un nuevo individuo, aunque no lo geste o lo crie, tiene responsabilidad sobre la nueva persona y su destino por haber contribuido a su nacimiento.

El desarrollo de tecnologías para abordar la infertilidad impacta diversos aspectos, desde lo jurídico hasta lo social y psicológico. La falta de legislación adecuada exige una reflexión profunda y socialización de estos temas para garantizar un uso ético y, eventualmente, legal de las técnicas de reproducción asistida.

BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA, ¿ÁNGEL O DEMONIO?

Alfredo Herrera Estrella
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS, IPN

Después de la domesticación de las plantas, el mejoramiento genético de los cultivos ha sido la tecnología más importante para la productividad agrícola. Sin embargo, factores inesperados como el cambio climático podrían volver a comprometer la seguridad alimentaria y la inocuidad de los alimentos.

Por ello, necesitamos cambiar nuestro modelo agrícola para alimentar a una población mundial en crecimiento, utilizando los recursos naturales de forma sostenible. Con los avances de la física, la química, y las tecnologías de la información, la biotecnología agrícola cuenta con poderosas herramientas, antes inimaginables, para garantizar nuestra alimentación futura.

El surgimiento de la biotecnología agrícola moderna

Gracias al descubrimiento de la existencia natural de un sistema de transferencia de ADN (información genética) de una bacteria (*Agrobacterium tumefaciens*) a las plantas, estas fueron uno de los primeros organismos manipulados genéticamente (MG), también conocidos como transgénicos, para el servicio de la humanidad.

Desde el desarrollo de las primeras plantas MG usando *Agrobacterium*, al menos 44 países han aprobado el uso de 40 cultivos transgénicos, con 41 rasgos comerciales, incluyendo a los cultivos más importantes para la alimentación como maíz, arroz, trigo y frijol. Las principales modificaciones hechas incluyen la tolerancia a herbicidas, insectos, sequía y enfermedades, y rasgos como fotosíntesis más eficiente y mayor biomasa.

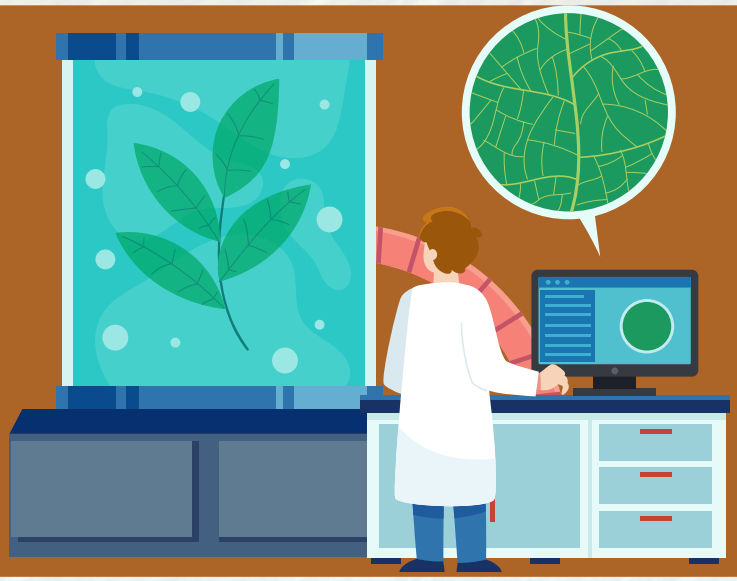
Riesgos y aportaciones

La tecnología que más ha impactado la agricultura en los últimos tiempos es la transgénica. Para el 2022, la adopción mundial de cultivos transgénicos alcanzó 202.2 millones de hectáreas (Mha), pero en México se limitó a la siembra de 16 mil hectáreas de algodón.

Los seres humanos y los animales hemos consumido alimentos MG, sin evidencia de efectos nocivos, durante cerca de 25 años, indicando que los cultivos transgénicos son tan seguros como cualquier otro. Una serie de análisis de publicaciones científicas a lo largo de dos décadas confirma que los cultivos transgénicos no representan riesgo alguno para la salud humana ni del ganado, e instituciones como la Organización Mundial de la Salud concluyeron que "consumir alimentos que contengan ingredientes derivados de cultivos transgénicos no es más riesgoso que consumir los mismos alimentos que contienen ingredientes de plantas cultivadas modificadas mediante técnicas convencionales de mejora vegetal".

Utilizar plantas MG para mayor resistencia a insectos ha reducido el empleo de plaguicidas en 36.9%, fomentando el uso de productos más amigables con el medio ambiente. 25 años de agricultura con cultivos MG resultaron en un beneficio económico neto a nivel de finca de 261.3 mil millones de dólares, de los cuales 55% fueron en beneficio de agricultores de países en desarrollo.

A pesar de todo esto, los cultivos transgénicos han sido fuertemente cuestionados por motivos político-económicos. Si el mundo dejara de usar los cuatro principales cultivos MG (algodón, canola, maíz, soya), se requerirían 23.4 millones de hectáreas (Mha) adicionales para cultivo, equivalente a la superficie del estado de Chihuahua, de las cuales 53% se-



La biotecnología agrícola cuenta con poderosas herramientas para garantizar nuestra alimentación futura.

rían tierras nuevas destinadas a la agricultura, incluidas 5.1 Mha de deforestación.

La situación actual

El mejoramiento convencional de los cultivos se ha centrado en su productividad, mediante el aumento gradual del rendimiento y la resistencia a enfermedades y plagas. Otras innovaciones incluyen mejoras para su uso en la industria farmacéutica, la de combustibles, y la textil. Sin embargo, se ha descuidado el valor nutricional de los cultivos, a pesar de que su biofortificación es de particular interés para los países de bajos ingresos, pues los micronutrientes y las vitaminas son fundamentales en el desarrollo físico y mental del ser humano desde el desarrollo fetal.

La biotecnología agrícola es la única alternativa para mejorar el contenido de micronutrientes en un cultivo en el cual no se encuentran naturalmente. Ya se han diseñado numerosos cultivos con mayor contenido de vitaminas, minerales, aminoácidos esenciales y ácidos grasos esenciales, siendo el arroz dorado el ejemplo más conocido de estos éxitos (ver Figura 1).

Hemos consumido alimentos MG, sin evidencia de efectos nocivos, durante cerca de 25 años.

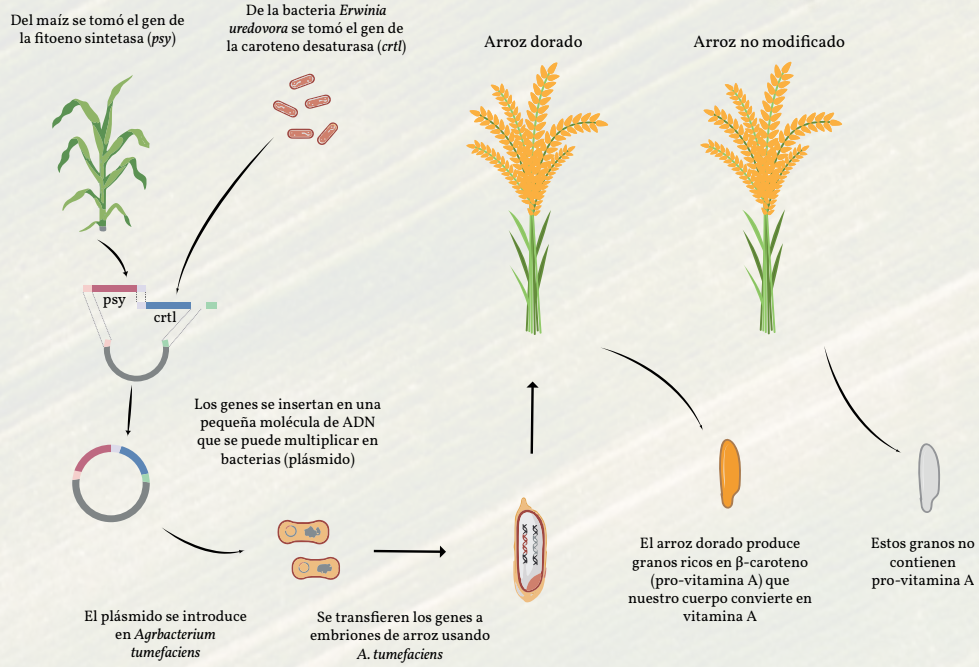


Figura 1. Mejoramiento genético del arroz dorado.

¿Hacia dónde vamos?

Se ha planteado dilucidar el genoma de todas aquellas especies vegetales de uso agrícola resguardadas en los principales centros de recursos genéticos del mundo, recursos que abarcan la diversidad que existe dentro de los cultivos, y entre ellos y sus parientes silvestres, y constituyen la base biológica de la producción mundial de alimentos.

Los países desarrollados utilizan cada vez más satélites, drones, sensores y tractores guiados por láser para recopilar miles de datos sobre las condiciones ambientales de un campo de cultivo, como temperatura, humedad y composición del suelo, que son analizados mediante inteligencia artificial (agricultura de precisión). Los científicos esperan combinar la agricultura de precisión, la genómica y la edición genómica para desarrollar cultivos con mejor rendimiento en entornos específicos.

La edición genómica (con tecnología CRISPR) se ha utilizado eficazmente para generar variedades vegetales no transgénicas resistentes a herbicidas, el principal logro de los cultivos transgénicos. Un ejemplo notable del potencial de la edición genómica es la domesticación *de novo* de un tomate silvestre. Los tomates modernos se ven fácilmente afectados por el estrés ambiental, mientras que uno de sus parientes silvestres es muy resistente a ataques por bacterias y a la salinidad. Pero el pariente silvestre tiene características indeseables, como frutos pequeños, bajo valor nutricional y sensibilidad a la duración del día. Mediante la edición puntual de tan solo ocho genes de este tomate silvestre, se logró obtener uno muy semejante al moderno, pero que conserva la resistencia a las bacterias y la salinidad.

Así, la edición del genoma podría ayudar a la mejora de los cultivos, obteniéndose variedades con rasgos deseables e inalcanzables con la tecnología transgénica convencional, como la tolerancia a varias enfermedades, resistencia a insectos, tolerancia a estrés abiótico, así como mejores propiedades nutricionales y organolépticas, todo en una misma planta.

Si bien se ha demostrado que las plantas modificadas genéticamente son seguras, y que en México existen todos los elementos que permiten aplicar esta tecnología para la seguridad alimentaria, hay una oposición sin bases científicas que ha limitado este desarrollo. ¿Debemos renunciar al aprovechamiento de esta tecnología, o la adoptamos para un futuro más promisorio?

OGMs: BIODIVERSIDAD, LEGISLACIÓN Y DESAFÍOS

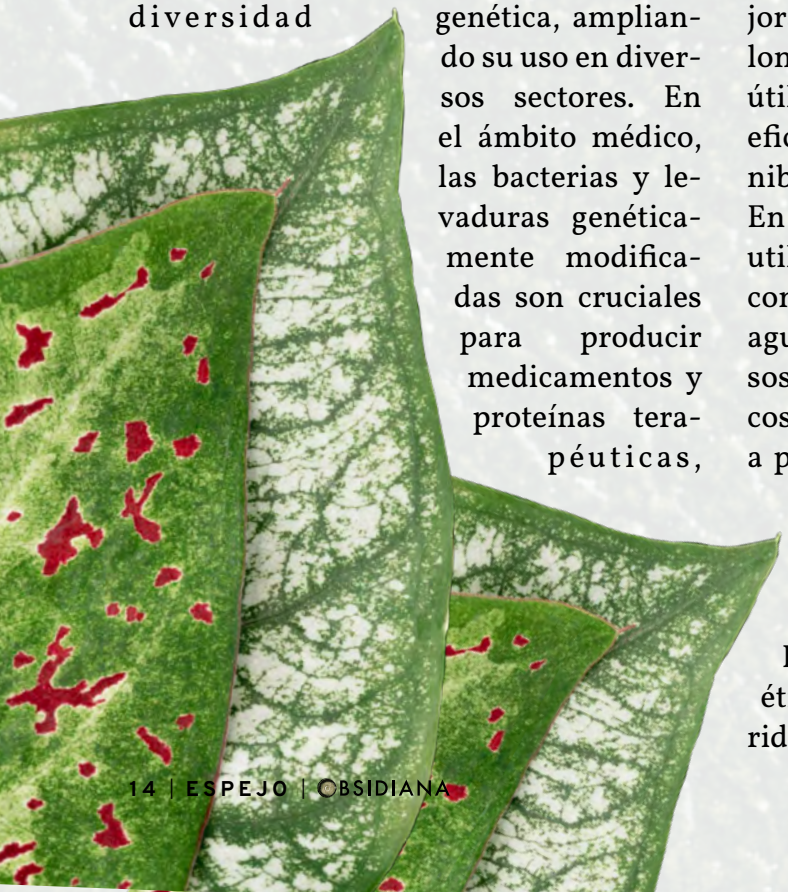
Claudia Díaz Camino
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA, UNAM
claudia.diaz@ibt.unam.mx

Fausto Kubli García
FACULTAD DE DERECHO, UNAM
faustok@unam.mx

El descubrimiento, en 1953, de la estructura del ácido desoxirribonucleico (ADN), molécula que compone nuestro material genético, impulsó la tecnología del ADN recombinante o ingeniería genética, que permite modificar la información genética de un organismo para crear uno distinto llamado *organismo genéticamente modificado* (OGM). Entre ellos destacan los organismos transgénicos, cuyo genoma se altera con genes de otras especies, y los editados genéticamente, en los cuales se eliminan, insertan o modifican segmentos cortos del ADN.

Avances y beneficios

La ingeniería genética ha elevado el valor estratégico y económico de la diversidad genética, ampliando su uso en diversos sectores. En el ámbito médico, las bacterias y levaduras genéticamente modificadas son cruciales para producir medicamentos y proteínas terapéuticas, como la insulina y la hormona de crecimiento humano.



En el sector agropecuario se han desarrollado cultivos transgénicos con mejoras que incluyen mayor resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a condiciones adversas como sequías o suelos salinos, y enriquecimiento nutricional. En animales de granja se han mejorado la calidad de la carne, la composición de la leche o la producción de lana, y se ha conferido resistencia a enfermedades. Las modificaciones genéticas en animales destinados al consumo humano ofrecen perspectivas prometedoras, pero aún no se han comercializado.

En la industria de alimentos, los OGMs permiten conferir características específicas como la mejora del sabor o la prolongación de la vida útil, favoreciendo la eficiencia y la disponibilidad alimentaria. En otras industrias se utilizan para degradar contaminantes en suelos y aguas, o para elaborar diversos productos químicos, bioplásticos y biocombustibles, contribuyendo así a prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Los beneficios son evidentes.

Esta avanzada tecnología permite modificar la información genética de un organismo.

Retos y posibles riesgos

El uso de los OGMs plantea desafíos éticos y cuestionamientos sobre su seguridad a largo plazo en la salud humana y el medio ambiente. Uno de los aspectos más debatidos es la posible transferencia de genes introducidos en OGMs a especies silvestres, con consecuencias imprevistas en los ecosistemas. Además preocupa que los cultivos transgénicos diseñados para resistir plagas puedan afectar a insectos no objetivos, incluyendo polinizadores.

La adopción generalizada de ciertos cultivos transgénicos podría resultar en monocultivos, aumentando la vulnerabilidad a enfermedades y reduciendo la biodiversidad regional. La preocupación por la contaminación genética y la dependencia de semillas patentadas afecta a agricultores. El desarrollo de resistencia en plagas debido al uso excesivo de OGMs es otro desafío.

Hay una inquietud adicional: numerosos estudios respaldan la seguridad de los OGMs para consumo humano, pero podrían surgir efectos a largo plazo aún desconocidos. La inclusión de genes de resistencia a antibióticos en ciertos métodos de ingeniería genética suscita preocupaciones acerca de la potencial transferencia de esta resistencia a bacterias patógenas, lo cual podría tener implicaciones para la salud.

Los debates sobre los OGMs son complejos. La falta de consenso entre científicos y sociedad genera controver-

sias. Por ello es crucial abordar cuidadosamente las implicaciones éticas, sociales y ambientales, para un desarrollo responsable de esta tecnología, minimizando los riesgos potenciales.

Es hora de regular

Al igual que otras tecnologías, las biotecnologías tienen riesgos inherentes, por lo que la legislación de cada país debe regular sus actividades para proteger la salud humana, animal y vegetal, así como el medio ambiente. En este sentido, surgió en las últimas décadas el concepto de *bioseguridad de OGMs*.

Las leyes de bioseguridad establecen los procedimientos para solicitar permisos para el uso y la explotación de OGMs. La normativa se dirige hacia la evaluación de posibles riesgos para garantizar la preservación de la bioseguridad. Es crucial que estas evaluaciones se respalden en evidencia y argumentos científicos, ya que han surgido restricciones y prohibiciones basadas en ideologías. Tras una evaluación respaldada científicamente, los permisos deben otorgarse si el resultado indica que el producto biotecnológico no supone un riesgo.

La intensidad con la que se aborda legalmente este proceso de evaluación varía, lo cual genera leyes permisivas, preventivas y hasta prohibitivas. Los Estados Unidos de América tienen una visión liberal-permisiva. La Unión Europea cuenta con un orden jurídico restrictivo-preventivo. Hay países que prohíben el uso de OGMs, como Ecuador y Bolivia.

La comunidad internacional, a través del Convenio de la Diversidad Biológica, ha adoptado el *Protocolo de Cartagena sobre Seguridad en Biotecnología*, que se enfoca en el movimiento transfronterizo de organismos vivos modificados. En este Protocolo destaca el Acuerdo Fundamentado Previo, procedimiento que regula cómo pueden llevarse a cabo las importaciones y exportaciones de OGMs entre países.

Las evaluaciones de riesgo son muy costosas, lo que limita a grupos de investigación públicos.

México, biotecnologías e ideologías

En nuestro país, el debate ha transitado desde las cámaras de legisladores hasta el Gobierno federal, involucrando a los jueces del Poder Judicial. En el año 2005 se publicó la *Ley de Bioseguridad de OGMs*, la cual contiene los instrumentos jurídicos para su liberación, distribución y comercialización. Podríamos asegurar que esta ley incluye más elementos preventivos que liberales, pero deja las evaluaciones de riesgo al arbitrio de la ciencia.

La Ley establece un proceso gradual para liberar OGMs al medio ambiente, basado en el principio "paso a paso". Si las evaluaciones de riesgo son favorables, se autoriza la liberación experimental. El éxito lleva a una liberación piloto y, si se aprueba, a una comercial. Sin embargo, estas evaluaciones son muy costosas, lo que limita que grupos de investigación públicos puedan solicitar permisos de liberación, dejando esta posibilidad en manos de las grandes empresas.

Otro problema que enfrenta la ciencia en México es la política que emana del Gobierno federal, particularmente del sexenio pasado, en el cual una fobia inexplicable hacia la biotecnología moderna rezagó significativamente a este importante sector.

La prohibición de OGMs, como el maíz transgénico, se hace al margen de la Ley y con base en ideologías, lo cual puede resultar en rezagos y afectar negativamente el desarrollo científico local, además de aumentar la dependencia de biotecnologías extranjeras. ¿Hacia dónde se dirige México?

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA: UN CAMINO DESAFIANTE

Marcela Amaro Rosales

Rebeca de Gortari Rabiela

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES, UNAM

marcela.amaro@sociales.unam.mx

rebeca.degortari@gmail.com

@Marxella

Este campo multidisciplinario afecta a la salud humana, el bienestar de otras formas de vida y el medio ambiente, y ha dado lugar a debates, controversias, miedos y esperanzas: nos referimos a la biotecnología.

¿Por qué es importante?

Para su producción, la biotecnología necesita procesos científicos y tecnológicos y una variedad de actores que participan en la identificación de demandas, necesidades y soluciones. Los avances por la aparición de la biología molecular, el descifrамiento de la estructura del material genético, así como el descubrimiento de los mecanismos celulares que permiten traducir la información genética en proteínas han hecho que su aplicación involucre un proceso multidisciplinario y convergente de conocimientos, herramientas y estrategias (Bolívar-Zapata, 2004).

Esta tecnología paradigmática representa ventajas técnicas y económicas importantes.

En la llamada "biotecnología moderna" convergen las áreas que estudian los sistemas biológicos: microbios, plantas y animales, basadas en el uso productivo de seres vivos, sus productos y partes, con aplicaciones en muchas industrias (OECD, 1989), el medio ambiente, los recursos marinos, la medicina, la agricultura y la salud humana y animal.

Resolver problemas de la sociedad

El carácter transversal y la multiplicidad de sus áreas de aplicación requiere de capacidades científicas, tecnológicas, institucionales y de vinculación para que, conjuntamente, se puedan ofrecer soluciones eficientes, responsables y viables para la sociedad.

Los mecanismos de vinculación son diversos, desde los más tradicionales como la transferencia tecnológica, hasta procesos interactivos de coproducción de soluciones, con la participación de distintos actores. La coproducción involucra actividades académicas colaborativas, con un fuerte nivel de compromiso y una "interacción profunda", basada en el aprovechamiento de los distintos recursos de cada institución, para generar conocimiento en la resolución de retos específicos. Y, como señala Jasanoff (2004), entraña también su incorporación a las prácticas del Estado y de la gobernanza que influyen en su uso y construcción.

El mejor ejemplo es la irrupción de la COVID-19, que planteó retos de alcance global, regional y nacional, y obligó a los diversos actores de la sociedad a buscar mecanismos colaborativos para solucionarla, como la búsqueda de la vacuna, cuyo desarrollo debía cumplir con los estándares de calidad y confiabilidad, y demandó recursos económicos, físicos y humanos capaces de

integrarse en esfuerzos coordinados de políticas públicas.

La mayoría de los proyectos contaron con financiamiento público-privado, cooperación científica con universidades de excelencia mundial, desarrollos tecnológicos y de capacidades para la producción en las farmacéuticas privadas, y colaboración de la sociedad para las pruebas clínicas, además de una rápida intervención pública que permitió acelerar los procesos de registro y permisos sanitarios.

Sin duda, algunos mecanismos solamente sucedieron por la urgencia e implicaciones de la pandemia, pero dan cuenta de la importancia de construir redes de colaboración para la solución de problemas de la sociedad. No hay vacuna para la COVID-19 que no sea resultado de procesos y desarrollos biotecnológicos, lo que habla de la relevancia que tiene para el mundo actual.

Pensar el futuro: biotecnología y sociedad

En la mayoría de los países de América Latina se ha intentado transitar de un modelo lineal de innovación, como eje de las políticas de ciencia, tecnología e innovación, hacia modelos interactivos, incluyentes y con más énfasis en la solución de problemas sociales. No obstante, los resultados son escasos, y la mayoría de las articulaciones continúan siendo intermitentes.

En México, el desarrollo de esta disciplina ha enfrentado los cambios de las políticas, y ha sido parte de controversias que apuntan a la desvalorización de la ciencia, la fractura de instituciones, así como la disminución de recursos para la investigación y el desarrollo y la formación de personal en investigación.

Dada la importancia de la biotecnología y su potencial, es necesario repensar los mecanismos de apoyo para su desarrollo. Esta tecnología paradigmática representa ventajas técnicas y económicas importantes; puede generar un impacto positivo en el mercado. Además tiene la capacidad de resolver problemas sociales de gran envergadura.

Es importante revalorizar el capital científico, tecnológico y de la innovación biotecnológica.

Se requiere promover un cambio en el discurso de las agencias federales, en el enfoque de las políticas públicas, y en la percepción de la población. Es importante emprender una campaña de revalorización del capital científico, tecnológico y de la innovación biotecnológica, y promover su crecimiento e impacto en la región desde la conformación de relaciones recíprocas entre la academia, la industria y los actores gubernamentales.

¿Qué se necesita entonces? Políticas integrales con incentivos para las actividades de ciencia y tecnología, nuevos arreglos institucionales y de financiamiento, y que las políticas industriales apoyen el desarrollo de capacidades con el aumento de infraestructura y especialización productiva. Lo anterior, considerando la situación de las empresas de innovación biotecnológica en el país: bajo desarrollo de patentes, mecanismos de adaptación tecnológica y escalamiento de procesos, mejoras incrementales de proceso y producto, barreras para que los emprendimientos sobrevivan en el largo plazo, etc.

Para tener mayor incidencia, un primer paso es generar vínculos desde las universidades para interactuar con las empresas y las organizaciones productivas, así como mejorar los mecanismos de transferencia de conocimientos y coproducción, como la propiedad intelectual, la generación de convenios, y el diálogo en la identificación de problemas de interés.

Una posibilidad es promover la innovación abierta, para que se adquiera y distribuya la propiedad intelectual no utilizada. Otra, extender la transferencia de conocimiento hacia los colaboradores, a través de la creación de estándares y conocimiento tácito. El cambio constante de conocimientos en los diferentes campos de la biotecnología plantea aspectos sociales, éticos y legales, como la bioseguridad, el acceso a los recursos genéticos, y el reparto justo y equitativo de los beneficios. Es un camino desafiante, pero con múltiples posibilidades.

Bibliografía

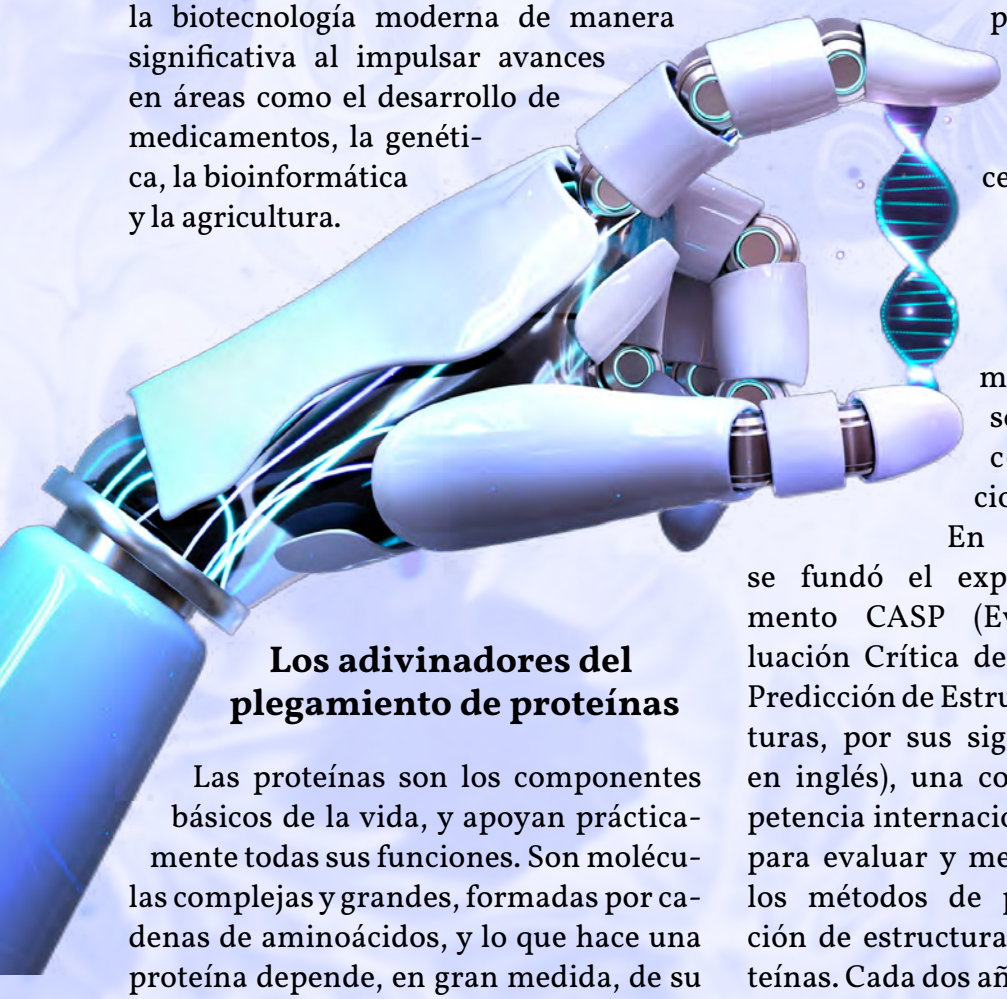
Bolívar-Zapata, F. (2004). *Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna*. México: El Colegio Nacional.

Jasanoff, S. (2004) *States of knowledge and the social order.* Londres, Routledge Taylor and Francis Group.

BIOTECNOLOGIAS. IMPACTO DE LA IA EN LA BIOTECNOLOGÍA

Lorenzo Patrick Segovia Forcella
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA, UNAM

En su libro *La estructura de las revoluciones científicas* (1962), Thomas Kuhn define el "cambio de paradigma" como una renovación radical en los principios básicos que estructuran la teoría científica aceptada. Hoy en día, las inteligencias artificiales (IAs) son agentes de un cambio de paradigma en la ciencia, pues están transformando la biotecnología moderna de manera significativa al impulsar avances en áreas como el desarrollo de medicamentos, la genética, la bioinformática y la agricultura.



Los adivinadores del plegamiento de proteínas

Las proteínas son los componentes básicos de la vida, y apoyan prácticamente todas sus funciones. Son moléculas complejas y grandes, formadas por cadenas de aminoácidos, y lo que hace una proteína depende, en gran medida, de su estructura tridimensional única. Descifrar en qué formas se pliegan se conoce como el "problema del plegamiento de proteínas", y ha sido un gran desafío para la biología durante los últimos 50 años.

Muchas proteínas se pliegan solas en un proceso por el cual adquieren su estructura tridimensional funcional, impulsado por fuerzas químicas y físicas que actúan entre los aminoácidos y la interacción con el medio. Determinar experimentalmente o predecir computacionalmente esta estructura, permite una más profunda comprensión de lo que hace y de cómo funciona. Sin embargo, no entendemos a cabalidad el proceso de plegamiento, ni cómo ni porqué es dirigido hacia una solución estructural única, pese a numerosos e ingeniosos esfuerzos computacionales.

En 1994 se fundó el experimento CASP (Evaluación Crítica de la Predicción de Estructuras, por sus siglas en inglés), una competencia internacional para evaluar y mejorar los métodos de predicción de estructuras de proteínas. Cada dos años científicos de todo el mundo se reúnen para probar y comparar sus modelos de predicción en un entorno controlado.

Las inteligencias artificiales están transformando la biotecnología moderna.

En cada edición, los organizadores del CASP proporcionan secuencias de proteínas cuyas estructuras se conocen, pero que no se han hecho públicas. Los participantes deben predecir la forma de esas proteínas, para luego comparar con las estructuras reales y medir la precisión de sus propuestas. En 2016, los mejores sistemas tenían cerca del 40% de éxito; cuatro años después, AlphaFold tiene 93% de precisión. Esto permite obtener casi instantáneamente un modelo creíble de la estructura de una proteína; hacerlo de forma experimental sigue siendo un proceso de meses o años.

AlphaFold es una IA de *aprendizaje supervisado* y *aprendizaje profundo*, con una red neuronal entrenada con una gran cantidad de datos de estructuras de proteínas ya conocidas y obtenidas experimentalmente. Cualquiera tiene acceso a este programa, que ha servido para proponer la estructura de más de 200 millones de proteínas, mientras que la experimentación solo ha producido cerca de 230,000 estructuras en los últimos 60 años. El impacto ha sido tal, que los directores de este desarrollo recibieron el Premio Nobel de Química 2024. Es una tecnología disruptiva y representa un verdadero cambio de paradigma.

Nuevo paradigma: inventores de proteínas

La irrupción de las IAs en la biología molecular moderna permite el desarrollo de técnicas para diseñar nuevas proteínas con actividades catalíticas inexistentes en la naturaleza. Usemos como ejemplo el problema inverso del plegamiento de proteínas, el desafío de diseñar una secuencia de aminoácidos que adopte una estructura tridimensional específica o deseada. Para ello usamos IAs generativas, que producen contenido nuevo como imágenes, textos, música, código, datos de simulación y nuevas proteínas, en lugar de limitarse a analizar o clasificar información ya existente.

Estas IAs emplean modelos avanzados de aprendizaje profundo, como las redes neuronales, para identificar patrones en grandes volúmenes de datos y, a partir de ellos, crear contenido que respeta esos patrones, pero totalmente original. Así podemos inventar plegamientos que no se observan en la naturaleza, modificar la forma del sitio activo, o simplificar una estructura natural.

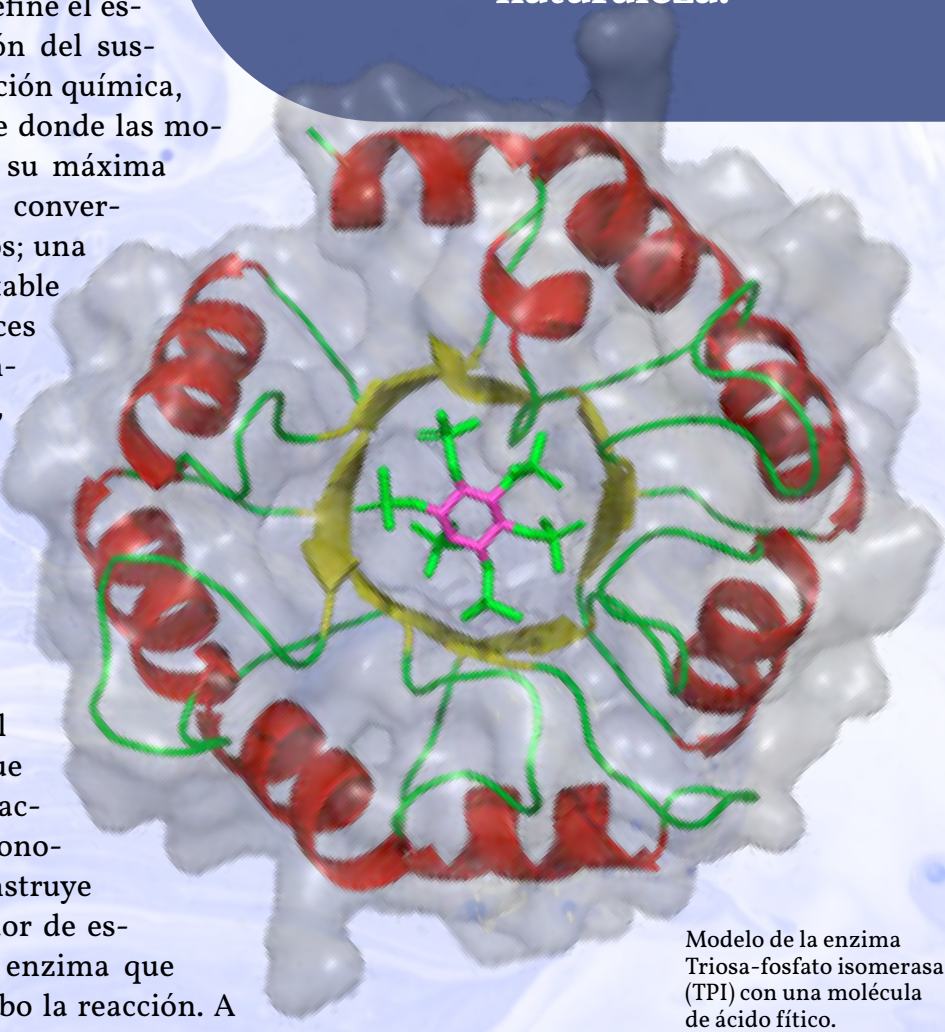
Próximo paradigma: inventores de enzimas

Una enzima es una proteína que cataliza reacciones químicas en los organismos vivos; cada enzima es específica para una o pocas reacciones, ya que su forma encaja con reactivos específicos (llamados sustratos). Uno de los enfoques más revolucionarios consiste en diseñar proteínas con actividades enzimáticas que no existen en la naturaleza.

Crear funciones no naturales con biotecnología permite abordar problemas complejos de formas novedosas. Al diseñar proteínas y enzimas específicas es posible desarrollar tratamientos más precisos, procesos industriales más sostenibles y soluciones para reducir la polución con procesos no contaminantes y energéticamente más eficientes. Programar funciones biológicas abre un mundo de aplicaciones que supera las limitaciones de la biología natural, transformando organismos vivos en herramientas innovadoras, y resolviendo así problemas fundamentales de nuestro mundo.

Primero se define el estado de transición del sustrato de una reacción química, el momento clave donde las moléculas alcanzan su máxima energía antes de convertirse en productos; una fase breve e inestable en la que los enlaces se están rompiendo y formando, y es puramente teórica. No obstante, es posible definirla y localizar la posición relativa de los átomos del sustrato y del catalizador que acelera esta reacción. Con este conocimiento se construye y diseña, alrededor de estos átomos, una enzima que puede llevar a cabo la reacción. A la fecha hay pocos ejemplos, pero se trabaja activamente en desarrollar esta faceta extremadamente poderosa.

Las IAs permiten diseñar nuevas proteínas con actividades catalíticas inexistentes en la naturaleza.



Modelo de la enzima Triosa-fosfato isomerasa (TPI) con una molécula de ácido fítico.

Todas estas posibilidades están a nuestro alcance solo con tener acceso a internet. Los genes que codifican las secuencias propuestas por estas IAs pueden ser sintetizados químicamente por servicios comerciales en cuestión de un par de semanas y, posteriormente, se prueban sus propiedades en el laboratorio.

Hay muchas más áreas de incidencia de las IAs en la biotecnología, como el descubrimiento de medicamentos, el diagnóstico y pronóstico médico, la edición genética más precisa, el mejoramiento de cultivos, la producción de biomateriales para todo tipo de fines y el análisis bioinformático de datos hacia la medicina personalizada y la genómica.

No cabe duda: las IAs están transformando profundamente los enfoques biotecnológicos, y abriendo el camino hacia horizontes impensables hace apenas diez años, permitiendo así la creación de soluciones más eficientes, económicas y sostenibles en todas las áreas clave de la biotecnología.

¿DÓNDE ESTUDIAR BIOTECNOLOGÍA?

¿Dónde se aplica la Biotecnología?

Sector público

- Centros de investigación, desarrollo e innovación
- Dependencias de gobierno
- Comercio y fomento industrial
- Industrias paraestatales
- Sector agroalimentario
- Sector ambiental

Sector privado

- Industria primaria acuícola
- Industria de transformación
- Industria farmacéutica
- Industria de alimentos y bebidas
- Productos biotecnológicos
- Laboratorios de diagnóstico molecular

Profesional independiente

- Empresa propia
- Empresas de consultoría y asesoría científica y tecnológica
- Prestación de servicios profesionales en el campo
- Productos biotecnológicos

¡La oferta es muy amplia! En México hay muchas opciones de licenciaturas, ingenierías, maestrías y doctorados para estudiar esta disciplina. ¡Conócelas!

- Técnico superior
- Licenciatura
- Ingeniería
- Maestría
- Doctorado

VIVIR EN MÉXICO E INTENTAR SALVAR EL MUNDO

Emiliano Cassani

Los plásticos, derivados en su mayoría del petróleo, se han convertido en materiales indispensables por su versatilidad y bajo costo. Desafortunadamente, los envases y empaques de un solo uso han fomentado una cultura de desecho masivo. En México, cada habitante descarta unas 200 botellas de PET al año, lo que refleja la magnitud del problema.

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en el país se generan casi dos millones de kilos de basura plástica diariamente, cifra alarmante cuando se alberga 12% de la biodiversidad mundial (*Plásticos en los océanos*, INCyTU, 2019).

Gestionar estos residuos es un desafío. Aunque se promueven estrategias como las 3R's (reducir, reutilizar y reciclar), el reciclaje enfrenta obstáculos como la falta de recolección diferenciada y la baja participación ciudadana. Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) revelan que en 56.4% de los hogares no se separa la basura, en parte por desinformación o desinterés. En comunidades rurales e indígenas la situación es aún más crítica debido a la limitada infraestructura y apoyo gubernamental.

Por otro lado, México no cuenta con una legislación federal respecto al uso del plástico, y la legislación actual para el manejo de residuos es insuficiente (NOM-083-SEMARNAT-2003). De acuerdo con el documento *Legislaciones estatales para los plásticos de un solo uso en México: ¿Qué sectores están incluidos?* (UNAM, 2024), en nuestro país, 29 de las 32 entidades federativas ya contemplan regulaciones para plásticos de un solo uso en sus legislaciones; solo faltan Jalisco, Tlaxcala y el Estado de México.

Los envases y empaques de un solo uso han fomentado una cultura de desecho masivo.

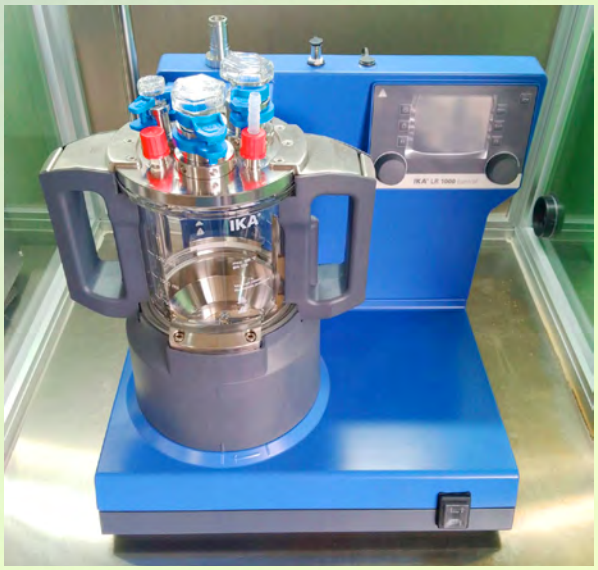
Estas condiciones dificultan la reincorporación de los plásticos al ciclo productivo bajo esquemas sostenibles. México debe proteger su riqueza natural y evitar que la contaminación por plásticos la siga poniendo en riesgo.

Nuevas técnicas para reciclar

El reciclaje mecánico de plásticos es ampliamente utilizado para recuperar y reutilizar polímeros posconsumo e industriales. Consiste en clasificar los residuos plásticos según su tipo, para luego someterlos a etapas físicas como la fundición. Durante este tratamiento, las propiedades iniciales del material se mantienen, lo que permite fabricar nuevos productos sin modificar la composición química del plástico original.

El polietileno (PE), el polipropileno (PP) y el tereftalato de polietileno (PET) son plásticos que se benefician de este método. Sin embargo, cada ciclo de reciclaje puede acortar las cadenas moleculares del plástico, lo que afecta su capacidad para ser reutilizado en ciertas aplicaciones, como la fabricación de botellas.

Para enfrentar esta limitación, investigadores trabajan en el desarrollo de tecnologías que descomponen completamente las cadenas moleculares dañadas, permitiendo su reconstrucción desde los elementos básicos. Este avance permi-



tiría incluso que los residuos inservibles para la industria se reincorporen como materias primas de alta calidad, fomentando una verdadera economía circular.

Break Pet, empresa biotecnológica revolucionaria

En entrevista para *Obsidiana*, el doctor Daniel Eduardo Rodríguez Chamorro, director general de Break Pet, confiesa que lo tiene claro: la misión de Break Pet será salvar el mundo. La compañía surgió en nuestro país con la visión de ser una empresa líder en reciclaje químico, para lo cual ha desarrollado una innovadora solución que permite combatir la contaminación por plásticos mediante un método de reciclaje enzimático. Este proceso utiliza a las enzimas, moléculas responsables de acelerar las reacciones químicas en los seres vivos, para descomponer el PET en sus componentes básicos.

El PET es un material reciente en el ambiente, y la naturaleza aún no ha desarrollado mecanismos eficientes para su degradación, pero los investigadores han identificado y mejorado enzimas que pueden despolimerizar este plástico de manera rápida y estable.

Break Pet ha llevado esta tecnología un paso más allá, pues aplica ingeniería enzimática para aumentar tanto la velocidad como la eficiencia del proceso. Gracias a estas mejoras, han creado un sistema semiindustrial continuo capaz de descomponer 50% del PET en tan solo ocho horas.

Este avance representa un hito en la gestión de residuos plásticos, ya que permite procesar materiales que las tecnologías convencionales de reciclaje no pueden manejar, transformándolos en materias primas vírgenes listas para ser reutilizadas. Además, estos procesos biotecnológicos son inocuos y muy eficientes en el uso de energía.

Con esta tecnología, la empresa no solo propone una solución rentable y sostenible al problema de la contaminación plástica, sino que también contribuye al desarrollo de una economía circular. Al recircular el PET, se reduce la necesidad de producir nuevos plásticos a partir de petróleo, disminuyendo así el impacto ambiental. Este enfoque promete cambiar la forma en que se maneja el plástico, y resuelve un desafío global desde la innovación científica y tecnológica.

Apoyar esta innovación mexicana

"En el 2020 encontramos una aceleradora de negocios en Argentina —sí, allá donde el peso encabeza el *ranking* de las monedas más depreciadas en Latinoamérica—, que invertía en este tipo de proyectos, y nos financiaron con 200 mil dólares que utilizamos para el desarrollo de tecnología, la cual hemos concluido. Ahora hemos empezado con el siguiente proceso que es la parte experimental.

"Actualmente estamos buscando 1.6 millones de dólares para construir una planta que, con nuestra tecnología, reciclaría 500 toneladas de PET al año. En el modelo que proponemos no vamos a licenciar la tecnología, nosotros queremos operar, por lo cual nos hemos acercado a las empresas que producen los garrafones o cualquier empaque de PET, como Danone, FEMSA, Arca Continental, es decir, los grandes embotelladores del país", reveló el doctor Rodríguez.

En México, cada habitante descarta unas 200 botellas de PET al año.

Empresas como Coca-Cola se han planteado el objetivo global de recolectar y reciclar el equivalente al 100% de sus envases para el 2030. "Un Mundo sin Residuos" (*World Without Waste*) es la nueva visión que la compañía apoya, junto con sus socios embotelladores, para lograr que sus empaques sean 100% reciclables. ¿Alcanzarán su objetivo en cinco años?

Iniciativas como la del doctor Eduardo Rodríguez podrían ayudar a cumplir esa meta y muchas otras, así como a cambiar el futuro de los plásticos y de nuestras vidas.

Conoce más de Break Pet

EL TAMAÑO DE TU ORIGEN NO DEFINE EL ALCANCE DE TUS SUEÑOS: PATRICIA SORIA

Emiliano Cassani

Churintzio, un pequeño municipio de Michoacán con poco más de cinco mil habitantes, fue el lugar donde Patricia Soria Venegas comenzó a soñar. Siendo adolescente, su mirada atravesaba los cristales polvorientos de un laboratorio abandonado en su secundaria, imaginando lo que podría lograrse si ese espacio volviera a la vida.

Impulsada por esa inquietud, Patricia dejó su pueblo para inscribirse en la preparatoria de Penjamillo, atraída por un rumor: ahí había un club de ciencias llamado *Achojki* y un laboratorio disponible en el Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos.

Bajo la guía del profesor Sergio Belmonte García, Patricia encontró un espacio para investigar, y también la confianza para transformar su curiosidad en acción. Así nació *Terekua*, cuyo objetivo fue crear herramientas educativas para capacitar a estudiantes en micología.

Terekua conquistó escenarios internacionales, pero no halló eco en su propio país.

El brillo de un sueño

En el idioma purépecha, la palabra *terekua* proviene del verbo *tereni*, que significa podrido o podrir, por el intenso olor a tierra y humedad de los hongos. El proyecto consistió en la identificación, estudio y aislamiento de los 10 principales hongos que contaminan los alimentos (*Mucor, Rhizopus, Aspergillus, Penicillum, Alternaria, Fusarium, Geotrichum, Stemphylium, Monilia* y *Botrytis*), y la posterior elaboración de colecciones permanentes que permitieran a los estudiantes conocerlos y estudiarlos.

Así, crearon colecciones didácticas y tres juegos educativos: Lotería *Terekua*, Oca *Terekua* y Memorama *Terekua*. Patricia y su compañera Dulce Abril Morales Govea participaron con este trabajo en el concurso Proyecto Multimedia 2015, de la Sociedad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología, donde obtuvieron la medalla platino.

Pero el verdadero hito llegó en 2016, cuando *Terekua* viajó a Brasil para competir en la Muestra Internacional de Ciencia y Tecnología (Mostratec), donde participan los mejores proyectos de países como Estados Unidos, India y Portugal. Patricia y Dulce lograron lo impensable: el primer lugar internacional en el área de Biología Celular, Molecular y Microbiología.

También trajeron a México, una medalla de oro internacional, el reconocimiento como proyecto internacional mejor evaluado, reconocimiento y trofeo Mostratec por el mejor proyecto de la delegación mexicana y una acreditación internacional para representar a México en el encuentro de jóvenes científicos en Argentina.

"Fue un momento indescriptible. Lloramos de alegría porque siempre creímos que esos premios eran para universidades, no para un pequeño tecnológico. Pero ahí estábamos, demostrando que el tamaño de tu origen no define el alcance de tus sueños", recuerda Patricia.

El vacío del reconocimiento

A su regreso a México fueron recibidas con entusiasmo. Los medios de comunicación escribieron sobre su logro, y autoridades estatales les entregaron reconocimientos. Sin embargo, tras las fotos y los discursos, se encontraron solas. Ninguna institución mexicana mostró interés en financiar el proyecto o llevarlo más allá del papel.

"Nos dimos cuenta de que aquí todo termina en una foto para los políticos. Nadie quiso invertir en *Terekua*. Si alguien nos hubiera apoyado, hoy seríamos una empresa consolidada", lamenta Patricia. Pero lejos de rendirse, decidió devolver algo a su comunidad. "Quiero que los niños y jóvenes de mi pueblo sepan que pueden alcanzar lo que se propongan. Cada vez que regreso a Churintzio, organizo pequeños eventos de ciencia. Antes, nadie ahí sabía qué era eso; ahora, al menos, tienen una ventana abierta hacia un mundo de posibilidades".

Quiero que los niños y jóvenes de mi pueblo sepan que pueden alcanzar lo que se propongan.

De Churintzio para todo México y el mundo

"Esos premios no son para nosotros, no te ilusiones, no quiero verte con el corazón roto", dijo su mamá al enterarse que estaba participando por ser reconocida con el Premio Michoacano a la Juventud 2019. Por el contexto donde se desarrolló, su familia estaba orgullosa de hasta dónde había llegado, pero le dijeron que no debía entusiasmarse demasiado. "¿Por qué no mamá?, ¿por qué no creer en que sí puedo ganar?", fue la contestación que recuerda le dio en ese momento.

"Estaba en la universidad, cuando salió mi nombre en los resultados. Fue una emoción enorme, lloré en ese momento, pero sobre todo al llegar a casa y ver a los ojos a mi madre para que, sin palabras, solo con la mirada, pudiera contarle que lo había logrado y que tantos años de esfuerzo habían valido la pena.

12 jóvenes originarios del estado obtuvieron el Premio Michoacano a la Juventud 2019, elegidos de entre más de 200 participantes, y se hicieron acreedores a un estímulo económico de 42 mil 245 pesos. Patricia fue reconocida en la categoría de Mérito al Emprendimiento.

"Ahora yo siento un gran compromiso con mi pueblo, Churintzio, espero que todo lo que he hecho tenga una repercusión positiva en las nuevas generaciones".

La deuda pendiente de México con su talento joven

Terekua es un recordatorio doloroso de cómo en México se dejan escapar oportunidades para transformar el futuro. Patricia no solo llevó el nombre de su país a lo más alto, sino que demostró que los sueños nacidos en los rincones más pequeños pueden resonar en el mundo entero.

Hoy, su historia inspira, pero también obliga a cuestionar: ¿cuántos otros *Terekuas* hemos dejado escapar? La respuesta, como tantas cosas en este país, aguarda en el silencio de un laboratorio vacío.

Bacillando Ciencia: divulgación con esencia personal

El 25 de diciembre de 2022 marcó el inicio de un proyecto de divulgación científica que refleja la pasión y compromiso de Patricia. Inspirado por los *Bacillus*, bacterias que han sido el centro de sus investigaciones, decidió bautizar su iniciativa como *Bacillando Ciencia*.

A pesar de ser una divulgadora relativamente nueva, ha aprovechado las oportunidades que se le han presentado: colaboraciones en revistas especializadas, conferencias en universidades que jamás imaginó visitar y encuentros con destacados divulgadores a quienes admira profundamente.

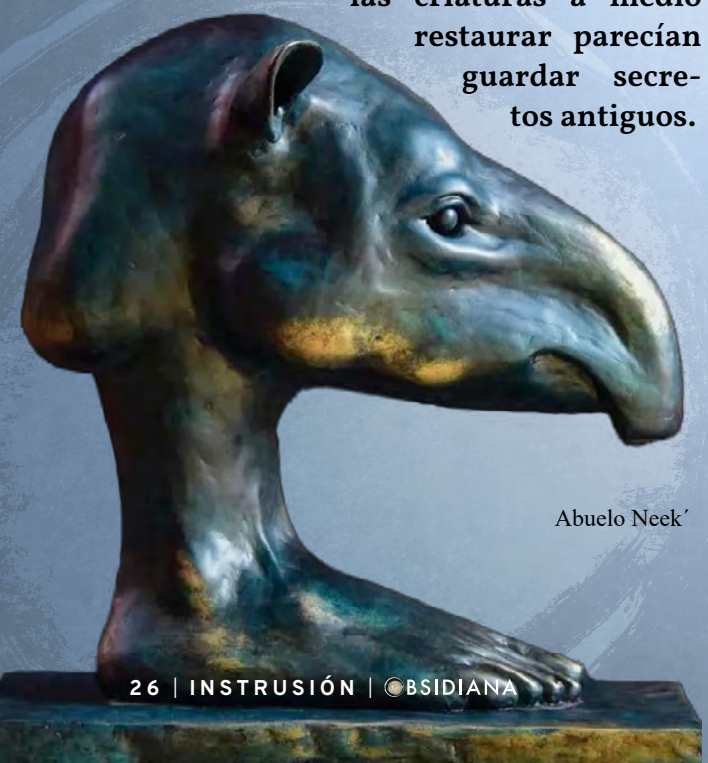
Hoy, como maestra en ciencias con especialidad en biotecnología por el Cinvestav, Patricia continúa formándose para mejorar su labor divulgativa. Su objetivo es ofrecer contenido accesible y de calidad, que despierte en otros la misma curiosidad y pasión que la ciencia le ha brindado a ella.

DAR VIDA A LO SURREAL PARA DESAFIAR LAS FRONTERAS DE LO QUE CREEMOS POSIBLE

Por Luisa F. González A.

La semilla de su arte se sembró durante la infancia, en el taller de taxidermia de su padre. Pedro González Bustos, mejor conocido como Peri, es un artista plástico nacido en Puebla que encuentra inspiración en la rica biodiversidad y la cultura de México.

Para entender cómo llegó al arte es necesario regresar a su infancia, a un lugar donde la realidad cotidiana parecía impregnada por un aire de misterio. Su papá, maestro taxidermista con más de 35 años de experiencia, le permitía acompañarlo en su taller. Para Peri, ese sitio era casi mágico, un reino de la metamorfosis, donde lo muerto se transformaba en vida y lo olvidado volvía a respirar, un lugar en donde el tiempo se detenía, y las pieles, los cráneos y las criaturas a medio restaurar parecían guardar secretos antiguos.



Abuelo Neek´

“Ahí fue donde aprendí a ver más allá de lo aparente, a explorar la esencia oculta de las cosas, a encontrar vida en lo que otros consideran vacío y, con el tiempo, esa conexión con lo salvaje y ese asombro por la metamorfosis se convirtieron en la esencia de mi obra”.

Se ha especializado en la fusión de especies de la flora y fauna mexicana con partes del cuerpo humano, explorando la intersección entre naturaleza y cultura. Combina lo fantástico y lo grotesco, buscando trascender la estética y provocar una conexión emocional con el espectador, invitándolo a un viaje que distorsiona la realidad para descubrir una belleza profunda, reflejada tanto en sus esculturas como en su obra pictórica.

Combina lo fantástico y lo grotesco, buscando trascender la estética.

Peri considera que el arte es una puerta hacia lo desconocido, un espacio en donde la realidad y la fantasía se mezclan y se expanden. También es una forma de explorar lo humano y lo natural, desde sus conexiones más profundas. Un territorio donde los sueños y el subconsciente tienen tanto peso como la realidad. “Es mi manera de conectar más allá de las palabras, un puente entre lo visible y lo oculto, capaz de cambiar nuestra visión de la realidad”.

Estudió administración turística y de la hospitalidad, sin embargo, nunca ejerció. “Fue como si el arte hubiera es-

tado ahí susurrando y esperando el momento adecuado para salir a la superficie. Y aunque la carrera de turismo me dejó herramientas muy valiosas, mi burbuja siempre ha estado guiada por ese deseo de dar vida a lo surreal y de crear seres que desafían las fronteras de lo que creemos posible".

Elaboró sus primeras obras cuando disecaba animales en el taller de su papá. Apasionado de la fantasía, pronto sintió que algo faltaba en su expresión artística. Fue así como empezó a experimentar haciendo mezclas de especies. "Mi obra tomó un giro hacia lo surrealista y fantástico. Ahí encontré una libertad única y un espacio en donde no existen límites".

Durante los primeros tres años de carrera como escultor profesional, su producción se centró en esculturas de resina, material que le permitió explorar y aprender. Al no haber estudiado arte, el proceso fue muy desafiante. Pero, al llevar a cabo todo el proceso de principio a fin, aprendió a fabricar los moldes de las piezas, hasta elaborar la reproducción en resina.

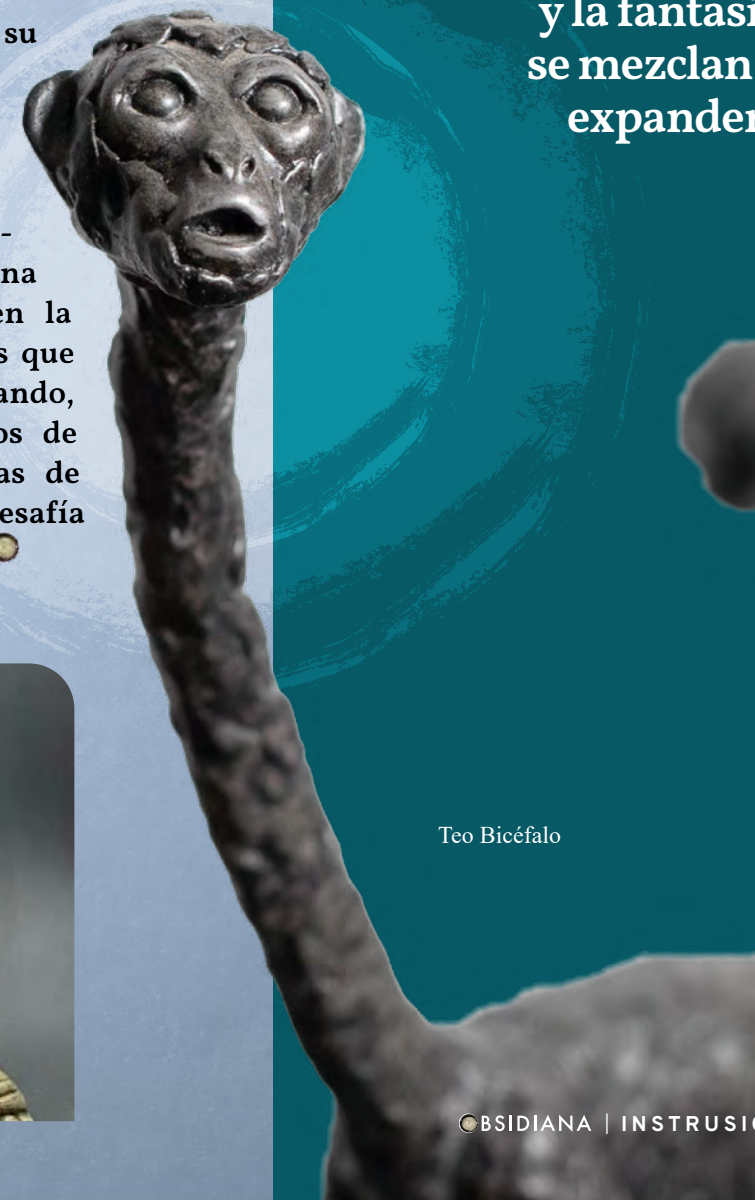
Con el tiempo sintió la necesidad de buscar algo más duradero, lo que lo llevó al mundo de los metales. "El bronce me gusta muchísimo, por su versatilidad, las pátinas, los colores. Y hoy quiero hacer mi obra en un material que pueda trascender el tiempo". Peri ha utilizado una diversidad de materiales como bronce, resinas, plastilina, fibra de vidrio y silicón, así como distintos tipos de pintura, reflejo de su proceso de aprendizaje basado en la experimentación.

Hoy está 100% dedicado a esculpir y modelar cada una de sus obras. Y, cuando llega el momento de reproducirlas, ha encontrado un gran aliado que trabaja con diferentes tipos de metales. "Studio Fundidora, de mi gran amigo Omar Martínez, tiene años de experiencia en la producción de piezas de muchísima calidad y muchísima precisión; logran resultados escultóricos increíbles al reproducir las obras".

Si Peri no está en su estudio esculpiendo, puede ser que lo encuentres haciendo ejercicio, leyendo, socializando con su familia o amigos, viendo una película o paseando en la naturaleza. Lo cierto es que siempre estará buscando, en los rincones ocultos de su imaginación, formas de plasmar aquello que desafía nuestras percepciones.

Mara Miztli

El arte es una puerta hacia lo desconocido, donde la realidad y la fantasía se mezclan y expanden.



Teo Bicéfalo

Tatutsi

Zóchitli

El arte también es mantener viva la conexión con nuestras raíces y la cultura, que yo honro a través de formas y símbolos: la riqueza de nuestra tierra, su flora, la fauna, la esencia de lo que somos. Así se va preservando algo valioso que une lo antiguo con lo contemporáneo.

Mara Miztli

Conoce más de la obra de Peri en

Coco- coatl

Hoy no solo veo el arte como un medio de expresión, sino como un portal hacia otros mundos.

BreakPET

EL FUTURO DE LOS PLÁSTICOS

Circularizamos el plástico por un mundo sin residuos

@BreakPETMX

@break_pet

@Break_pet

www.**breakpet**.com

SUSCRÍBETE

sin costo

http:// biotecmov.ibt.unam.mx

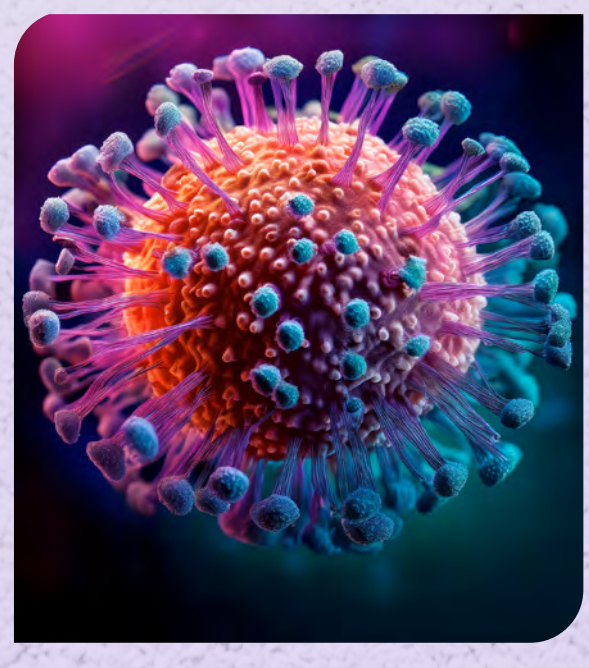
¡EUREKA!, EL MOMENTO MÁS EMOCIONANTE DE HACER CIENCIA: LAURA PALOMARES

Laura nació en Morelia, Michoacán, y cuenta que desde muy pequeña le interesaban mucho los juegos de química. Esos juguetes, junto con su curiosidad, la llevaron a desear su propio laboratorio. Primero creó uno en el clóset de su habitación, donde utilizaba sopas para cultivar hongos; después experimentó en el techo de su casa. Desde entonces, surgió su interés por entender la razón de las cosas.

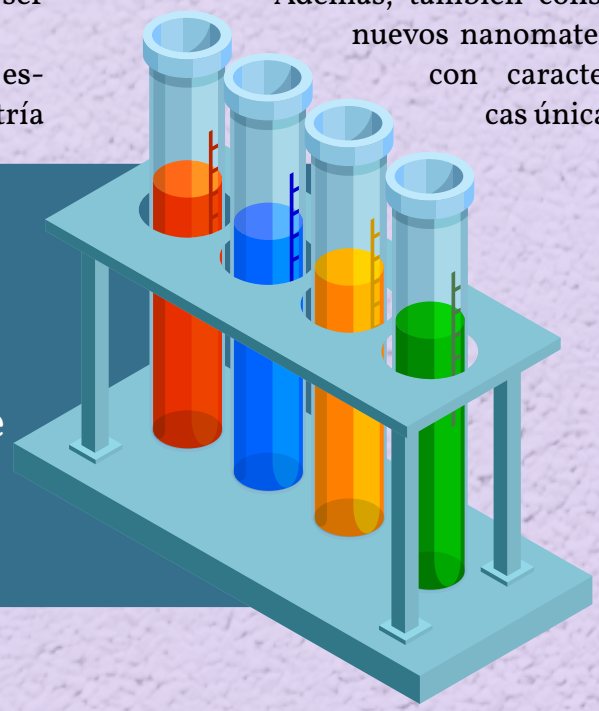
Otro suceso que fue importante para el desarrollo de su vocación, fue leer la biografía de Marie Curie, pionera en el campo de la radiactividad, primera mujer en recibir un premio Nobel y en recibir dos premios Nobel en diferentes disciplinas científicas (Física y Química). Curie se convirtió en la heroína de Laura, quien decidió hacer investigación y ser como ella.

Laura Alicia Palomares Aguilera estudió ingeniería bioquímica, maestría en biotecnología, y doctorado en ciencias. Actualmente es investigadora y directora del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Una de sus líneas de investigación se enfoca en la virotecnología, es decir, aprovechar las propiedades de los virus para generar nuevas tecnologías de beneficio para los humanos. Para ello, primero debe entender a los virus.

Los virus, que se hospedan en una célula y pueden tomar control de ella, tienen muy mala reputación entre los humanos y seres vivos, por las infecciones que provocan. Pero, al estudiar y comprender las características y capacidades de los virus y las proteínas dentro de ellos, es posible desarrollar (como lo hace Laura) tecnologías, nuevos medicamentos o vacunas para contender con la infección de esos virus. Además, también construye nuevos nanomateriales con características únicas.

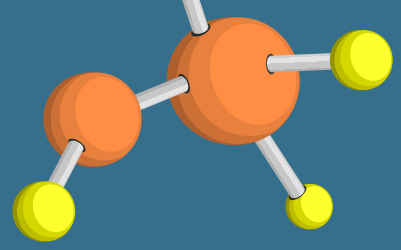


Estudia las propiedades de los virus para generar nuevas tecnologías de beneficio para los humanos.



El trabajo de la doctora Palomares se centra también en la ingeniería de procesos de producción de proteínas complejas, como las **glicoproteínas** y **proteínas multiméricas recombinantes**, y el desarrollo de nuevas aplicaciones de estructuras virales. Trabaja en el diseño de procesos para la producción de glicoproteínas recombinantes, vacunas, vehículos de entrega de fármacos, vectores para **terapia génica** y **nanobiomateriales**. Ha formado parte de grupos que han obtenido el registro de tres vacunas para uso humano y una para uso veterinario.

El conocimiento de frontera tiene mayor impacto siempre que hay interdisciplinariedad. Gracias a su capacidad para generar sinergias y puentes de colaboración entre la academia y las industrias nacionales e internacionales, Laura ha sido asesora científica de diversos co-



El conocimiento de frontera tiene mayor impacto cuando hay interdisciplinariedad y colaboración.

mités, asociaciones y empresas; ha recibido los reconocimientos más importantes de su área; y tiene una patente internacional depositada y una nacional otorgada.

Lo que más disfruta Laura de ser científica es el momento del ¡eureka!, cuando los resultados de su trabajo le permiten descubrir o conocer algo más sobre la naturaleza. Para todos los jóvenes que quieren dedicarse a la ciencia, su recomendación es que se den cuenta que tienen el mundo en sus manos. "No piensen que no se puede. Cuando alguien es bueno y hace las cosas con pasión y con entrega, tiene éxito". Sus palabras son reflejo de su propia experiencia de vida.

Algunas de sus múltiples distinciones incluyen:

- Medalla del Honor del Congreso del Estado de Morelos 2022.
- Premio Universidad Nacional 2018 en Innovación Tecnológica y Diseño Industrial.
- *Interciencia Award in Life Sciences* 2014 (Interciencia, Gobierno de Canadá).
- Reconocimiento al Mérito Estatal de Investigación en tecnología 2013, 2014 y 2017, Morelos.
- Premio Canifarma Veterinaria (Desarrollo Tecnológico) 2009 y 2010.
- Premio de Investigación de la Academia Mexicana de Ciencias 2009 en Ingeniería y Tecnología.
- Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 2007. Área Innovación Tecnológica y Diseño Industrial.
- Premio Carlos Casas Campillo 2004. Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería.
- Premio Weizmann 2001 en Investigación Tecnológica. Academia Mexicana de Ciencias.

Fuentes

Morelos TV. (2016, 29 junio). *Científica/mente Dra. Laura Palomares - IBT* [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=7RK-eRsH7Tg

Dra. Laura Alicia Palomares Aguilera. Innovación tecnológica y diseño industrial. (2018, 22 noviembre). *Gaceta UNAM*. https://www.gaceta.unam.mx/pun-laura-alicia-palomares-aguilera/

Glosario

Glicoproteínas: Moléculas compuestas por una proteína unida a uno o varios glúcidos, simples o compuestos.

Glúcidos: Biomoléculas compuestas principalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno; algunos de ellos contienen otros bioelementos.

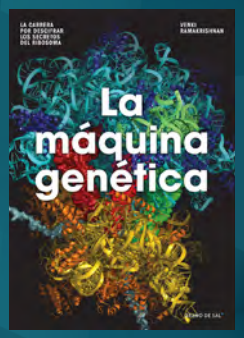
Proteínas recombinantes: Formadas por la secuencia de aminoácidos de dos proteínas de origen diferente.

Multímero: Proteína formada por varias subunidades proteicas.

Terapia génica: Técnica que usa genes para tratar o prevenir enfermedades o trastornos.

Nanobiomateriales: Biomateriales desarrollados con tamaños en el rango de 1 a 100 nanómetros.

Encuentra en este espacio una variada selección de libros, series, películas, arte y video que te permitirán ahondar un poco más respecto a la biotecnología y sus posibilidades.

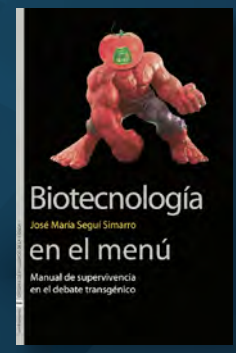


La máquina genética
Venki Ramakrishnan
Grano de Sal
Colección Biblioteca Científica del Ciudadano

Este libro narra la apasionante búsqueda por entender el ribosoma, una compleja molécula que traduce la información del ADN en proteínas. Combina la ciencia detrás de este descubrimiento con la historia personal del autor, culminando con la obtención del Premio Nobel. ¡Imprescindible para conocer más sobre los secretos de la vida a nivel molecular!

Biotecnología en todos lados
Alberto Díaz
Siglo XXI
Colección Ciencia que Ladra

La biotecnología ha transformado nuestras vidas en solo unas décadas. Este libro nos sumerge en los avances y desafíos que plantea esta revolución, desde sus inicios, cuando la idea de modificar genéticamente organismos era novedosa, hasta la actualidad. Además, aborda aspectos cruciales como las implicaciones éticas y sociales, y el desarrollo sostenible.



Biotecnología en el menú
José María Seguí Simarro
Publicacions de la Universitat de València

Este texto confronta la gran diferencia entre lo que la comunidad científica afirma sobre los cultivos transgénicos y lo que la opinión pública cree (a menudo influenciada por información errónea), con argumentos sólidos basados en evidencia científica para entender qué son y qué no son los transgénicos. Una invitación a extraer tus propias conclusiones.

SELECCIÓN ANTINATURAL

Una emocionante serie documental en la que se explica con claridad cómo es posible sacar un gen de un organismo, meterlo a otro y crear un medicamento para salvar muchas vidas. Es increíble todo lo que se puede lograr. La pregunta es, ¿debería hacerse?

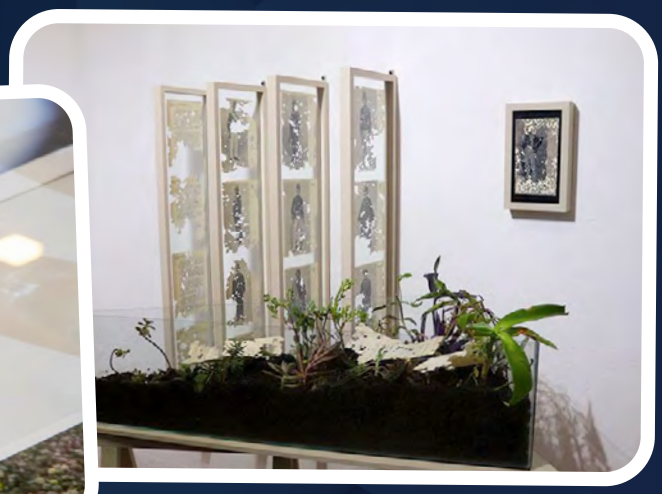
BIOHACKERS

¿Hasta qué punto puedes modificar tu cuerpo a través de la ingeniería genética y la tecnología? En esta serie alemana de ciencia ficción, Mia trata de exponer a una famosa profesora de biología, experta en investigación genética, quien sometió a Mia y a su hermano mellizo a peligrosos experimentos cuando eran niños.

BIOARTE: LAS FORMAS DE LO VIVO

El Premio Itaú Artes Visuales apoya año tras año proyectos en la intersección entre Arte y Tecnología, estableciendo categorías especiales. En 2022 el turno fue para Bioarte, disciplina donde el material viviente es explorado a través de diversas poéticas.

¡Disfruta esta exposición en línea, creada por Fundación Itaú Argentina! Una selección de proyectos donde el arte entra en simbiosis con materiales biológicos y procesos tecnológicos.



TRANSGÉNICOS, ¿HÉROES O VILLANOS?

¡En un tomate cherry hay más tecnología que en un Iphone! ¡Es verdad! José Miguel Mulet nos explica cómo es posible en esta charla TEDx. Mira este video y, en solo 15 minutos, descubre otra perspectiva sobre los productos genéticamente modificados que generan tanta controversia. Y, de paso, aprende de forma muy simple cómo se edita el ADN.

GATTACA

(1997)
Andrew Niccol

En un futuro donde la genética determina el destino de las personas, esta película clásica de ciencia ficción nos muestra una sociedad en la que los individuos son diseñados genéticamente para ser perfectos, mientras que aquellos concebidos de forma "natural" son considerados inferiores.

Vincent sueña con explorar el espacio, un privilegio reservado a los genéticamente superiores. Para alcanzar su objetivo, se hace pasar por otro hombre, desafiando al sistema que limita a las personas por su código genético. ¿La perfección genética es realmente deseable?