

BIOTECNOLOGÍA

La ingeniería, física, química, medicina y veterinaria entre otras, tienen gran repercusión en la farmacia, la medicina, la ciencia de los alimentos, el tratamiento de residuos sólidos, líquidos, gaseosos y la agricultura. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico define la **biotecnología** como la «aplicación de principios de la ciencia y la ingeniería para tratamientos de materiales orgánicos e inorgánicos por sistemas biológicos para producir bienes y servicios». [cita requerida]

Probablemente el primero que usó este término fue el ingeniero húngaro Károly Ereki, en 1919, cuando lo introdujo en su libro *Biotecnología en la producción cárnica y láctea de una gran explotación agropecuaria*.^{1 2}

Según el Convenio sobre Diversidad Biológica de 1992, la biotecnología podría definirse como "toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos".^{3 4}

El Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica⁵ define la *biotecnología moderna* como la aplicación de:

- Técnicas in vitro de ácido nucleico, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante y la inyección directa de ácido nucleico en células u orgánulos.
- La fusión de células más allá de la familia taxonómica, que supere las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación y que no sean técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicionales.

La biotecnología tiene aplicaciones en importantes áreas industriales, como la atención de la salud, con el desarrollo de nuevos enfoques para el tratamiento de enfermedades; la agricultura con el desarrollo de cultivos y alimentos mejorados; usos no alimentarios de los cultivos, por ejemplo plásticos biodegradables, aceites vegetales y biocombustibles; y cuidado medioambiental a través de la biorremediación, como el reciclaje, el tratamiento de residuos y la limpieza de sitios contaminados por actividades industriales. A este uso específico de plantas en la biotecnología se le llama biotecnología vegetal. Además se aplica en la genética para modificar ciertos organismos.⁶

Las aplicaciones de la biotecnología son numerosas y suelen clasificarse en:

- **Biotecnología roja:** se aplica a la utilización de biotecnología en procesos médicos. Algunos ejemplos son la obtención de organismos para producir antibióticos, el desarrollo de vacunas más seguras y nuevos fármacos, los diagnósticos moleculares, las terapias regenerativas y el desarrollo de la ingeniería genética para curar enfermedades a través de la manipulación génica. Dentro de ésta se encuentra:
 - Diagnóstico de enfermedades

La Biotecnología ha aportado nuevas herramientas diagnósticas que son especialmente útiles para los microorganismos que son difíciles de cultivar, ya que permiten su identificación sin necesidad

de aislarlos. Hasta hace muy poco tiempo todos los métodos se basaban en el cultivo microbiológico, la tinción histológica, o las pruebas químicas y determinaciones en suero, algunos métodos en general largos y tediosos que requieren mucha mano de obra y son muy difíciles manejar. El desarrollo de los inmunodiagnósticos con los anticuerpos monoclonales y de las técnicas que analizan el material genético como la hibridación y secuenciación del DNA o RNA con la ayuda inestimable técnica de la PCR han sido un logro biotecnológico importante y decisivo para introducir el concepto del diagnóstico rápido, sensible y preciso. Además se tiene en cuenta que esta metodología permite su robotización y automatización en el futuro del diagnóstico molecular y genético que es muy esperanzador. 7

- Aportes en la enfermedad del Cáncer

La biotecnología ha proporcionado herramientas para el desarrollo de una nueva disciplina que se denomina patología molecular, ésta permite establecer un diagnóstico del cáncer basado y no en la morfología del tumor, como hace la anatomía patológica clásica (microscopía combinada con histoquímica), sino en sus características patogénicas debidas a las alteraciones genéticas y bioquímicas. La patología molecular ha incorporado técnicas de inmunohistoquímica y análisis genético al estudio de proteínas o ácidos nucleicos extraídos de los tumores. Estas técnicas han permitido no sólo la detección precoz de las células malignas sino también su clasificación. Un tumor que se ha detectado en sus fases iniciales y que está bien clasificado, antes de que se produzca su diseminación a otros lugares del organismo puede ser eliminado con facilidad, de manera que su detección y clasificación precoz puede salvar tantas o más vidas que el desarrollo de otras nuevas terapias.8

- **Biología blanca:** también conocida como biotecnología industrial, es aquella aplicada a procesos industriales. Un ejemplo es la obtención de microorganismos para generar un producto químico o el uso de enzimas como catalizadores o inhibidores enzimáticos industriales, ya sea para producir productos químicos valiosos o destruir contaminantes químicos peligrosos (por ejemplo utilizando oxidoreductasas).9 También se aplica a los usos de la biotecnología en la industria textil, en la creación de nuevos materiales, como plásticos biodegradables y en la producción de biocombustibles. Su principal objetivo es la creación de productos fácilmente degradables, que consuman menos energía y generen menos desechos durante su producción.10 La biotecnología blanca tiende a consumir menos recursos que los procesos tradicionales utilizados para producir bienes industriales.11
- **Biología verde:** es la biotecnología aplicada a procesos agrícolas. Un ejemplo de ello es la obtención de plantas transgénicas capaces de crecer en condiciones ambientales desfavorables o plantas resistentes a plagas y enfermedades. Se espera que la biotecnología verde produzca soluciones más amigables con el medio ambiente que los métodos tradicionales de la agricultura industrial. Un ejemplo de esto es la ingeniería genética en plantas para expresar plaguicidas, con lo que se elimina la necesidad de la aplicación externa de los mismos, como es el caso del maíz Bt.12 La biotecnología se ha convertido en una herramienta en diversas estrategias ecológicas para mantener o aumentar sustancialmente recursos naturales como los bosques. En este sentido los estudios realizados con hongos de

carácter micorrízico permiten implementar en campo plántulas de especies forestales con micorriza, las cuales presentaran una mayor resistencia y adaptabilidad que aquellas plántulas que no lo están.

- **Biología azul:** también llamada biotecnología marina, es un término utilizado para describir las aplicaciones de la biotecnología en ambientes marinos y acuáticos. Aún en una fase temprana de desarrollo, sus aplicaciones son prometedoras para la acuicultura, cuidados sanitarios, cosmética y productos alimentarios.¹³
- **Biología gris:** también llamada biotecnología del medio ambiente, es aquella aplicada al mantenimiento de la biodiversidad, preservación de las especies y la eliminación de contaminantes y metales pesados de la naturaleza. Está muy ligada a la biorremediación, utilizando plantas y microorganismos para reducir contaminantes.
- **Biología naranja:** es la biotecnología educativa y se aplica a la difusión de la biotecnología y la formación en esta área. Proporciona información y formación interdisciplinaria sobre temas de biotecnología (por ejemplo, el desarrollo de estrategias educativas para presentar temas biotecnológicos tales como el diseño de organismos para producir antibióticos) para toda la sociedad incluyendo a las personas con necesidades especiales, como las personas con problemas auditivos y/o visuales. Se pretende fomentar, identificar y atraer a personas con vocación científica y altas capacidades / superdotación para la biotecnología. ¹⁴

La biorremediación es el proceso por el cual se utilizan microorganismos para la limpieza de un sitio contaminado. Los procesos biológicos desempeñan un papel importante en la eliminación de contaminantes y la biotecnología aprovecha la versatilidad catabólica de los microorganismos para degradar y convertir dichos compuestos. En el ámbito de la microbiología ambiental, los estudios basados en el genoma abren nuevos campos de investigación *in silico* ampliando el panorama de las redes metabólicas y su regulación, así como pistas sobre las vías moleculares de los procesos de degradación y las estrategias de adaptación a las cambiantes condiciones ambientales. Los enfoques de genómica funcional y metagenómica aumentan la comprensión de las distintas vías de regulación y de las redes de flujo del carbono en ambientes no habituales y para compuestos particulares, que sin duda aceleraran el desarrollo de tecnologías de biorremediación y los procesos de biotransformación.¹⁵

Los entornos marítimos son especialmente vulnerables ya que los derrames de petróleo en regiones costeras y en mar abierto son difíciles de contener y sus daños difíciles de mitigar. Además de la contaminación a través de las actividades humanas, millones de toneladas de petróleo entran en el medio ambiente marino a través de filtraciones naturales. A pesar de su toxicidad, una considerable fracción del petróleo que entra en los sistemas marinos se elimina por la actividad de degradación de hidrocarburos llevada a cabo por comunidades microbianas, en particular, por las llamadas bacterias hidrocarbonoclasticas (HCB).¹⁶ Además varios microorganismos como *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Arthrobacter* y *Azotobacter* pueden ser utilizados para degradar petróleo.¹⁷ El derrame del barco petrolero Exxon Valdez en Alaska en 1989 fue el primer caso en el que se utilizó

biorremediación a gran escala de manera exitosa, estimulando la población bacteriana suplementándole nitrógeno y fósforo que eran los limitantes del medio.¹⁸

El uso de procesos biológicos ha sido propuesto para la destoxificación de residuos y remediación de sitios afectados debido a que han demostrado ser más prácticos y económicamente factibles para el manejo y tratamiento de diferentes tipos de residuos de las actividades de exploración y producción de petróleo. Los métodos de tratamiento biológico dependen de la capacidad de los microorganismos para degradar residuos aceitosos a productos inocuos (dióxido de carbono, agua y biomasa) a través de reacciones bioquímicas. Sin embargo, existen algunas limitantes que dificultan su aplicabilidad como son la disponibilidad de nutrientes, el alto contenido de arcillas, aireación y la disponibilidad del contaminante, sin mencionar la edad de la contaminación. Estudios realizados recientemente en el Instituto Mexicano del Petróleo demostraron el potencial de aplicación de las tecnologías de biorremediación en sitios contaminados con lodos y recortes de perforación mediante la aplicación de la tecnología de composteo en biopilas.¹⁹

El uso de nuevas tecnologías para las aplicaciones diarias como el bioplástico con menor tiempo de degradación contribuye al mejoramiento del ambiente disminuyendo la utilización del PET uno de los principales contaminantes.

La ingeniería biológica o bioingeniería es una rama de ingeniería que se centra en la biotecnología y en las ciencias biológicas. Incluye diferentes disciplinas, como la ingeniería bioquímica, la ingeniería biomédica, la ingeniería de procesos biológicos, la ingeniería de biosistemas, la ingeniería bioinformática, etc. Se trata de un enfoque integrado de los fundamentos de las ciencias biológicas y los principios tradicionales de la ingenierías clásicas como la química o la informática.

Los bioingenieros con frecuencia trabajan escalando procesos biológicos de laboratorio a escalas de producción industrial. Por otra parte, a menudo atienden problemas de gestión, económicos y jurídicos. Debido a que las patentes y los sistemas de regulación (por ejemplo, la FDA en EE. UU.) son cuestiones de vital importancia para las empresas de biotecnología, los bioingenieros a menudo deben tener los conocimientos relacionados con estos temas.

Existe un creciente número de empresas de biotecnología y muchas universidades de todo el mundo proporcionan programas en bioingeniería y biotecnología de forma independiente. Entre ellas destacan las de la especialidad de Ingeniería Bioinformática.

Este es un campo interdisciplinario que se ocupa de los problemas biológicos usando técnicas computacionales propias de la Ingeniería Informática. Esa interdisciplinaredad hace que sea posible la rápida organización y análisis de los datos biológicos. Este campo también puede ser denominado biología computacional, y puede definirse como, "la conceptualización de la biología en término de moléculas y, a continuación, la aplicación de técnicas informáticas para comprender y organizar la información asociada a estas moléculas, a gran escala".²⁰ La bioinformática desempeña un papel clave en diversas áreas, tales como la genómica funcional, la genómica estructural y la proteómica, y forma un componente clave en el sector de la biotecnología y la farmacéutica.

Entre las principales ventajas de la biotecnología se tienen:

- Rendimiento superior. Mediante los OGM el rendimiento de los cultivos aumenta, dando más alimento por menos recursos, disminuyendo las cosechas perdidas por enfermedad o plagas así como por factores ambientales.²¹
- Reducción de plaguicidas. Cada vez que un OGM es modificado para resistir una determinada plaga se está contribuyendo a reducir el uso de los plaguicidas asociados a la misma que suelen ser causantes de grandes daños ambientales y a la salud.²²
- Mejora en la nutrición. Se puede llegar a introducir vitaminas²³ y proteínas adicionales en alimentos así como reducir los alérgenos y toxinas naturales. También se puede intentar cultivar en condiciones extremas lo que auxiliaría a los países que tienen menos disposición de alimentos.
- Mejora en el desarrollo de nuevos materiales.²⁴

La aplicación de la biotecnología presenta riesgos que pueden clasificarse en dos categorías diferentes: los efectos en la salud de los humanos y de los animales y las consecuencias ambientales. Además, existen riesgos de un uso éticamente cuestionable de la biotecnología moderna.

Entre los riesgos para el medio ambiente cabe señalar la posibilidad de polinización cruzada, por medio de la cual el polen de los cultivos genéticamente modificados (GM) se difunde a cultivos no GM en campos cercanos, por lo que pueden dispersarse ciertas características como resistencia a los herbicidas de plantas GM a aquellas que no son GM.²⁶ Esto que podría dar lugar, por ejemplo, al desarrollo de maleza más agresiva o de parientes silvestres con mayor resistencia a las enfermedades o a los estreses abióticos, trastornando el equilibrio del ecosistema.⁴

Otros riesgos ecológicos surgen del gran uso de cultivos modificados genéticamente con genes que producen toxinas insecticidas, como el gen del *Bacillus thuringiensis*. Esto puede hacer que se desarrolle una resistencia al gen en poblaciones de insectos expuestas a cultivos GM. También puede haber riesgo para especies que no son el objetivo, como aves y mariposas, por plantas con genes insecticidas.²⁶

También se puede perder biodiversidad, por ejemplo, como consecuencia del desplazamiento de cultivos tradicionales por un pequeño número de cultivos modificados genéticamente".

En general los procesos de avance de la frontera agrícola en áreas tropicales y subtropicales suelen generar impactos ambientales negativos, entre otros: procesos de erosión de los suelos mayor que en áreas templadas y pérdida de la biodiversidad.

Existen riesgos de transferir toxinas de una forma de vida a otra, de crear nuevas toxinas o de transferir compuestos alérgicos de una especie a otra, lo que podría dar lugar a reacciones alérgicas imprevistas.

Existe el riesgo de que bacterias y virus modificados escapen de los laboratorios de alta seguridad e infecten a la población humana o animal.