

# El reto de la biotecnología: un análisis bioético de la importancia de la biotecnología

## *The challenge of biotechnology: a bioethical analysis of the importance of biotechnology*

**Karen Gutiérrez Solórzano y Ma. del Carmen Orozco Mosqueda**

Tecnológico Nacional de México en Celaya. Celaya, Gto., México.  
Contacto: carmen.orozco@itcelaya.edu.mx

**Resumen.** La bioética y la biotecnología son términos que se relacionan entre sí, dan estructura y permiten justificar el uso de un nuevo producto o servicio. El conocimiento acerca de estos temas permite formar un criterio, tener una perspectiva completa y a partir de ahí, decidir si lo que nos presentan es bueno o no. A lo largo de este artículo, se describirán algunos casos biotecnológicos que han causado controversia y que han sido abordados desde la bioética. Se pretende mostrar que la biotecnología es indispensable en la sociedad actual y que la bioética permite reflexionar y determinar los efectos benéficos o perjudiciales del proceso o producto biotecnológico para las generaciones presentes y futuras.

**Palabras clave:** Biotecnología, bioética, sociedad.

**Abstract.** Bioethics and biotechnology are terms related to each other, provide structure and justify the use of a new product or service. Knowledge about these topics allows to generate a criterion, to have a complete perspective and decide if something is good or not. Throughout this article, it will be described some controversial biotechnological cases and that have been studied from bioethics. The objective is to show the importance of biotechnology in actual society and that the bioethics allows to reflect and determine the beneficial or harmful effects of the biotechnological process or product for present and future generations.

**Key words:** Biotechnology, bioethics, society.

### Un poco de contexto: Biotecnología y bioética

La biotecnología ha estado involucrada en los procesos cotidianos por mucho tiempo, mejorando la calidad de vida de los

humanos. Se define como una amplia área del conocimiento moderno que combina de manera innovadora la biología y la ingeniería en procesos que generan bienes, servicios o conocimientos que promoverán el bienestar de la humanidad (Hernández,

2010). De acuerdo con el Convenio de la Diversidad Biológica de 1992, se define como toda aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos, entre los sistemas biológicos o derivados están los organismos vivos, como las bacterias, hongos y virus o partes de ellos (Roa et al., 2019), así como el uso de tejidos y células (Hernández, 2010).

La biotecnología inició con las antiguas civilizaciones que descubrieron la fermentación de alimentos y la domesticación de animales y cultivos; como es el caso de los egipcios, sumerios y babilonios que descubrieron la fermentación del vino y el pan, o los aztecas en México que cosechaban algas de los lagos como una fuente de alimento (ArgenBio, 2021). Además, en Mesoamérica prehispánica se hallaron procesos biotecnológicos como el uso de la enzima papaína para ablandar la carne, la nixtamalización, alimentos fermentados a partir de magueyes, cacao y vainilla, obtención de pigmentos, colorantes y uso de taninos para la curtiduría, por citar algunos ejemplos (Larqué, 2016).

Estos descubrimientos contribuyeron a resolver problemas o estimular procesos en seres vivos, mejoramiento de plantas, animales y ambientes más útiles a los seres humanos, influir en la nutrición y desarrollar microorganismos para usos específicos (Roa et al., 2019). En la siguiente tabla se muestran algunos de los hechos más relevantes de la biotecnología a través del tiempo.

Actualmente, la biotecnología no puede ser concebida sin la bioética como instrumento rector. Los problemas éticos de las modernas biotecnologías necesitan, para poder ser solucionados, un esfuerzo interdisciplinario sin precedentes y una clara voluntad de reunir ciencias experimentales y ciencias humanas (López et al., 2020). De acuerdo con la Enciclopedia de Bioderecho y Bioética, la bioética es definida como el estudio sistemático de las dimensiones morales (incluyendo visión moral, decisiones, conducta y políticas) de las ciencias de la vida y la atención de la salud, empleando una variedad de metodologías éticas en un contexto interdisciplinario (Mainetti, 2024).



Figura 1. Cirujanos del Hospital General de Massachusetts en Boston realizando el primer trasplante de riñón de cerdo modificado genéticamente (Jiménez, 2024).

Tabla I.

Año	Aportación de la biotecnología
1902	Xenotrasplante Actualmente los trasplantes son modificados genéticamente para evitar el rechazo como es el caso de los pacientes David Bennett, Lawrence Faucette y Rick Slayman (Jiménez, 2024).
1909	Quimioterapia Uso de sustancias químicas con acción específica sobre las infecciones patogénicas. Entre 1940 y 1950 se creó la quimioterapia como un tratamiento contra la leucemia (Wills et al., 2021).
1951	Células HeLa Henrietta Lacks fue paciente del ginecólogo e investigador George Otto Gey, extrajo células del cuello uterino con las que pudo desarrollar el primer cultivo <i>in vitro</i> de células humanas (Cardozo et al., 2015).
1978	Proteínas recombinantes (PR) La primera PR aprobada para uso en humanos fue la insulina humana producida en <i>Escherichia coli</i> por la empresa Genentech (Lara, 2011).
1983	Alimentos transgénicos En 1983 Mary Dell Chilton desarrolló la primera planta transgénica de tabaco mediante el uso de <i>Agrobacterium tumefaciens</i> (Triana et al., 2024).
2011	Edición génica CRISPR El sistema CRISPR/Cas9 se utiliza en la generación de mutaciones y ediciones en lugares específicos del genoma (Díaz et al., 2021).

### Principios de la bioética

Si se analiza detalladamente, la bioética es una herramienta para determinar si un producto Biotecnológico será bueno para la sociedad, aunque esto supone un filtro para evitar peligro o riesgos, también implica un obstáculo para los avances tecnológicos. ¿Cómo se puede determinar si lo que se está haciendo desde la biotecnología es bueno o malo para la sociedad? ¿hay alguna manera de calificarlo? Para responder estas interrogantes, existe la bioética que consiste en un diálogo interdisciplinario entre ética y vida para abordar problemas complejos, en la actualidad se ha diversificado a temas tecnológicos y sociales que puedan tener repercusión sobre la salud humana y la biosfera. Algunos ejemplos que discute la bioética relacionados con la biotecnología son la manipulación genética, defensa del estatuto del embrión humano, técnicas de reproducción humana asistida, la eugenesia, la clonación reproductiva, el aborto, el trasplante de órganos, la selección de embriones, eutanasia y muerte digna, y la experimentación no sólo con material genético sino en y con seres humanos (López et al., 2020). Como ejes rectores, en la bioética existen cuatro principios que la sostienen: beneficencia, no

maleficencia, autonomía y justicia (García, 2006).

El principio de la *beneficencia* se refiere a la obligación de prevenir o aliviar el daño, hacer el bien u otorgar beneficios, es decir, el deber de ayudar al prójimo por encima de los intereses particulares (Ferro et al., 2009). *No maleficencia* se trata del principio básico de todo sistema moral. Se formula como la prohibición de producir, intencionada o imprudentemente, daño a otros (García, 2006). *La autonomía* de una persona es respetada cuando se le reconoce el derecho a mantener puntos de vista, a hacer elecciones y a realizar acciones basadas en valores y creencias personales (Ferro et al., 2009). Finalmente, el principio de *justicia* es un requisito esencial, exige el trato justo de las personas, el acceso justo al tratamiento y la distribución de los recursos independientemente del estatus social, edad, origen étnico, orientación sexual, discapacidad, capacidad jurídica y género (López et al., 2020).

Bajo estos principios, se analiza el impacto que tiene una idea de desarrollo biotecnológico ante la sociedad, sin dejar de lado la legislación del lugar donde se está trabajando, ya que la cultura e ideología influye en la respuesta de la población ante el nuevo conocimiento. Un claro ejemplo es el

uso de cultivos transgénicos. En muchos países las condiciones climáticas no favorecen la siembra de algunas plantas, por lo que está bien visto y permitido el uso de cultivos que porten genes de otro organismo (transgénicos). Dichos cultivos transgénicos mejoran la productividad, reducen costos de producción, generan resistencia a condiciones climáticas extremas o plagas, siempre cumpliendo con los principios de la bioética. Sin embargo, en México la siembra de plantas transgénicas no está permitida y la regulación fundamentada en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados es muy clara. ¿Qué ventajas o desventajas tendría generar una planta de jitomate que pudiera resistir condiciones adversas? La falta de conocimiento influye en el rechazo de un nuevo producto obtenido a través de la biotecnología y en la generación de mejoras que eviten o disminuyan los riesgos que puedan representar.

### La controversia en la biotecnología

Existe una gran cantidad de ejemplos que se pueden abordar en este apartado, pero sólo se discutirán los de mayor impacto social. El primero, es uno de los sucesos que más ha marcado a la sociedad contemporánea, la pandemia por Covid-19 originada en China en diciembre de 2019 causada por el virus SARS-CoV-2. Fue el tiempo más oscuro que se haya tenido en la historia mundial reciente, ocurrieron millones de muertes y hubo el descenso de las economías mundiales más poderosas. Sin embargo, visto desde el punto de vista de un desarrollo biotecnológico, fue el origen de algo maravilloso: el trabajo de toda la humanidad para la generación de vacunas a una velocidad impresionante (García et al. 2021). Hasta antes de la pandemia del Covid19, para obtener una vacuna “tradicional” y ponerla en el mercado, se realizaban cientos de pruebas para garantizar la seguridad de la población, lo que representaba mucho tiempo antes de que pudiera ser utilizada en humanos. En el caso específico de la pandemia de Covid19, se acortaron las fases de estudio debido al número elevado de personas que estaban muriendo víctimas de ese nuevo virus. Manteniendo los principios bioéticos se logró una solución para el

problema. Las vacunas contra el Covid19 evitaron 19,8 millones de muertes tras su introducción en diciembre de 2021, un número alentador si se considera que se esperaba un incremento potencial de 31.4 millones de posibles víctimas durante el primer año (AFP, 2022). Este es un ejemplo que permite observar que la bioética estuvo presente para responder a una problemática social, ya que busca el bien común mayor.

Y es que la bioética es fundamental cuando se habla de organismos modificados genéticamente, porque como se puede entender, ese conocimiento debe ser controlado y regulado. ¿Qué pasaría si alguien quiere utilizar a la biotecnología con el objetivo de dañar? Un ejemplo de ello es el Bioterrorismo, es decir, el uso intencional o la amenaza de utilizar agentes biológicos (muchas veces microscópicos y no necesariamente modificados genéticamente) para causar la muerte o enfermedad en humanos, animales o plantas con el objetivo de intimidar a gobiernos y sociedades (Franco et al., 2005). Uno de los casos que más llamó la atención fue el de la liberación del microorganismo Ántrax, causado por *Bacillus anthracis*. En octubre del 2001, el Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC) reportó 18 casos confirmados de ántrax asociados

a la liberación intencional de sus esporas, de esos casos, cinco pacientes murieron (Franco et al., 2005). Otro caso ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial cuando prisioneros chinos fueron infectados con *B. anthracis*, *N. meningitidis*, *Shigella*, *Vibrio cholerae* y *Yersinia pestis* por parte de los japoneses. O los casos con los prisioneros en los campos de concentración nazis que fueron infectados con *Rickettsia prowazekii*, *R. mooseri*, *Hepatitis A* y *Plasmodium* (Zúñiga et al., 2019). En la actualidad, los gobiernos y las instituciones de salud se mantienen en alerta para atacar el problema en cuanto se presente.

Aunque el ser humano siempre ha sido temeroso sobre los nuevos conocimientos, ejemplos como éstos en donde se usa a la Biotecnología para causar daño, sin atender las reglas de la bioética, han generado un mayor temor y rechazo de la sociedad sobre las nuevas técnicas biotecnológicas modernas, como el uso de la técnica de CRISPR-Cas9, herramienta para la edición genética. Imagina usar a la biotecnología y a la bioética para curar enfermedades que ponen en riesgo la vida, como la anemia falciforme, una enfermedad hereditaria en donde se encuentran dañados los glóbulos rojos de la sangre. Las personas que la padecen no tienen buena irrigación de

la sangre, es una enfermedad debilitante y potencialmente mortal. La buena noticia es que la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) ha anunciado la aprobación de un nuevo medicamento llamado Casgevy, el primer tratamiento que utiliza un tipo de tecnología novedosa de edición del genoma (CRISPR). El medicamento biotecnológico busca eliminar, agregar o reemplazar (editar) a las células dañadas. Las células en donde se ha realizado la modificación son implantadas nuevamente en el paciente y se corrige el error (Jiménez, 2023), una maravilla ¿no crees? Y se podría pensar entonces que los países que no cuentan con esta tecnología están en desventaja, por lo que desde 1998 empezaron a surgir preocupaciones éticas respecto a modificar el genoma: consentimiento informado, desigualdad, accesibilidad y consecuencias inesperadas para futuras generaciones (Díaz et al., 2021), un reto que sigue vigente en la actualidad.

## Conclusión

El mundo se encuentra en constante cambio y tener una mente abierta ante esto permite el balance entre la sociedad y la generación de nuevas tecnologías. Por este motivo la bioética cumple un papel fundamental, para analizar detalladamente cada uno de los aspectos de una nueva tecnología y poner frente a una balanza la cantidad de beneficios por encima de los riesgos.

Es importante mantener el conocimiento actualizado sobre las nuevas investigaciones biotecnológicas, lo que evitará la desinformación y el rechazo a los nuevos descubrimientos. Imaginen la reacción de las personas cuando se descubrió la penicilina o mejor aún la producción de insulina por medio de una bacteria, claramente hubo controversia sobre si era dañino o no, pero la cantidad de personas que mejoraron su calidad de vida siguen siendo contadas. Afortunadamente en la actualidad existe la bioética, las leyes, reglamentos y el libre acceso a la información.

Los científicos del mundo deben involucrarse en temas humanistas, de divulgación y en la toma de decisiones, de manera que se aporte información veraz



Figura. 2 Roger Salquist y los tomates de Flavr Savr con mayor vida de anaquel (1993), primer producto modificado genéticamente aprobado por la FDA (BBC World Service, 2023).

para aquella parte de la sociedad que se dedica a formular las leyes que rigen a las sociedades: porque solo los biotecnólogos saben qué es lo que hacen, cómo funciona y para qué nos puede servir. Está bien tener miedo a lo desconocido, pero no está bien dejar que nos maneje el miedo al cambio. Aplica para todas las áreas del conocimiento.

## Referencias

- Agence France-Presse (AFP). (2022, 24 junio). Las vacunas contra el Covid evitaban casi 20 millones de muertes en 2021. *EL MUNDO*. <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/salud/2022/06/24/62b5783721efa094238b45d6.html>.
- ArgenBio. Biotecnología, una historia... *Por Qué Biotecnología (PQ Bio)*. 2021. <https://www.porquebiotecnologia.com.ar/el-cuaderno/12-blog/cuadernos-destacados/11-biotecnologia-una-historia>.
- BBC World Service. (2023). Witness History, Flavr Savr tomato: The world's first genetically-engineered food. <https://www.bbc.co.uk/programmes/w3ct4xkj>
- Cardozo de Martínez, C. A., Sorokin, P. D., & Sotomayor, M. A. (2015). Bioética y derecho a decidir sobre el propio cuerpo, sus extensiones, productos y derivados: el discutible caso de las células HeLa. *Medicina & Laboratorio*, 21(11-12). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8741605>
- Díaz Amado, E., & González Angulo, A. M. (2021). El debate ético y de regulación sobre el uso de CRISPR-Cas9 en la línea germinal humana. *Universitas Medica*, 62(4). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.umed62-4.derc>
- Ferro, M., Molina Rodríguez, L., & Rodríguez G, W. A. (2009). La bioética y sus principios. *Acta Odontológica Venezolana*, 47(2), 481-487. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-63652009000200029&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652009000200029&lng=es&tlng=es).
- Franco-Paredes, C., Rodríguez-Morales, A., & Santos-Preciado, J. I. (2005). Agentes del bioterrorismo: preparándose para lo impensable. *Revista de investigación clínica*, 57(5), 695-705. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-83762005000500007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-83762005000500007&lng=es&tlng=es).
- García Osorno, Z. R., Perón Medina, L. Á., Ramírez Velázquez, I. O., Morales Fernández, J. A., Mosqueda Martínez, E. E... & Wong Chew, R. M. (2021). Vacunas contra la COVID-19. *Acta médica Grupo Angeles*, 19(3), 429-444. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-72032021000300429&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-72032021000300429&lng=es&tlng=es).
- García Pérez, M. A. (2006). Los principios de la bioética y la inserción social de la práctica médica. *Revista de Administración Sanitaria Siglo XXI*, 4(2), 341-356 <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-administracion-sanitaria-siglo-xxi-261-articulo-los-principios-bioetica-insercion-social-13091842>.
- Hernández Fonseca, H. (2010). Biotecnología. *Revista Científica*, 20(3), 225-226. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592010000300001&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000300001&lng=es&tlng=es).
- Jiménez, M. (2024). Dado de alta el primer paciente que recibió un riñón de cerdo genéticamente modificado. *El País*. <https://elpais.com/ciencia/2024-04-04/dado-de-alta-el-primer-paciente-que-recibio-un-riñon-d-e-cerdo-geneticamente-modificado.html>
- Jiménez, M. (2023). Estados Unidos aprueba el primer tratamiento con edición genética CRISPR. *El País*. <https://elpais.com/ciencia/2023-12-08/estados-unidos-aprueba-el-primer-tratamiento-con-edicion-genetica-crispr.html>
- Lara, Álvaro R. (2011). Producción de proteínas recombinantes en *Escherichia coli*. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(2), 209-223. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-27382011000200006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382011000200006&lng=es&tlng=es).
- Larqué-Saavedra, A. (2016). Biotecnología prehispánica en Mesoamérica. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(2), 107-115. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802016000200107&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000200107&lng=es&tlng=es).
- López Vélez, L. E., & Zuleta Salas, G. L. (2020). El principio de beneficencia como articulador entre la teología moral, la bioética y las prácticas biomédicas. *Franciscanum. Revista de las Ciencias del Espíritu*, 62(174), 7. <https://doi.org/10.21500/01201468.4884>
- Mainetti, J. A. (2024). Bioética. Enciclopedia de Bioderecho y Bioética. <https://enciclopedia-bioderecho.com/voces/37>.
- Neyra, L. C. (2006). Alimentos transgénicos. *Biotempo*, 6, 51-55. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v6i0.883>
- Roa Acosta, R., González-Galli, L., & Valbuena Ussa, É. O. (2019). Implicaciones didácticas del concepto biotecnología. *Educación Y Educadores*, 22(3), 395-421. <https://doi.org/10.5294/edu.2019.22.3.4>
- Triana Fernandez, S., Cobos Mora, F., Gómez Villalva, J., & Pérez Almeida, I. (2024). Perspectivas de los cultivos transgénicos y su aporte en la agricultura. *Journal Of Science And Research: Revista Ciencia E Investigación*, 9(1), 65-79. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10463668>
- Wills Sanín, B., & Gómez Arteaga, A. (2021). Historia del tratamiento de las neoplasias hematolinfoides desde la quimioterapia al trasplante y terapia celular. *Medicina*, 43(1), 160-175. <https://doi.org/10.56050/01205498.1592>
- Zúñiga Carrasco, I. R., & Caro Lozano, J. (2019). Bioterrorismo: una perspectiva integral para el personal de salud. *Revista Enfermedades Infecciosas En Pediatría*. <https://www.researchgate.net/publication/331354414>