

Perspectivas de los cultivos transgénicos y su aporte en la agricultura

Perspectives on transgenic crops and their contribution to agriculture

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10463668>

AUTORES: Sandro Triana Fernandez^{1*}

Fernando Cobos Mora²

Juan Gómez Villalva³

Iris Pérez Almeida⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: fcobos@utb.edu.ec

Fecha de recepción: 16 / 10 / 2023

Fecha de aceptación: 05 / 12 / 2023

RESUMEN

Los transgénicos son organismos modificados mediante ingeniería genética en los que se han introducido uno o varios genes de otras especies. Por ejemplo, el maíz transgénico que contiene un gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Los transgénicos también son conocidos como organismos modificados genéticamente (OMG). La siembra de cultivos transgénicos se inició en 1994, y desde ese entonces la superficie sembrada en el mundo con estos cultivos no ha parado de crecer. Según ISAAA, unos 17 millones de agricultores siembran cultivos GM en más de 190 millones de hectáreas, distribuidas en 29 países. Entre los beneficios ambientales que ofrecen los cultivos transgénicos podemos mencionar los efectos de la reducción en el uso de agroquímicos (insecticidas y herbicidas), y beneficios económicos con la reducción en las pérdidas debidas al ataque de insectos y a la competencia de malezas, así como a la reducción de costos de producción, mientras por

^{1*} Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador, striana@utb.edu.ec

² Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador, fcobos@utb.edu.ec

³ Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador, jgomez@utb.edu.ec

⁴ Universidad Tecnológica Ecotec, Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible (CEDS), Ecuador, iperez@ecotec.edu.ec

otro lado también están las desventajas de los cultivos transgénicos que se han señalado repetidamente. La modificación genética de los alimentos no está exenta de controversia. Por un lado, destacan los riesgos de que los alimentos transgénicos puedan resultar tóxicos en algunos casos, provocando alergias u otro tipo de molestias.

Palabras clave: *Cultivo transgénicos, organismos genéticamente modificados y biología molecular*

ABSTRACT

GMOs are organisms modified by genetic engineering into which one or more genes from other species have been introduced. For example, transgenic corn that contains a gene from the bacterium *Bacillus thuringiensis*. GMOs are also known as genetically modified organisms (GMOs). Planting of transgenic crops began in 1994, and since then the area planted in the world with these crops has not stopped growing. According to ISAAA, some 17 million farmers plant GM crops on more than 190 million hectares, distributed in 29 countries. Among the environmental benefits offered by transgenic crops, we can mention the effects of the reduction in the use of agrochemicals (insecticides and herbicides), and economic benefits with the reduction in losses due to insect attack and weed competition, as well as to the reduction of production costs, while on the other hand there are also the disadvantages of transgenic crops that have been pointed out repeatedly. The genetic modification of food is not without controversy. On the one hand, they highlight the risks that transgenic foods may be toxic in some cases, causing allergies or other types of discomfort.

Keywords: *Transgenic crops, genetically modified organisms and molecular biology*

INTRODUCCIÓN

La mejora de las plantas y los métodos tradicionales ha tenido mucho éxito, como lo demuestra el aumento del consumo anual de alimentos en el mundo. Los avances, primero en biología celular y luego en biología molecular, han llevado a la creación de nuevos enfoques conocidos como biotecnología vegetal, en lugar de restar importancia a los métodos tradicionales de propagación, han ayudado a facilitar su desarrollo y ampliar las posibilidades de su uso, (Hasang *et al.*, 2021).

La biotecnología vegetal la usamos no solo para obtener cultivares de plantas que sean resistentes a plagas, enfermedades y condiciones ambientales adversas y permitan mayores rendimientos, sino también para obtener plantas que puedan producir insumos de alto valor económico y ambiental. La lista de productos derivados de plantas transgénicas incluye enzimas, alimentos nutritivos, productos farmacéuticos, vacunas y plásticos biodegradables, (Herrera y Trujillo, 2007; Cobos *et al.*, 2022).

La biotecnología moderna, especialmente la ingeniería genética, puede manipular y acceder directamente a la información del ADN e incluso crear nuevas combinaciones genéticas. Así, las técnicas utilizadas en ingeniería genética rompen la barrera del desajuste de género y permiten introducir en la planta el gen de interés junto con el elemento genético de interés para su correcta expresión. Estos dos componentes (genes y elementos reguladores) pueden provenir de cualquier tipo de organismo. Puede ser, por ejemplo, de otra planta, pero también de organismos más lejanos como hongos, virus, bacterias y animales. Estos "nuevos genes" se denominan genes diferencialmente alterados, los organismos modificados genéticamente dotan a los organismos receptores de nuevas características, generalmente denominados organismos modificados genéticamente (GMO). Las características más deseables son la resistencia a plagas, patógenos y factores abióticos. Asimismo, proteínas que mejoran el valor nutricional de las plantas o sus productos, así como metabolitos de alto valor añadido, etc. La promoción de las instalaciones productivas también es de gran interés. Por lo tanto, la ingeniería genética representa una herramienta versátil y precisa para producir variedades de plantas optimizadas para muchas variedades de cultivos, (Trejo *et al.*, 2015).

Hasta ahora, la mayoría de los cultivos transgénicos han sido desarrollados por el sector privado, lo que ha dejado una impresión negativa en algunos sectores debido a la actitud de monopolio percibida. La Agencia Internacional para Aplicaciones Agrícolas y Biotecnológicas (SIAAA) estima que, para los próximos años, más de 20 millones de agricultores en al menos 40 países sembrarán casi 200 millones de hectáreas de cultivos biotecnológicos. Los países en desarrollo ahora representan más del 50% del área mundial plantada con cultivos modificados genéticamente. Además de Estados Unidos y Canadá, Brasil y Argentina también son los productores más grandes del mundo en las Américas,

Paraguay, Bolivia y México se sumaron también al grupo de países productores de OGM, (James, 2013).

Producir suficiente cantidad y calidad de alimentos para la creciente población mundial es un gran desafío de este siglo. La biotecnología vegetal ha demostrado ampliamente que la generación de plantas transgénicas para la producción de alimentos y compuestos biológicamente activos es la alternativa más viable. Sin embargo, el desconocimiento de aspectos fundamentales de esta biotecnología y bioquímica vegetal ha generado incertidumbre y desacuerdo dentro de la comunidad sobre las implicaciones de liberar y utilizar plantas transgénicas como fuente de alimento, (Calva y Vargas, 2015).

El propósito de este artículo es crear conciencia sobre las plantas modificadas genéticamente como una forma de mejorar la agricultura.

METODOLOGÍA

Este documento ha sido compilado a través de la recopilación bibliográfica, utilizando una variedad de fuentes de información obtenida de sitios web, trabajos de investigación de instituciones autorizadas, como tesis de pregrado y posgrado, artículos científicos, revistas y libros.

Luego de seleccionar información de diferentes fuentes, analizar y sintetizar para obtener información adecuada al objeto de investigación, llegando a conclusiones de fácil interpretación y comprensión para los lectores, sobre los cultivos transgénicas.

Historia de las semillas transgénicas

El mejoramiento genético de semillas existe desde el inicio de la existencia humana, a través de cruces de organismos en una búsqueda constante por mejorar sus propiedades. Sin embargo, este cruce, aunque se produce con intervención humana, sigue teniendo limitaciones por la incompatibilidad sexual. Para eludir esta barrera, la ingeniería genética diseñó estos organismos en el laboratorio para insertar un gen derivado biológicamente que, por naturaleza, no puede inducir cambios en su ADN. Estos organismos modificados genéticamente también se conocen como transgénicos, (Felmer, 2004).

Después de que se descubrió la estructura helicoidal del ácido desoxirribonucleico (ADN) y se decodificó el código genético, quedó claro que los humanos podían manipular la composición genética de los organismos sin depender de los cruzamientos al azar. Ha

comenzado la era de introducir genes foráneos en los genomas de organismos de otra especie (transgénicos). En 1983 se obtuvieron las primeras plantas transgénicas en el laboratorio de Mary Dell Chilton en la Universidad de Washington, Estados Unidos, (Barton *et al.*, 1983).

Se inicia la historia de los transgénicos en el año de 1973, cuando un grupo de científicos estadounidenses logran transferir genes de una bacteria a otra de distinta especie. Sin embargo, es en 1983 cuando en un laboratorio europeo se crea la primera planta transgénica, un tabaco el cual era resistente al antibiótico canamicina. Pero no es hasta 1994 cuando en Estados Unidos (EEUU) se comienza a comercializar el primer alimento transgénico; el tomate Flavr Savr, que supuestamente tenía mejor sabor y mayor duración. Después salió al mercado la soja transgénica y años después se aplicó esta tecnología en el maíz, para 1996, se comienzan a sembrar estas semillas adulteradas en Canadá y en Argentina como respuesta a los nuevos tiempos. Pasó una década antes de que Calgene (ahora parte de Monsanto) fuera el primero en comercializar alimentos obtenidos de plantas transgénicas. Se trata de un tomate Flavr Savr, cuya principal propiedad del proceso transgénico es prolongar el periodo de maduración para que se mantenga fresco más tiempo. Sin embargo, la insatisfacción de los consumidores con su sabor y consistencia llevó a su retiro del mercado, (Weasel, 2008).

En América Latina la introducción de estos cultivos fue a partir del año 1996. Cuando el gobierno argentino aprobó la comercialización de soja resistente al herbicida glifosato. Desde entonces, en la región se ha comenzado a expandir la producción de cultivos transgénicos como la soja, el maíz y el algodón genéticamente modificados. Esta propagación comenzó en la década de 2000 cuando se introdujo la soja transgénica en Uruguay, (Motta, 2017).

Los cultivos transgénicos en el mundo

En la actualidad se han producido variedades vegetales resistentes al ataque de insectos y patógenos; mejores productos, como frutas con una vida útil más larga; productos con mejores propiedades nutricionales, como mayor contenido de proteína, aceite, aminoácidos, etc. y con mejoras industriales, como mayor contenido de sólidos de frutas. En general, los agricultores que comenzaron a cultivar OMG estaban satisfechos. El área de cultivos transgénicos también ha aumentado rápidamente, (Sánchez 2013).

Actualmente, se han producido plantas resistentes a insectos-plaga y patógenos; mejores productos, como frutos con prolongado período de almacenamiento; productos con mejores propiedades nutritivas, como un mayor contenido de proteínas, aceites, aminoácidos, etc.; y con mejoras industriales, como un mayor contenido de sólidos de los frutos. En general, los agricultores que han empezado a sembrar cultivos transgénicos están satisfechos. El área sembrada con cultivos transgénicos también se ha incrementado rápidamente, (Sánchez 2013).

Por otro lado, las dificultades que están experimentando los cultivos no solo se deben a plagas y enfermedades, sino que también pueden estar relacionadas con el suelo en el que se cultivan, ya que, en algunas leguminosas, como el garbanzo, los cambios de temperatura y los metales fuertes presentes en el suelo impiden su crecimiento, esto puede reducir el rendimiento en aproximadamente un 50%, por lo que la planta se manifiesta como un efecto de defoliación, reducción de biomasa, disminución del rendimiento de semillas e incluso aborto. En este sentido, (Kumar *et al.*, 2022) en su artículo expresó que la transferencia del gen de la metalotioneína (MT1) en garbanzos mediada por *Agrobacterium* podría mitigar el estrés por privación de agua y la presencia de metales pesados en suelo, porque induce cambios fisiológicos (tasa fotosintética, tasa de transpiración, conductancia estomática, eficiencia hídrica) y bioquímicos (enzimas antioxidantes y solutos compatibles).

Asimismo, la falta de nutrientes en los campos de cultivo puede ser un problema importante para el crecimiento de los cultivos, como lo enfatizaron (Zhang *et al.*, 2022), quienes demostraron que el nitrógeno es un nutriente esencial que regula muchos aspectos como el crecimiento y desarrollo de las plantas. Su ocurrencia natural en campos de cultivo es cada vez más baja, y el uso de grandes cantidades de este fertilizante no solo aumenta el costo de la producción agrícola, sino que también tiene un impacto adverso en el medio ambiente. Así, el manzano transgénico fue diseñado para retener la proteína MdPRP6 sin inhibir la deficiencia de nitrógeno, gracias a la modificación de su genoma. Los manzanos transgénicos crecen mejor que las plantas silvestres en condiciones bajas de nitrógeno, como lo demuestran sus raíces bien desarrolladas; mayor altura, diámetro de tallo, número de hojas y biomasa; y mayor capacidad.

A nivel mundial, también existe una adopción generalizada de cultivos transgénicos. El

último informe publicado en 2020 por el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones de Biotecnología Agrícola (ISAAA), según sus siglas en inglés, informa que 17 millones de agricultores de 29 países sembraron cultivos transgénicos en 190,4 millones de hectáreas en 2019. En general, se puede decir que la superficie dedicada a cultivos transgénicos en el mundo es de unos 190 millones de hectáreas, (ISAAA, 2019).

El 48 % de la superficie mundial sembrada con cultivos transgénicos en 2019 fue de soja, el 32 % de maíz, el 14 % de algodón y el 5 % de colza. El 1% restante de la superficie de cultivos transgénicos en todo el mundo corresponde a variedades de alfalfa, remolacha azucarera, caña de azúcar, papaya, azafrán, patata, berenjena, calabacín, manzana, piña/fragancia, clavel y rosa. En términos de características, siguiendo las tendencias de años anteriores, en 2019, el 45 % del área total de cultivos GM se sembró con cultivos tolerantes a herbicidas (soja, maíz, canola, algodón, remolacha azucarera y alfalfa), el 12 % con cultivos resistentes a insectos Bt (maíz, algodón, berenjena y caña de azúcar) y el 43 % con cultivos que contienen ambas características (maíz, algodón y soja), (ISAAA, 2019).

Legislación y debate internacional en torno a los transgénicos

Existen diferentes niveles de regulación internacional sobre OGM. Por un lado, incluye el Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica y el Protocolo de Cartagena (que Argentina aún no ha ratificado). Por otro lado, el acuerdo internacional de la Organización Mundial del Comercio elimina las barreras libres a la exportación de bienes manufacturados. Finalmente, se debe considerar el derecho internacional relevante para la protección ambiental utilizado por los países (Berger & Carrizo, 2016).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de 1992 establece los principios básicos para el uso responsable de la biotecnología, haciendo hincapié en el principio de precaución, cuando se sospecha que una nueva tecnología puede causar daños (al medio ambiente, a la biodiversidad o a las personas), la incertidumbre científica sobre su alcance y gravedad no debe impedir la adopción de medidas cautelares, incluido el derecho de los países a oponerse a la importación de productos transgénicos o declarar una prohibición (Berger & Carrizo, 2016). Existen diferentes niveles de regulación internacional sobre OGM. Por un lado, incluye el Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica y el Protocolo de Cartagena (que Argentina aún no ha ratificado). Por otro lado, el acuerdo internacional de la Organización Mundial del Comercio elimina las barreras libres a la

exportación de bienes manufacturados. Finalmente, se debe considerar el derecho internacional relevante para la protección ambiental utilizado por los países (Berger & Carrizo, 2016).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de 1992 establece los principios básicos para el uso responsable de la biotecnología, haciendo hincapié en el principio de precaución, cuando se sospecha que una nueva tecnología puede causar daños (al medio ambiente, a la biodiversidad o a las personas), la incertidumbre científica sobre su alcance y gravedad no debe impedir la adopción de medidas cautelares, incluido el derecho de los países a oponerse a la importación de productos transgénicos o declarar una prohibición (Berger & Carrizo, 2016; Cobos *et al.*, 2020).

Controversias y preocupaciones en torno a los cultivos transgénicos

Los alimentos genéticamente modificados tienen un símbolo representado por una “T” amarilla en su embalaje. Esta información tiene por objeto aclarar a los consumidores acerca del origen del producto que están comprando en los mercados, (Greenpeace España, 2016).

Estos organismos también ofrecen varias sugerencias, incluida la seguridad para el consumo humano y el medio ambiente, ningún impacto en otros organismos y viabilidad económica para los agricultores. Sin embargo, dado que estas propuestas no han sido implementadas en su totalidad, estos productos están siendo debatidos sobre todo por sectores de la sociedad que desconocen la gama de posibles impactos y prefieren prevenir daños futuros, (Greenpeace España, 2016).

La adopción de estas estrategias es ayudar a controlar estos patógenos de interés y obtenerlos en menor tiempo; y más concretamente variedades resistentes, el proceso reduce a la mitad el tiempo que se tarda en obtener variedades mejoradas por métodos convencionales. Los riesgos asociados con la diseminación de plantas en el entorno natural, que pueden conducir a la liberación de transgenes y su entrada en el acervo genético silvestre, el impacto de los productos transgénicos en otros organismos y ecosistemas parecen ser los principales obstáculos, por lo que esta tecnología aún tiene que lograr la aceptación pública total y la aprobación regulatoria mundial, (Quiñones *et al.*, 2017).

La salud y el impacto de los transgénicos

Los defensores de los alimentos transgénicos argumentan que los alimentos transgénicos

son inocuos, con base en los resultados de las pruebas que todo producto transgénico debe pasar antes de ser aprobado. Lo cual permite el cultivo y/o comercialización segura y controlada que asegura que es inocuo para la salud humana. Las preocupaciones sobre los efectos adversos para la salud de los cultivos transgénicos son infundadas, ya que no ha existido evidencia de efectos adversos desde la comercialización de cultivos transgénicos en 1995, (Davis, 2016).

Más bien, los defensores de los transgénicos se enfocan en los beneficios potenciales que ofrecen la ingeniería genética y los OGM para eliminar los genes relacionados con las alergias. Mejorar el valor nutricional del trigo y el arroz. Producir alimentos más saludables (eliminando las grasas trans y la cafeína) y desarrollar medicamentos y vacunas que reduzcan el riesgo de efectos secundarios (Desentis, 2017).

Los críticos de la ingeniería genética presentan una variedad de argumentos sobre los peligros que la ingeniería genética representa para la salud humana. Destacan que los controles realizados a los animales solo prueban la seguridad del producto a corto plazo. El primer problema es que los transgenes pueden aumentar la resistencia de los patógenos a los antibióticos. Esto probablemente esté relacionado con la transmisión de genes marcadores de resistencia a los antibióticos. Los alimentos modificados genéticamente de primera generación están elaborados con genes que pueden transferirse al medio ambiente y afectar a las bacterias del suelo, o pueden transferirse de los alimentos a las bacterias del tracto intestinal, y estas bacterias pueden desarrollar resistencia a los antibióticos, lo que puede representar un problema de salud pública. Sin embargo, desde el año 2000, la FAO y la OMS han recomendado evitar el uso de genes marcadores de resistencia a los antibióticos al desarrollar nuevos transgenes, y los investigadores han utilizado estos marcadores después de que las plantas se hayan transformado y eliminado con éxito, (FAO, 2004).

Entre las reacciones humanas adversas a los alimentos derivados de cultivos transgénicos, Cartagena (2020) identifica principalmente: “Reacciones alérgicas que provocan reacciones alérgicas que son de hipersensibilidad y no son de tolerancia provoca cambios fisiológicos, como reacciones metabólicas anormales o idiosincrásicas y toxicidad, en definitiva, riesgos para la salud humana”.

En definitiva, se culpa a los transgénicos del aumento de enfermedades provocado por el

uso continuo de agroquímicos asociados a ellos, lo que provocaría “un aumento de enfermedades como cáncer, malformaciones congénitas, abortos espontáneos de forma natural, aumento de trastornos tiroideos y diabetes en las poblaciones de los alrededores” a los cultivos transgénicos”. Destaca el caso del herbicida glifosato, ya que la expansión de la soja modificada genéticamente resistente al glifosato tendrá graves efectos en la salud de las personas que viven cerca de los cultivos, (Rodríguez, 2016).

Una de las razones citadas para ser demasiado cauteloso con el desarrollo, implementación y comercialización de tecnología transgénica está relacionada con los riesgos potenciales que puede representar para la salud humana y la integridad del medio ambiente. A pesar de ello, la amplia evidencia científica existente hasta la fecha ha concluido que las plantas modificadas genéticamente o transgénicas no provocan ni están provocando efectos nocivos sobre la salud humana o el medio ambiente. Además, se han encontrado beneficios ecológicos debido a la reducción de pesticidas y otros biocidas que causan enormes daños a los suelos, recursos hídricos, trabajadores del campo e incluso consumidores finales, (Rocha, 2015; Cobos *et al.*, 2020).

Impacto ambiental de los cultivos transgénicos

Los defensores de las plantas transgénicas argumentan que cultivar plantas transgénicas puede reducir el uso de herbicidas y pesticidas. Por su resistencia a enfermedades y plagas. Esto es beneficioso para el medio ambiente y significa una menor exposición humana a sustancias nocivas. Los OGM ahorran agua y reducen su huella de carbono (ISAAA, 2016). Finalmente, existe el potencial de extender la vida útil de frutas y verduras, reduciendo potencialmente el desperdicio total asociado con el transporte y el almacenamiento.

Por un lado, los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas deberían contribuir a reducir el uso de herbicidas, pero se ha observado la aparición de malas hierbas resistentes (particularmente al glifosato) a lo largo de los años, lo que lleva a un mayor uso de glifosato y otros herbicidas, (Bonny, 2016).

Ventajas de los cultivos transgénicos

Los cultivos transgénicos están muy concentrados en unos pocos países, cultivos y en unas escasas características. Aunque hay muchos cultivos transgénicos, solo unos pocos se cultivan en todo el mundo, incluidos el arroz, la soja, el maíz, la canola y el algodón. Los beneficios que ofrecen los cultivos transgénicos incluyen costos de producción reducidos y

mayores rendimientos, menos carga química en el medio ambiente, remediación y monitoreo ambiental y medicinas a base de hierbas, (Giraldo, 2016).

Los cultivos transgénicos proporcionan cultivos más resistentes al ataque de patógenos e insectos y reducen la necesidad de productos químicos, lo que se traduce en un ahorro económico y un menor daño al medio ambiente. Extender la vida útil de frutas y verduras es un tema importante para los países en desarrollo. Producción incrementada. Costes de producción reducidos. Conservación de la biodiversidad natural y desarrollo de cultivos tolerantes a la sequía y al estrés, (Sánchez, 2013).

Las plantas transgénicas con características esenciales como la resistencia a plagas y enfermedades son extremadamente importantes y necesarias cuando no se ha descubierto la resistencia inherente de las especies nativas. Por otro lado, estas variedades tienen la ventaja de una mayor flexibilidad en el manejo del cultivo, menor dependencia de pesticidas químicos, mayores rendimientos, facilidad de cosecha y mayores tasas de comercialización. Para los consumidores, esto significa menores costos de alimentos y mayor valor nutricional en estos, (Quiñones *et al.*, 2017).

En general, los agricultores que comenzaron a cultivar OMG están satisfechos. Esta satisfacción se refleja en el rápido aumento de las ventas de productos genéticamente modificados y el aumento de países que adoptan esta tecnología en todo el mundo, (Sánchez, 2013).

DISCUSIÓN

Los cultivos transgénicos están altamente concentrados en algunos países, cultivos y características. Aunque hay muchos cultivos modificados genéticamente, sólo unos pocos se cultivan en el mundo. Básicamente hay opiniones divididas sobre los beneficios de los cultivos transgénicos, hay unos que están a favor y otros en contra. Entre los beneficios podemos mencionar que incluyen costos de producción más bajos y mayores rendimientos, menos productos químicos en el medio ambiente, monitoreo y remediación ambiental y plantas medicinales. Mientras que el otro grupo se opone a los cultivos transgénicos, indicando está relacionada con los riesgos potenciales que puede representar para la salud humana y la integridad del medio ambiente. Concordando con (Medina, 2022) quien menciona que se pueden distinguir dos grandes grupos: los que están a favor de los

genomas y los productos transgénicos, y los que no; Estos últimos han formado una serie de asociaciones o sistemas de frenado para estudiar resultados en diferentes partes de estos productos. El primer grupo está formado por empresas u organizaciones que fabrican los productos antes mencionados y por lo tanto ofrecen reseñas, opiniones o investigaciones a su favor.

CONCLUSIONES

- La cuestión de si la biotecnología agrícola transformará todo el sistema agroalimentario sigue siendo relevante, porque a la fecha, aunque el área de cultivos transgénicos ha aumentado de manera sostenida en un grupo de países, está lejos de alcanzar la escala de la revolución verde.
- Los cultivos transgénicos son beneficiosos para la agricultura porque poseen características superiores que promueven su crecimiento en comparación con los cultivos convencionales que benefician enormemente a los agricultores al aumentar la productividad y la rentabilidad, así como menor uso de pesticidas y gases de efecto invernadero.
- Estos cultivos benefician a los consumidores en términos de seguridad alimentaria ya que no solo se evalúa rigurosamente su desempeño agronómico sino también su seguridad para asegurar que su consumo no les perjudique. Pero incluso cuando se trata del medio ambiente, muchas personas no tienen una comprensión clara de lo que significa o cómo les afecta, lo que genera ansiedad y desconocimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barton, K.A., Binns, A. N., Matzke, A. J. M. & Chilton, M.D. (1983). Regeneration of intact tobacco plants containing full length copies of genetically engineered T-DNA, and transmission of T-DNA to R1 progeny. *Cell*, 32(4), 1033-1043.
- Berger, M., & Carrizo, C. (2016). Governance agro-biotecnológica y justicia ambiental. Tensiones en torno a la liberación de transgénicos en Brasil, México y Argentina. *Política/ Revista de Ciencia Política*, 54(2), 127–151. DOI: 10.5354/0716-1077.2017.44777.

- Bonny, S. (2016). Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops, Weeds, and Herbicides: Overview and Impact [Cultivos genéticamente modificados tolerantes a herbicidas, malezas, y herbicidas: reseña e impacto]. *Environmental Management*, 57(1), 31–48. DOI: 10.1007/ s00267-015-0589-7.
- Calva, G., Vargas, J. (2015). Cultivo de células y tejidos vegetales: fuente de alimentos para el futuro. Disponible en <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num11/art104a/int104a.htm>
- Cartagena, P. (2020). Producción de transgénicos en Bolivia: Expectativas y problemas. *Mundos Rurales*, 15, 50-64.
- Cobos Mora, F., Hasang Moran, E., Lombeida García, E., & Medina Litardo, R. (2020). Importancia de los conocimientos tradicionales, recursos genéticos y derechos de propiedad intelectual. *Journal of Science and Research*, 5(CININGEC), 60–78. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/998>.
- Cobos Mora, F., Gómez Villalva, J., Hasang Moran, E., & Medina Litardo, R. (2020). SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN LA ZONA DE DAULE, PROVINCIA DEL GUAYAS, ECUADOR. *Journal of Science and Research*, 5(4), 1–16. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/692>.
- Cobos Mora, F., Gomez Pando, L., Reyes Borja, W., Hasang Moran, E., Ruilova Cueva, M., & Lorraine Duran-Canare, P. (2022). Effects of salinity levels in *Oryza sativa* in different phenological stages under greenhouse conditions. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 39(1).
- Davis, L. A. (2016). Genetically engineered crops [Cultivos genéticamente modificados]. *Engineering*, 2(3), 268–269. Disponible; www.engineering.org.cn/en/10.1016/J.ENG.2016.03.007
- Desentis, R. M. (2017). Bioética y argumentos a favor y en contra sobre el consumo humano de alimentos genéticamente modificados (GM) en la literatura científica (tesis de maestría, Universidad Panamericana). Biblioteca UP. Recuperado de biblio.upmx.mx/tesis/159717.pdf
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2004). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la

- Alimentación. Disponible; www.fao.org/3/y5160s/y5160s00.htm
- Felmer, R. (2004). Animales transgénicos: Pasado, presente y futuro. Archivos de medicina veterinaria, 36(2), 105-117. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2004000200002>
- Greenpeace España. (2016). Veinte años de fracaso. Greenpeace España. <http://www.greenpeace.org/espana/es/Informes-2016/Abril/Veinte-anos-de-fracaso/>
- Giraldo, A. C. (2016). Cultivos transgénicos: entre los riesgos biológicos y los beneficios ambientales y económicos. Acta Biológica Colombiana, 231-251.
- Hasang-Moran, Edwin Stalin, García-Bendezú, Sady Javier, Carrillo-Zenteno, Manuel Danilo, Durango-Cabanilla, Wuellins Dennis, & Cobos-Mora, Fernando Javier. (2021). Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. Journal of the Selva Andina Biosphere, 9(1), 26-40. Epub 00 de mayo de 2021. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090100026>.
- Herrera-Estrella, L., & Trujillo, M. M. (2007). Plantas transgénicas. Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna, 167-193.
- ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications). (2016). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016 [Estatus global de los cultivos biotecnológicos/OGM comercializados: 2016]. ISAAA Brief No. 52: Ithaca, NY. Disponible; www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/download/isaa-brief-52-2016.pdf
- ISAAA, 2019, Servicio para la Adquisición de Aplicaciones Agro biotecnológicas, Disponible [en; https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/55/executivesummary/default.asp](https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/55/executivesummary/default.asp)
- Kumar, S., Yadav, A., Verma, R., Dubey, A. K., Narayan, S., Pandey, A., Sahu, A., Srivastava, S., Sanyal, I. (2022). Metallothionein (MT1): A molecular stress marker in chickpea enhances drought and heavy metal stress adaptive efficacy in transgenic plants. Environmental and Experimental Botany, 199, 104871. <https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2022.104871>
- Medina-Pérez, G., Bustamante-García, V. H., Pérez Soto, E., Peláez-Acero, A., Medina Pérez, P. C., & Bustamante-García, R. (2022). Análisis de la política pública en la regulación de la genómica y los productos de origen transgénico en México. Boletín

- De Ciencias Agropecuarias Del ICAP, 8(16), 25-30.
<https://doi.org/10.29057/icap.v8i16.8239>.
- Motta, R. (2017). Capitalismo global y Estado nacional en las luchas de los cultivos transgénicos en Brasil. *Estudios Críticos del Desarrollo*,
<https://doi.org/10.35533/ecd.0611.rm>.
- Quiñones, M., Vega, A., Martínez, Y., Rodríguez, E. (2017). Estrategias de ingeniería genética para la obtención de plantas transgénicas resistentes a geminivirus. *Experiencia del Censa. La Habana. Rev. Protección Veg*, 22.
- Rocha, P. (2015). Plantas transgénicas frente a la realidad del mercado. *Revista Palmas*, 25(3), 55-69.
- Rodríguez, M. M. (2016). Etiquetado de los alimentos transgénicos (tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú). Repositorio PUCP. Disponible; tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8077.
- Sánchez-Cuevas, M. (2013). Biotecnología: Ventajas y desventajas para la agricultura. *Revista UDO agrícola*, 1-11.
- Soto Carlos, Benjamín Pizarro, Joaquín Rodríguez, Alimentos Transgénicos hasta el día de hoy, disponible en: <http://tecnogrup1d.jimdo.com/historia-de-los-alimentostransg%C3%A9nicos/>.
- Trejo Saavedra, Diana Lilia, Rodríguez Negrete, Edgar Antonio y Rivera-Bustamante Rafael F.. Detección de transgenes en Organismos Genéticamente Modificados (OGM) y sus subproductos. *Acta Universitaria*. 2015;25(3):24-39. ISSN: 0188-6266. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41648311003>.
- Weasel, L. H. (2008). *Food Fray: Inside the Controversy over Genetically Modified Food*. New York:AMACOM.
- Zhang, X., Gong, X., Cheng, S., Yu, H., Li, D., Su, X., Lei, Z., Li, M., Ma, F. (2022). Proline-rich protein MdPRP6 alters low nitrogen stress tolerance by regulating lateral root formation and anthocyanin accumulation in transgenic apple (*Malus domestica*). *Environmental and Experimental Botany*, 197.
<https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2022.104841>.