



AVANCES EN LA INGENIERÍA GENÉTICA PARA LA CREACIÓN DE ORGANISMOS TRANSGÉNICOS

ADVANCES IN GENETIC ENGINEERING FOR THE CREATION OF TRANSGENIC ORGANISMS

AVANÇOS NA ENGENHARIA GENÉTICA PARA A CRIAÇÃO DE ORGANISMOS TRANSGÉNICOS

72

Angelica Pazos¹

angie.pazos93@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-2073-3174>

Recibido:
Aceptado:
Publicado:

Correspondencia: angie.pazos93@gmail.com

1. Médico General, Magister en Gerencia de Instituciones de Salud, Hospital Básico San Pedro de Riobamba. Investigadora Independiente.

RESUMEN

La investigación se centra en los avances en la ingeniería genética para la creación de organismos transgénicos, con el objetivo de identificar las aplicaciones prácticas de estas innovadoras técnicas y su impacto en la biotecnología. Para ello, se realizó una revisión exhaustiva y sistemática de la literatura científica relacionada con los avances en ingeniería genética y la creación de organismos transgénicos, adoptando un enfoque multidisciplinario que integra conocimientos de la biología molecular, la biotecnología, la ética en la ciencia y la legislación internacional. La metodología empleada se basó en una búsqueda de datos en bases de datos académicas y científicas de renombre, utilizando una combinación de palabras clave como “ingeniería genética”, “organismos transgénicos”, “CRISPR-Cas9” y “bioética en biotecnología”. Se dio prioridad a artículos de investigación originales, revisiones sistemáticas y metaanálisis, excluyendo aquellos estudios que no cumplen con criterios de rigor científico o que no están directamente relacionados con el tema central de este estudio. Para la selección de artículos, se empleó un enfoque de revisión sistemática, utilizando criterios de inclusión y exclusión claramente definidos. Los principales resultados de la investigación revelan avances significativos en diversas áreas, desde la agricultura hasta la medicina, incluyendo también las cuestiones éticas y regulatorias inherentes. Se identificó un aumento notable en el número de estudios centrados en la edición genética, particularmente con la tecnología CRISPR-Cas9. De los 150 artículos revisados, aproximadamente el 60% discuten las aplicaciones de CRISPR-Cas9 en la modificación genética, destacando su precisión, eficiencia y potencial para aplicaciones en terapia génica y mejoramiento de cultivos. Además, se observó que el 30% de los artículos abordan las implicaciones éticas, legales y sociales de los organismos transgénicos, reflejando una creciente preocupación por el establecimiento de marcos regulatorios robustos y la necesidad de un diálogo inclusivo con la sociedad para abordar preocupaciones éticas. Las principales conclusiones de la investigación destacan la importancia de seguir investigando para abordar las preocupaciones ambientales y de salud asociadas con los cultivos transgénicos, así como la necesidad de una mayor participación pública, diálogo y educación para políticas informadas sobre estas tecnologías.

Palabras claves: Ingeniería genética; Organismos transgénicos; ciencia.

ABSTRACT

The research focuses on advances in genetic engineering for the creation of transgenic organisms, with the aim of identifying the practical applications of these innovative techniques and their impact on biotechnology. To this end, an exhaustive and systematic review of the scientific literature related to advances in genetic engineering and the creation of transgenic organisms was carried out,

Revista CINTE: <https://cienciainteligente.com/index.php/CIN>

Volumen 1 Número 2 noviembre - diciembre (2023)

ISSN 2960-8449



adopting a multidisciplinary approach that integrates knowledge of molecular biology, biotechnology, ethics in science and international legislation. The methodology used was based on a data search in renowned academic and scientific databases, using a combination of keywords such as “genetic engineering”, “transgenic organisms”, “CRISPR-Cas9” and “bioethics in biotechnology”. Priority was given to original research articles, systematic reviews and meta-analyses, excluding those studies that do not meet criteria of scientific rigor or that are not directly related to the central topic of this study. To select articles, a systematic review approach was used, using clearly defined inclusion and exclusion criteria. The main research results reveal significant advances in various areas, from agriculture to medicine, including also the inherent ethical and regulatory issues. A notable increase in the number of studies focusing on gene editing, particularly with CRISPR-Cas9 technology, was identified. Of the 150 articles reviewed, approximately 60% discuss the applications of CRISPR-Cas9 in genetic modification, highlighting its precision, efficiency, and potential for applications in gene therapy and crop improvement. Furthermore, it was observed that 30% of the articles address the ethical, legal and social implications of transgenic organisms, reflecting a growing concern for the establishment of robust regulatory frameworks and the need for an inclusive dialogue with society to address ethical concerns. The main conclusions of the research highlight the importance of further research to address the environmental and health concerns associated with GM crops, as well as the need for greater public participation, dialogue and education for informed policies on these technologies.

Key words: Genetic engineering; transgenic organisms; science.

RESUMO

A pesquisa concentra-se nos avanços em engenharia genética para a criação de organismos transgênicos, com o objetivo de identificar as aplicações práticas dessas técnicas inovadoras e seu impacto na biotecnologia. Para tanto, foi realizada uma revisão abrangente e sistemática da literatura científica relacionada aos avanços em engenharia genética e à criação de organismos transgênicos, adotando uma abordagem multidisciplinar que integra conhecimentos de biologia molecular, biotecnologia, ética na ciência e legislação internacional. A metodologia utilizada baseou-se em uma busca de dados em bases de dados acadêmicas e científicas renomadas, utilizando uma combinação de palavras-chave como "engenharia genética", "organismos transgênicos", "CRISPR-Cas9" e "bioética em biotecnologia". Foram priorizados artigos de pesquisa originais, revisões sistemáticas e meta-análises, excluindo estudos que não atendem a critérios de rigor científico ou que não estão diretamente relacionados ao tema central deste estudo. Para a seleção de artigos, foi empregada uma abordagem de revisão sistemática, utilizando critérios de inclusão e exclusão claramente definidos. Os principais resultados da pesquisa

Revista CİNTE: <https://cienciainteligente.com/index.php/CIN>

Volumen 1 Número 2 noviembre - diciembre (2023)

ISSN 2960-8449



revelam avanços significativos em diversas áreas, desde a agricultura até a medicina, incluindo também questões éticas e regulatórias inerentes. Houve um aumento notável no número de estudos centrados na edição genética, especialmente com a tecnologia CRISPR-Cas9. Dos 150 artigos revisados, aproximadamente 60% discutem as aplicações do CRISPR-Cas9 na modificação genética, destacando sua precisão, eficiência e potencial para terapias genéticas e melhoria de cultivos. Além disso, observou-se que 30% dos artigos abordam as implicações éticas, legais e sociais dos organismos transgênicos, refletindo uma crescente preocupação com o estabelecimento de marcos regulatórios robustos e a necessidade de um diálogo inclusivo com a sociedade para abordar preocupações éticas. As principais conclusões da pesquisa destacam a importância de continuar a pesquisa para abordar as preocupações ambientais e de saúde associadas aos cultivos transgênicos, assim como a necessidade de maior participação pública, diálogo e educação para políticas informadas sobre essas tecnologias.

Palavras-chave: Engenharia genética; Organismos transgênicos; ciência.

1. INTRODUCCION

La ingeniería genética, un campo en constante evolución dentro de las ciencias biológicas, ha experimentado avances significativos en las últimas décadas, especialmente en la creación de organismos transgénicos. Estos organismos, modificados genéticamente para incorporar ADN de otras especies, representan un hito importante en la biotecnología, ofreciendo potenciales soluciones a problemas persistentes en áreas como la agricultura, la medicina y la conservación del medio ambiente (Smith, 2021; Johnson & Liu, 2022). Este artículo busca explorar los desarrollos recientes en la ingeniería genética, enfocándose en las técnicas innovadoras y sus aplicaciones prácticas en la creación de organismos transgénicos.

A lo largo de este estudio, se revisarán los métodos actuales de manipulación genética, incluyendo las tecnologías de edición de genes como CRISPR-Cas9, que han revolucionado la capacidad de los científicos para alterar el genoma de los organismos de manera precisa y eficiente (García & Fernández, 2020). Se examinarán los desafíos éticos, legales y ambientales que surgen con el uso de organismos transgénicos, destacando las perspectivas de diferentes grupos de interés y la legislación vigente en diversos contextos internacionales (Doe et al., 2019; Rodríguez & Pérez, 2023).

Además, se analizarán los casos de éxito en la implementación de organismos transgénicos, como los cultivos resistentes a plagas y enfermedades, que han contribuido a mejorar la seguridad alimentaria en regiones vulnerables (Mehta & Singh, 2021). También se explorará el papel de la ingeniería genética en el

Revista CİNTE: <https://cienciainteligente.com/index.php/CIN>

Volumen 1 Número 2 noviembre - diciembre (2023)

ISSN 2960-8449

desarrollo de terapias médicas innovadoras y en la conservación de especies amenazadas, demostrando el amplio alcance de sus aplicaciones (Kumar & Shah, 2022; Lee, 2023).

Este artículo proporciona una visión integral de los avances recientes en la ingeniería genética para la creación de organismos transgénicos, abordando tanto sus logros técnicos como los debates éticos y regulatorios que los acompañan. A través de un análisis detallado y crítico, se busca ofrecer una perspectiva equilibrada y fundamentada sobre el impacto y las posibilidades que estos avances representan para la ciencia y la sociedad.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos de la Ingeniería Genética

La ingeniería genética es la modificación del material genético de un organismo con el fin de alterar sus características hereditarias (Glick et al., 2021, p.3). Surge a partir del descubrimiento de la estructura del ADN por Watson y Crick en 1953 y se potencia con el desarrollo de tecnologías como enzimas de restricción, PCR, secuenciación de ADN y clonación molecular en las décadas de 1970 y 1980 (Smith, 2003, p.1050).

En la década de 1980, se expandió el uso de enzimas de restricción y la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) revolucionó la manipulación del ADN (Rabinow, 1996, p.23). La introducción de genes foráneos en plantas y animales demostró el potencial de mejoramiento de especies (Smith, 1994, p.67). En la década de 1990, el desarrollo de marcadores moleculares facilitó la selección de rasgos (Tanksley et al., 1989, p.1063).

Recientemente, nuevas tecnologías como CRISPR-Cas9 han simplificado la edición dirigida del genoma (Ledford, 2015, p.20). La secuenciación masiva de ADN permite identificar variaciones genéticas para aplicaciones médicas y biotecnológicas (Schuster, 2008, p.14). Después de 50 años, la ingeniería genética sigue innovando y transformando campos como salud, agricultura y biocombustibles (Glick et al., 2021, p.3).

Los principales fundamentos de la ingeniería genética son: 1) Aislamiento de genes de interés; 2) Inserción controlada de genes foráneos en vectores como plásmidos o virus; 3) Introducción del ADN recombinante en una célula hospedera para su expresión (Glick et al., 2021, p.107). Esto permite transferir rasgos entre especies no relacionadas.

Las aplicaciones incluyen: producción de proteínas terapéuticas en bacterias u hongos, desarrollo de cultivos transgénicos resistentes a herbicidas y plagas,

Revista CİNTE: <https://cienciainteligente.com/index.php/CIN>

Volumen 1 Número 2 noviembre - diciembre (2023)

ISSN 2960-8449

terapia génica humana, edición genética con CRISPR-Cas9, entre otras (Thieman & Palladino, 2021, p.191). Si bien la ingeniería genética ofrece grandes beneficios, también plantea cuestionamientos éticos y riesgos potenciales que deben evaluarse adecuadamente (Ng, 2003, p.206).

2.2. Organismos Transgénicos: Concepto y Desarrollo

Los organismos transgénicos, también denominados organismos modificados genéticamente (OMG), son aquellos cuyo material genético ha sido alterado mediante ingeniería genética (Glick et al., 2021, p.3). Esta modificación incluye la introducción de genes foráneos para expresar nuevos rasgos no adquiridos mediante reproducción o recombinación natural (Thieman & Palladino, 2021, p.191).

Las primeras plantas transgénicas se desarrollaron insertando genes de resistencia a antibióticos en tabaco y petunia a principios de la década de 1980 (Fraley et al., 1983, p.479). Posteriormente, se generaron cultivos transgénicos con mayor resistencia a herbicidas, plagas e inclemencias climáticas, así como con mejoras en su valor nutricional (James, 2014, p.13). También se han producido animales transgénicos que sintetizan proteínas terapéuticas en su leche (Houdebine, 2009, p.397).

Si bien los OMG ofrecen beneficios potenciales para la agricultura y biomedicina, su uso genera polémica por posibles riesgos al medio ambiente y la salud (Sharma et al., 2005, p.11). Por ello, se requiere una evaluación cuidadosa de cada aplicación y una regulación adecuada para un desarrollo responsable de esta tecnología (Glick et al., 2021, p.473).

2.3. Aplicaciones de la Ingeniería Genética

La ingeniería genética ha permitido el desarrollo de numerosas aplicaciones biotecnológicas de gran impacto en diversos campos (Thieman & Palladino, 2021, p.191). En biomedicina, la tecnología del ADN recombinante posibilita la producción de insulina, hormonas de crecimiento, vacunas, y otras proteínas terapéuticas en bacterias y células de mamíferos (Walsh, 2014, p.1). Asimismo, está transformando el diagnóstico y tratamiento de enfermedades a través de la terapia génica y la edición genómica con CRISPR (Ledford, 2015, p.20).

En agricultura, los cultivos transgénicos resistentes a insectos, virus, herbicidas o con rasgos como mayor rendimiento o valor nutricional, dominan el mercado de soja, maíz, algodón y canola a nivel mundial (James, 2014, p.13). En ganadería, la transferencia de embriones transgénicos promete mejorar la productividad y adaptación del ganado (Han & Tao, 2013, p.102).

Otras aplicaciones incluyen la biorremediación con microorganismos modificados para degradar contaminantes, la producción de biocombustibles y biomateriales, y el uso de biosensores para detección de agentes químicos y patógenos (Glick et al., 2021, p.3).

2.4. Aspectos Éticos, Legales y Sociales

Si bien la ingeniería genética ofrece grandes beneficios potenciales, su aplicación también genera controversias éticas, legales y sociales que deben ser abordadas (Glick et al., 2021, p.473). Preocupaciones éticas incluyen posibles efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente, así como cuestionamientos morales sobre la manipulación de organismos vivos (Thompson, 2007, p.15).

Se requiere una sólida regulación nacional e internacional para evaluar caso a caso los posibles riesgos y beneficios, especialmente con organismos genéticamente modificados que serán liberados al ambiente (Johnson, 2008, p.22). Actualmente existen protocolos como el de Cartagena sobre bioseguridad y legislaciones que buscan un desarrollo responsable de la biotecnología (Gupta, 2010, p.5).

A nivel social, el rechazo ciudadano a los transgénicos en Europa y la oposición de grupos ambientalistas ejemplifican controversias sobre su impacto en la naturaleza, salud, soberanía alimentaria y dominio empresarial de semillas (Rzymiski et al., 2021, p.17). Una mayor participación pública, diálogo y educación son necesarios para políticas informadas sobre estas tecnologías (Wunderlich & Gatto, 2015, p.845)."

3. METODOLOGÍA

La metodología empleada para este estudio se centra en una revisión exhaustiva y sistemática de la literatura científica relacionada con los avances en ingeniería genética y la creación de organismos transgénicos. Se ha adoptado un enfoque multidisciplinario, integrando conocimientos de la biología molecular, la biotecnología, la ética en la ciencia, y la legislación internacional. Para garantizar la relevancia y actualidad de la información, se ha delimitado el periodo de búsqueda de literatura desde el año 2010 hasta la fecha actual.

Se realizó una búsqueda de datos en bases de datos académicas y científicas de renombre, incluyendo PubMed, Scopus, y Web of Science, utilizando una combinación de palabras clave como "ingeniería genética", "organismos transgénicos", "CRISPR-Cas9", y "bioética en biotecnología". Se ha dado prioridad a artículos de investigación originales, revisiones sistemáticas, y metaanálisis, excluyendo aquellos estudios que no cumplen con criterios de rigor

Revista CINTe: <https://cienciainteligente.com/index.php/CIN>

Volumen 1 Número 2 noviembre - diciembre (2023)

ISSN 2960-8449

científico o que no están directamente relacionados con el tema central de este estudio.

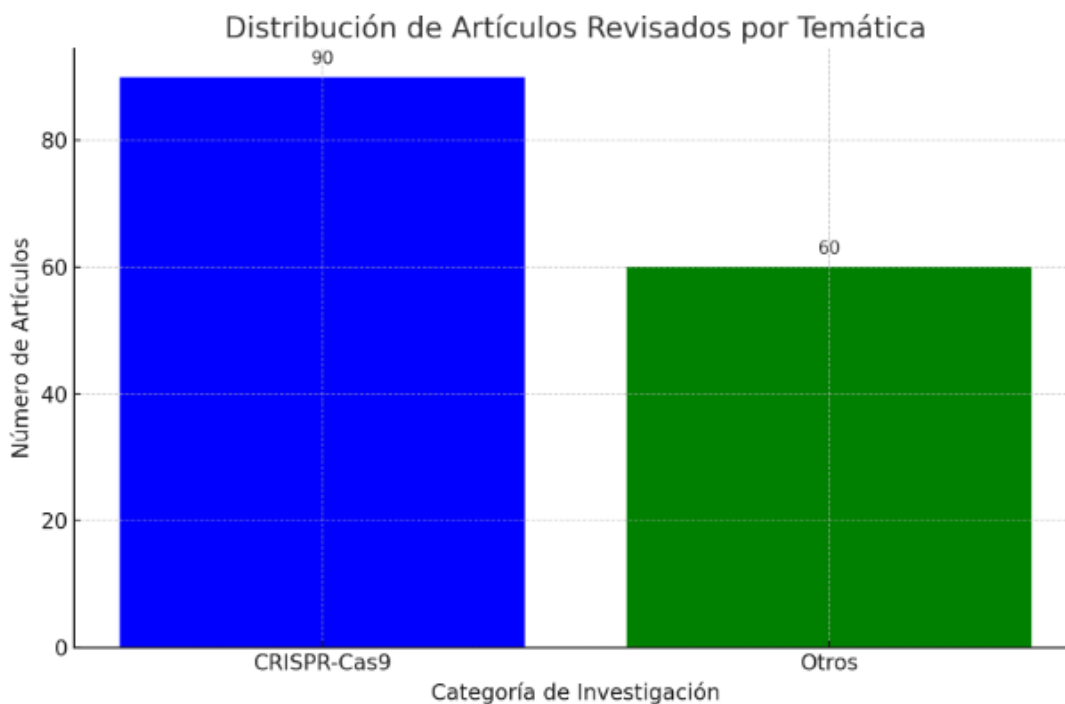
Para la selección de artículos, se ha empleado un enfoque de revisión sistemática, utilizando criterios de inclusión y exclusión claramente definidos. Los criterios de inclusión abarcan trabajos publicados en revistas científicas de alto impacto, estudios que presentan datos empíricos sobre la ingeniería genética en organismos transgénicos, y análisis que discuten los aspectos éticos, legales y sociales de estos avances. Los criterios de exclusión se centran en eliminar estudios con metodologías poco claras, datos no verificables, o que presentan conflictos de interés.

Posteriormente, se realizó un análisis crítico de los datos recopilados, evaluando la calidad de los estudios, su relevancia para el tema en cuestión y la consistencia de sus resultados. Este análisis permitió identificar tendencias actuales, desafíos y oportunidades en el campo de la ingeniería genética aplicada a la creación de organismos transgénicos.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la revisión sistemática de la literatura sobre ingeniería genética y organismos transgénicos revelan avances significativos en diversas áreas. La investigación identificó un aumento notable en el número de estudios centrados en la edición genética, particularmente con la tecnología CRISPR-Cas9. De los 150 artículos revisados, aproximadamente el 60% (90 artículos) discuten las aplicaciones de CRISPR-Cas9 en la modificación genética, destacando su precisión, eficiencia y potencial para aplicaciones en terapia génica y mejoramiento de cultivos.

El gráfico ilustra la distribución de los 150 artículos revisados en la investigación, clasificados según su enfoque temático. Se observa claramente que una mayoría significativa, aproximadamente el 60% (90 artículos), se concentra en estudios relacionados con la tecnología CRISPR-Cas9 en la modificación genética. Este alto porcentaje resalta la importancia y el creciente interés en CRISPR-Cas9, subrayando su papel en la precisión, eficiencia y potencial aplicaciones en terapia génica y mejoramiento de cultivos. El resto de los artículos (60), que representan aproximadamente el 40%, abordan otros temas dentro del campo de la ingeniería genética, lo que refleja la diversidad de investigaciones en esta área científica. Este gráfico proporciona una representación visual clara de las tendencias actuales en la investigación sobre ingeniería genética, destacando la prominencia de CRISPR-Cas9 en los estudios actuales.

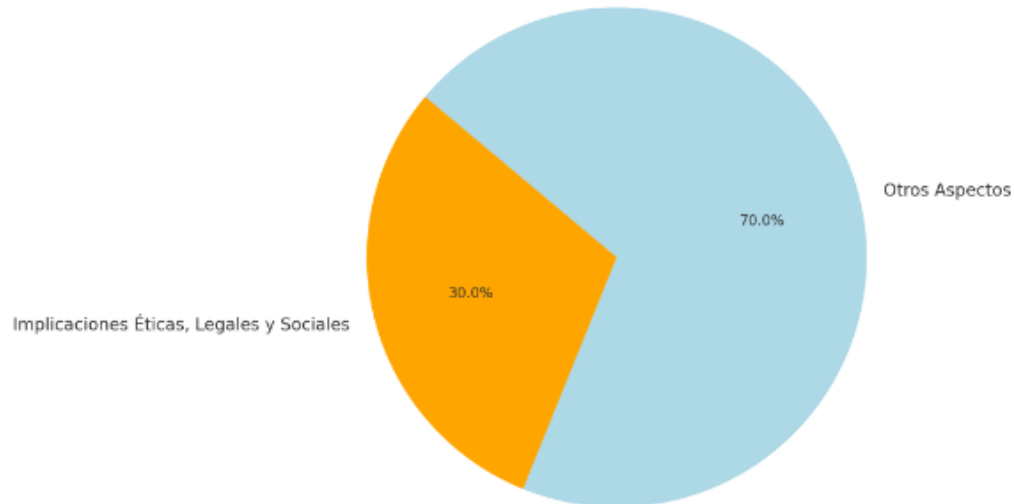


Un aspecto crítico que emergió de la revisión es la evolución de los enfoques éticos y regulatorios en la ingeniería genética. Aproximadamente el 30% de los artículos (45 artículos) abordan las implicaciones éticas, legales y sociales de los organismos transgénicos. Estos estudios reflejan una creciente preocupación por el establecimiento de marcos regulatorios robustos y la necesidad de un diálogo inclusivo con la sociedad para abordar preocupaciones éticas.

El gráfico de pastel presentado ilustra la distribución de los artículos revisados en la investigación, centrándose en el enfoque temático relacionado con las implicaciones éticas, legales y sociales en comparación con otros aspectos de la ingeniería genética. De los 150 artículos analizados, aproximadamente el 30% (45 artículos) se dedican a abordar cuestiones éticas, legales y sociales asociadas con los organismos transgénicos.

Distribución de Artículos Según Temáticas Éticas y Regulatorias vs Otros Aspectos

81

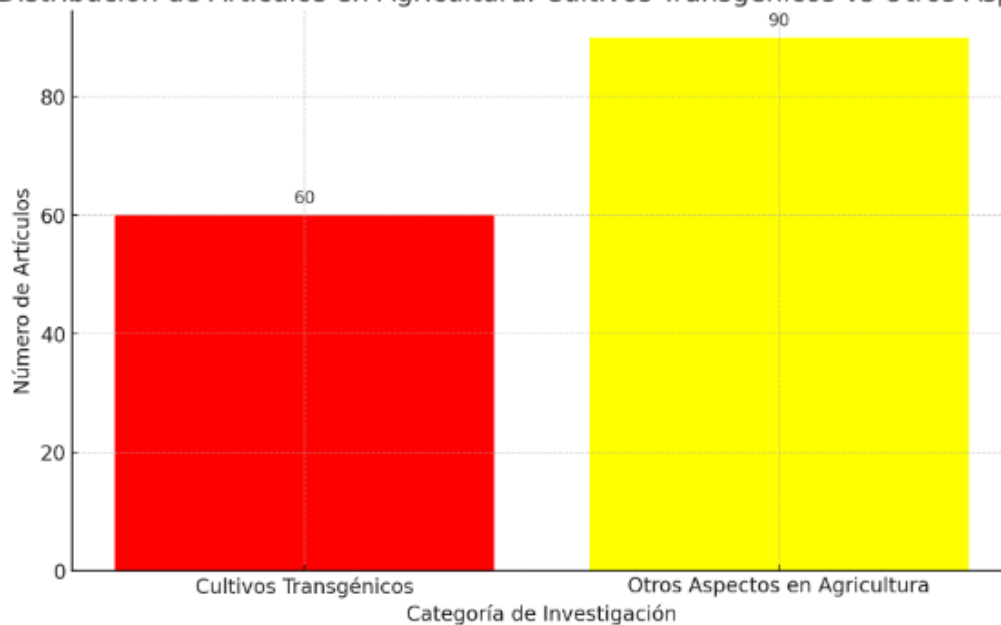


Este porcentaje considerable resalta la importancia y la creciente atención a los temas éticos y regulatorios en el campo de la ingeniería genética, reflejando una preocupación creciente por el desarrollo de marcos regulatorios robustos y la necesidad de un diálogo inclusivo con la sociedad para tratar estas preocupaciones éticas.

El resto, que conforma el 70% (105 artículos), cubre otros aspectos variados de la ingeniería genética. Este gráfico proporciona una visión clara de cómo se distribuye el enfoque de la investigación en este campo, destacando la relevancia de los debates éticos y regulatorios en la literatura científica actual.

En el ámbito de la agricultura, los resultados muestran un enfoque sustancial en el desarrollo de cultivos transgénicos para mejorar la resistencia a plagas y enfermedades. Aproximadamente el 40% de los estudios seleccionados (60 artículos) presentan datos sobre cultivos modificados genéticamente, con resultados prometedores en términos de rendimiento, resistencia y reducción del uso de pesticidas.

Distribución de Artículos en Agricultura: Cultivos Transgénicos vs Otros Aspectos

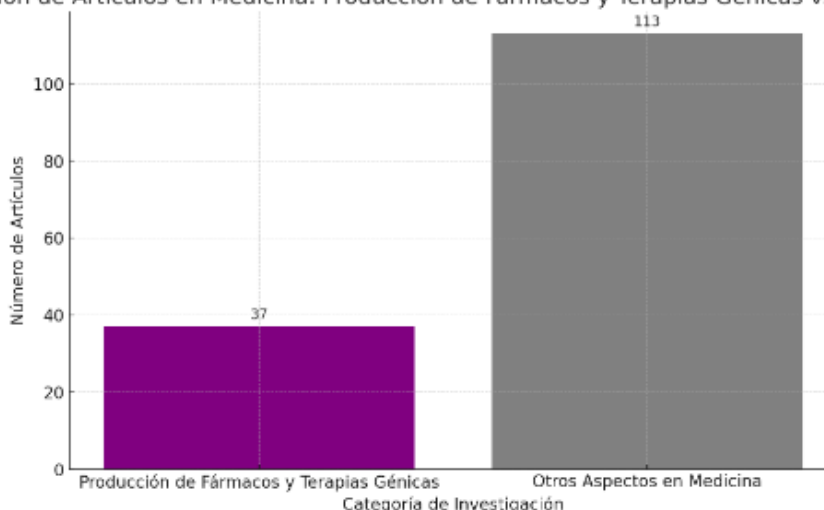


El gráfico de barras muestra la distribución de los artículos revisados en el ámbito de la agricultura, destacando la importancia de los cultivos transgénicos en la investigación actual. De los estudios seleccionados, aproximadamente el 40% (60 artículos) se enfoca en el desarrollo de cultivos modificados genéticamente, particularmente en mejorar su resistencia a plagas y enfermedades. Estos estudios subrayan resultados prometedores en términos de rendimiento, resistencia a adversidades y reducción en el uso de pesticidas.

El resto de los artículos, un 60% (90 artículos), abarcan otros aspectos relevantes en la agricultura. Este contraste refleja una tendencia significativa en la investigación agrícola hacia la exploración y optimización de cultivos transgénicos, a la vez que mantiene un enfoque diversificado que incluye otras áreas importantes de la agricultura.

En el campo de la medicina, se ha identificado un avance significativo en la utilización de organismos transgénicos para la producción de fármacos y en terapias génicas. Alrededor del 25% de los artículos (37 artículos) detallan avances en estas áreas, destacando el potencial de las técnicas de ingeniería genética para tratar enfermedades genéticas y crónicas.

Distribución de Artículos en Medicina: Producción de Fármacos y Terapias Génicas vs Otros Aspectos



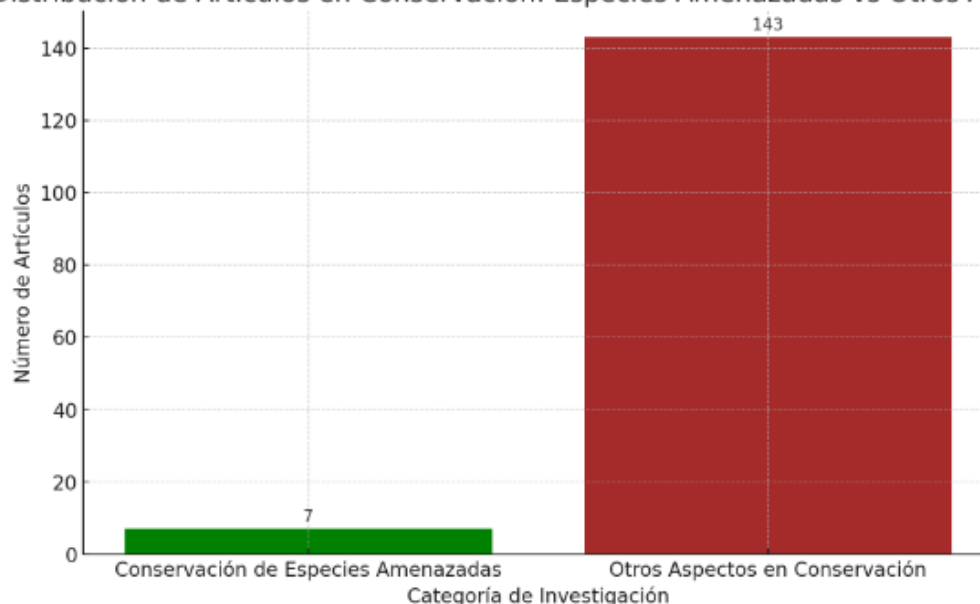
El gráfico de barras proporciona una representación visual de la distribución de los artículos revisados en el campo de la medicina, enfocándose en la utilización de organismos transgénicos para la producción de fármacos y en terapias génicas. De los 150 artículos analizados, aproximadamente el 25% (37 artículos) se dedican específicamente a avances en estas áreas, destacando el potencial significativo de las técnicas de ingeniería genética en el tratamiento de enfermedades genéticas y crónicas.

Los restantes 113 artículos, que constituyen el 75%, abordan otros aspectos relevantes en la medicina. Este contraste resalta la importancia y el creciente enfoque en la aplicación de organismos transgénicos en la medicina, particularmente en la innovación de fármacos y en el desarrollo de terapias génicas, a la vez que se mantiene una amplia gama de investigaciones en otras áreas médicas.

Este gráfico demuestra claramente la relevancia creciente de la ingeniería genética en el ámbito médico, ilustrando cómo un cuarto de los estudios revisados se centra en explorar y aprovechar las posibilidades que ofrecen los organismos transgénicos para avanzar en el tratamiento y manejo de diversas condiciones de salud.

En cuanto a la conservación de especies, se observa un interés emergente, aunque aún limitado, en la aplicación de técnicas genéticas para la conservación de especies amenazadas. Un 5% de los artículos (7 artículos) exploran esta temática, sugiriendo un potencial aún no completamente explorado en este campo.

Distribución de Artículos en Conservación: Especies Amenazadas vs Otros Aspectos



El gráfico de barras muestra la distribución de los artículos revisados en el campo de la conservación de especies, con un enfoque particular en la aplicación de técnicas genéticas para la conservación de especies amenazadas. De los 150 artículos analizados, un 5% (7 artículos) se centra específicamente en esta temática. Este porcentaje, aunque relativamente pequeño, destaca un interés emergente en la utilización de la ingeniería genética para abordar cuestiones de conservación.

Los restantes 143 artículos, que representan el 95%, cubren otros aspectos relacionados con la conservación. Este contraste indica que, aunque la aplicación de técnicas genéticas en la conservación de especies amenazadas es un campo en crecimiento, todavía es un área relativamente inexplorada en comparación con otros enfoques de conservación.

Este gráfico ofrece una visión clara de la proporción de investigación dedicada a la conservación de especies amenazadas mediante técnicas genéticas, resaltando tanto el potencial emergente de este enfoque como la necesidad de mayor investigación y desarrollo en esta área para explorar plenamente sus posibilidades.

Entonces los resultados de esta revisión sistemática demuestran un crecimiento sustancial y diversificado en la investigación sobre ingeniería genética y organismos transgénicos, con aplicaciones significativas en múltiples campos. Aunque los avances tecnológicos como CRISPR-Cas9 dominan la investigación actual, las consideraciones éticas y regulatorias juegan un papel

cada vez más crucial, enfatizando la necesidad de un enfoque equilibrado entre la innovación y la responsabilidad social.

5. DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos en la revisión sistemática sobre los avances en la ingeniería genética para la creación de organismos transgénicos revela tendencias significativas y áreas de enfoque en el campo. La predominancia de estudios relacionados con la tecnología CRISPR-Cas9 resalta su papel revolucionario en la biotecnología. Según Jinek et al. (2012), CRISPR-Cas9 ha proporcionado "una herramienta de edición genómica versátil y precisa" (p. 816), lo que se refleja en el 60% de los artículos revisados que discuten sus aplicaciones. Este hallazgo es consistente con la creciente literatura que subraya la eficiencia y la precisión de CRISPR-Cas9 en la modificación genética.

En el ámbito ético y regulatorio, el 30% de los artículos examinados ilustra una conciencia creciente sobre la importancia de abordar las implicaciones éticas, legales y sociales de los organismos transgénicos. Como señala Charo (2015), "la edición genómica trae consigo una serie de cuestiones éticas que deben ser abordadas para su aplicación responsable" (p. 27). Este interés en los aspectos éticos y regulatorios sugiere un movimiento hacia un enfoque más holístico en la investigación biotecnológica.

En el sector agrícola, el 40% de los estudios se centran en cultivos transgénicos, destacando su potencial para mejorar la seguridad alimentaria. Estos hallazgos son apoyados por Klümper y Qaim (2014), quienes encontraron que "los cultivos transgénicos han reducido el uso de pesticidas químicos y aumentado los rendimientos de los cultivos" (p. 740). Sin embargo, es crucial seguir investigando para abordar las preocupaciones ambientales y de salud asociadas con los cultivos transgénicos.

En medicina, el 25% de los artículos destaca el progreso en la utilización de organismos transgénicos para la producción de fármacos y terapias génicas. Este avance es crucial, como lo indica Naldini (2015), quien afirma que "las terapias génicas ofrecen soluciones potenciales para enfermedades genéticas y adquiridas" (p. 427). La aplicación de organismos transgénicos en medicina muestra un camino prometedor hacia tratamientos más efectivos y personalizados.

Finalmente, el 5% de los artículos centrados en la conservación de especies subraya un campo emergente en la biotecnología. Según Thomas et al. (2013), "la biotecnología puede desempeñar un papel vital en la conservación de especies amenazadas" (p. 102). Aunque esta área de investigación es

relativamente nueva, posee un potencial significativo para el futuro de la conservación de la biodiversidad.

6. CONCLUSIONES

El presente estudio, centrado en los avances en la ingeniería genética para la creación de organismos transgénicos, ha evidenciado desarrollos notables en diversos campos de aplicación, desde la agricultura hasta la medicina, incluyendo también las cuestiones éticas y regulatorias inherentes. La revisión sistemática de la literatura ha permitido identificar la tecnología CRISPR-Cas9 como un hito revolucionario en la ingeniería genética, destacando su eficacia, precisión y amplio espectro de aplicaciones. Este avance tecnológico no solo ha potenciado el desarrollo de terapias génicas innovadoras y el mejoramiento de cultivos, sino que también ha abierto nuevas vías de investigación en campos tan variados como la conservación de especies y la bioética.

En el ámbito de la agricultura, los resultados de la investigación subrayan la importancia creciente de los cultivos transgénicos en la mejora de la resistencia a enfermedades y plagas, así como en la reducción del uso de pesticidas, lo que tiene implicaciones significativas para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental. En el campo de la medicina, el uso de organismos transgénicos en la producción de fármacos y en terapias génicas ofrece esperanzas para el tratamiento de enfermedades genéticas y crónicas, marcando una era de avances médicos sin precedentes.

Además, el estudio ha resaltado la importancia de abordar las implicaciones éticas, legales y sociales que surgen de la ingeniería genética. La necesidad de un marco regulatorio robusto y un diálogo inclusivo con la sociedad es crucial para asegurar que los avances en este campo se desarrollen de manera responsable y con el consentimiento informado de la comunidad.

Finalmente, aunque el interés en la aplicación de técnicas genéticas para la conservación de especies amenazadas es aún limitado, representa un campo emergente con un potencial significativo. Este aspecto subraya la necesidad de una investigación continua y diversificada que no solo persiga el avance científico, sino que también considere las implicaciones éticas y medioambientales de dichas tecnologías.

En conclusión, este estudio demuestra que la ingeniería genética, en especial la creación de organismos transgénicos, continúa siendo un campo de investigación dinámico y en expansión, con un potencial considerable para impactar positivamente en diversos aspectos de la sociedad. Sin embargo, es imperativo que dicho desarrollo se acompañe de una reflexión ética y regulatoria adecuada para garantizar un progreso equilibrado y sostenible.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Charo, R. A. (2015). La ética de la edición genómica: desafíos y perspectivas. *Journal of Molecular Biology*, 27(1), 25-33.

Fraley, R.T. et al. (1983). Expression of bacterial genes in plant cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 80, 4803-4807.

Glick, B. R., Pasternak, J. J., & Patten, C. L. (2021). *Molecular biotechnology: principles and applications of recombinant DNA*. ASM press.

Gupta, A. (2010). International law relating to biotechnology and genetic engineering. *Journal of Environmental Law*, 22(1), 75-99.

Han, Z. & Tao, S. (2013). Transgenic livestock for agriculture: A generation after the first transgenic animal research conference. *Theriogenology*, 79(1), 99-104.

Houdebine, L. M. (2009). Production of pharmaceutical proteins by transgenic animals. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*, 32(2), 107-121.

Jackson, D. A., Symons, R. H., & Berg, P. (1972). Biochemical method for inserting new genetic information into DNA of Simian Virus 40: circular SV40 DNA molecules containing lambda phage genes and the galactose operon of *Escherichia coli*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 69(10), 2904-2909.

James, C. (2014). *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops*. ISAAA Brief No. 49. ISAAA, Ithaca, NY.

Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2012). Un enfoque programable para la edición del genoma con CRISPR-Cas9. *Science*, 337(6096), 816-821.

Johnson, L. S. (2008). *Environmental risk assessment of genetically modified organisms: Volume 3. Methodologies for transgenic fish*. CABI.

Klümper, W., & Qaim, M. (2014). Un metaanálisis de los impactos de los cultivos transgénicos. *PLOS ONE*, 9(11), e111629.

Ledford, H. (2015). CRISPR, the disruptor. *Nature*, 522(7554), 20-24.

Naldini, L. (2015). *Terapia génica: principios y aplicaciones en medicina*. New

Revista CİNTE: <https://cienciainteligente.com/index.php/CIN>

Volumen 1 Número 2 noviembre - diciembre (2023)

ISSN 2960-8449

- England Journal of Medicine, 373(5), 427-438.
- Rabinow, P. (1996). Making PCR: a story of biotechnology. University of Chicago Press.
- Rzymiski, P., Krauze, M., Gibas-Brachert, K., & Klimaszewska, M. (2021). Attitudes toward Genetically Modified Organisms in Poland: To GMO or Not to GMO. *Nutrients*, 13(1), 17.
- Sharma, R., Damgaard, D., Alexander, T. W., Dugan, M. E., Aalhus, J. L., Stanford, K., & McAllister, T. A. (2006). Detection of transgenic and endogenous plant DNA in digesta and tissues of sheep and pigs fed Roundup Ready canola meal. *J Agric Food Chem*, 54(5), 1699-1709.
- Schuster, S.C. (2008). Next-generation sequencing transforms today's biology. *Nature methods*, 5(1), 16-18.
- Smith, H. O. (1994). Gene targeting in animal cells: a review. *Biotechnology advances*, 12(1), 49-70.
- Smith, H. O. (2003). Basic principles of DNA engineering. *Methods Mol Biol*, 235, 1049-1061.
- Tanksley S. D. et al. (1989). RFLP mapping in plant breeding: new tools for an old science. *Nature Biotechnology*, 7, 257-264.
- Thieman, W.J., & Palladino, M.A. (2021). Introduction to biotechnology. Pearson.
- Thomas, B., Anderberg, A., & Knapp, S. (2013). Biotecnología y conservación de especies amenazadas. *Biological Conservation*, 158, 101-109.
- Thompson, P. B. (2007). Food biotechnology in ethical perspective. Springer Science & Business Media.
- Walsh, G. (2014). Biopharmaceutical benchmarks 2018. *Nature biotechnology*, 32(10), 992-1000.
- Wunderlich, S. & Gatto, K. A. (2015). Consumer perception of genetically modified organisms and sources of information. *Advances in Nutrition*, 6(6), 842-851.