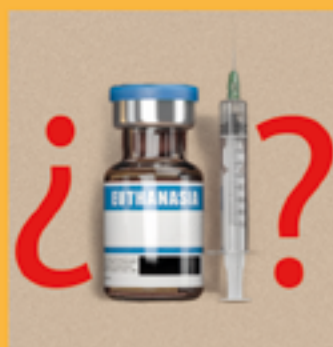


Ciencias e Ingeniería

PARA CIUDADANOS

Revista de investigación científica



Lima - Perú

Ciencias e Ingeniería



Volumen II-Nº5 Agosto 2026

Consejo Editorial

Director

Dr. Francisco Javier Wong Cabanillas

Editor, diseño y traducción

Lic. Carlos Alberto Vega Vidal

Diagramador de texto y asistencia de diseño

Lic. Carlos Alberto Vega Vidal

Comité Científico

Dra. Elena Rafaela Benavides Rivera
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Dra. Ysabel Zevallos Parave
Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
Lima-Perú

Dr. Óscar Rafael Tinoco Gómez
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

El impacto de la biotecnología en la mejora de la productividad del maíz en el desarrollo rural peruano

Sr. Edinson Gabriel Peve Gil

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Correo electrónico: edinson.peveg@unmsm.edu.pe

Sr. Domingo Jesús Reyes Chumpitaz

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Correo electrónico: domingo.reyes@unmsm.edu.pe

Sr. Leonardo Pachac Cuadrado

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Correo electrónico: leonardo.pachacc@unmsm.edu.pe

Sr. Juan Rodrigo Rodas

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Correo electrónico: rodrigo.rodasj@unmsm.edu.pe

Resumen: El presente trabajo analiza la importancia de la aplicación responsable de la biotecnología como una estrategia para fortalecer la producción de maíz, promover la seguridad alimentaria y contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades rurales del Perú. En tal medida, se desarrollarán los siguientes temas: la reducción de las pérdidas ocasionadas por plagas, el enfrentamiento de los efectos del cambio climático, el mantenimiento de la disponibilidad de alimentos mediante el enriquecimiento con micronutrientes y la reducción de la dependencia de las importaciones de maíz para atender la demanda nacional.

Palabras clave: Biotecnología / Producción de maíz / Plagas/ Cambios climáticos/ Demanda nacional.

Abstract: This paper analyzes the importance of the responsible application of biotechnology as a strategy to strengthen maize production, promote food security, and contribute to the sustainable development of rural communities in Peru. To this end, the following topics will be addressed: reducing losses caused by pests, tackling the effects of climate change, maintaining food availability through micronutrient enrichment, and reducing dependence on maize imports to meet national demand.

Keywords: Biotechnology / Maize production / Pests / Climate change / National demand.

Résumé : Cet article analyse l'importance d'une application responsable de la biotechnologie en tant que stratégie pour renforcer la production de maïs, promouvoir la sécurité alimentaire et contribuer au développement durable des communautés rurales au Pérou. À cette fin, les sujets suivants seront abordés : la réduction des pertes causées par les ravageurs, la lutte contre les effets du changement climatique, le maintien de la

disponibilité alimentaire grâce à l'enrichissement en micronutriments et la réduction de la dépendance aux importations de maïs pour satisfaire la demande nationale.

Mots-clés : Biotechnologie / Production de maïs / Ravageurs / Changement climatique / Demande nationale.

1. Introducción

La presente investigación aborda la importancia de la biotecnología como una herramienta para fortalecer la producción agrícola y contribuir al desarrollo en las comunidades rurales. Por tal motivo, definamos a la biotecnología como el conjunto de técnicas que emplean organismos vivos o componentes derivados de ellos para desarrollar o modificar productos y procesos con fines prácticos, especialmente en sectores como la agricultura (FAO, 2004). Del mismo modo, la productividad agrícola hace referencia a la eficiencia con la que se utilizan los recursos disponibles para obtener una mayor producción, constituyendo un indicador fundamental del desempeño del sector agrícola (FAO, 2004). Debido a que el cultivo de maíz enfrenta problemas relacionados con las pérdidas ocasionadas por plagas, los efectos del cambio climático, la necesidad de garantizar la disponibilidad de alimentos con mayor valor nutricional y la creciente dependencia de las importaciones para abastecer la demanda nacional, resulta necesario implementar alternativas que permitan mejorar su productividad. Motivo por el cual, el presente ensayo tiene como propósito determinar el impacto de la biotecnología en la mejora de la productividad del maíz en el desarrollo rural peruano.

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2026), durante el año 2025 la producción nacional de maíz alcanzó las 856 mil toneladas, obtenidas en 233 mil hectáreas cultivadas por más de 239 mil productores distribuidos en 20 departamentos del país, lo que demuestra la importancia de este cultivo para la agricultura y el desarrollo rural peruano. No obstante, la producción nacional aún enfrenta diversos desafíos que limitan su productividad y competitividad, entre ellos las plagas, los efectos del cambio climático, la seguridad alimentaria y la dependencia de las importaciones para abastecer la demanda nacional. En ese sentido, se sostiene la tesis de que el impacto de la biotecnología en la mejora de la productividad del maíz en el desarrollo rural peruano es favorable, porque contribuye a reducir las pérdidas por plagas en los cultivos, permite enfrentar los efectos del cambio climático en la agricultura peruana, favorece la disponibilidad de alimentos y el enriquecimiento con micronutrientes, y ayuda a satisfacer la creciente demanda nacional reduciendo la dependencia de las importaciones de maíz.

2. La biotecnología en la mejora de la productividad del maíz

La aplicación de la biotecnología en la mejora de la productividad del maíz contribuye a reducir las pérdidas por plagas en los cultivos permitiendo una producción más eficiente. Esto se debe a que los cultivos de maíz son más resistentes a los insectos gracias a las semillas de maíz genéticamente optimizadas. Según Osman et al. (2015), "*The bioassays using transgenic corn plants against corn borer (*Sesamia cretica*) revealed that ~50% of the insects reared on transgenic corn plants died, suggesting that transgenic maize plants have enhanced resistance against *S. cretica*.*" (Osman et al., 2015, p.1). Esta evidencia demuestra que la resistencia observada en estas variedades de maíz se debe a la incorporación de características genéticas que le permiten a la planta defenderse de determinados insectos y así evitar que causen daños al cultivo. En ese sentido, Bravo et al. (2011) señalan que *Bacillus thuringiensis*, produce proteínas insecticidas específicas llamadas proteínas Cry, las cuales han sido incorporadas mediante ingeniería genética en diversos cultivos para conferirles resistencia frente a insectos. Estas proteínas son producidas por la planta, y cuando ciertos insectos consumen sus tejidos, actúan sobre el intestino de las larvas, provocando daños que impiden su alimentación y luego su muerte, de esta manera reduciendo notablemente el daño ocasionado al cultivo. Gracias a este mecanismo de defensa las plantas se pueden desarrollar de mejor manera y aumentan las probabilidades de obtener una cosecha óptima. Se concuerda con lo mencionado anteriormente por el autor debido a que la principal preocupación de los agricultores es no perder su cosecha a causa de insectos y plagas, ya que se vería afectada su producción enormemente y por ende sus ingresos y economía. Es por ello, prioritario que se siga investigando acerca de los beneficios agrícolas que traen las variedades de maíz optimizadas así como también surjan nuevas variedades de semillas que sean resistentes a muchas más enfermedades o peligros bióticos.

Asimismo, la eficacia de las variedades de maíz genéticamente modificadas ha sido respaldada por investigaciones realizadas durante varios años en condiciones reales de cultivo. Según García et al. (2023), el monitoreo efectuado en la Unión Europea confirmó que el maíz Bt que produce la proteína Cry1Ab continúa siendo eficaz para el control de las principales plagas del maíz, sin que se hayan reportado fallas en su desempeño. Esto demuestra que la incorporación de características biotecnológicas resistentes constituye una estrategia efectiva para proteger el cultivo frente al ataque de insectos, disminuyendo los daños ocasionados en hojas, tallos y mazorcas. Como consecuencia, las plantas pueden completar adecuadamente su ciclo de desarrollo, conservar un mejor estado fisiológico y reducir las pérdidas de rendimiento ocasionadas por las plagas. Se concuerda con lo expuesto por los autores, ya que la permanencia de esta eficacia durante más de dos décadas evidencia que la biotecnología puede contribuir significativamente a mejorar la productividad del maíz cuando se implementa bajo estrategias adecuadas de manejo agrícola. Por ello, resulta importante continuar promoviendo la investigación científica y el monitoreo permanente de estas variedades, con el fin de garantizar su eficacia y favorecer una producción agrícola más sostenible.

El desarrollo de variedades de maíz resistentes a plagas contribuye a disminuir el uso excesivo de pesticidas químicos en los cultivos. Según Klümper y Qaim (2014), la adopción de cultivos genéticamente modificados permitió reducir, en promedio, el uso de pesticidas químicos en un 37 %, siendo este efecto aún mayor en los cultivos resistentes a insectos. Esto se debe a que estas variedades poseen características que les permiten protegerse de determinadas plagas, por lo que los agricultores ya no necesitan aplicar insecticidas con la misma frecuencia que en los cultivos convencionales. Como consecuencia, no solo se reducen los costos destinados a la compra y aplicación de estos productos, sino que también disminuye el impacto negativo que los pesticidas pueden generar sobre el suelo y las fuentes de agua. Se concuerda con lo expuesto por los autores, ya que estos resultados demuestran que la biotecnología aplicada al maíz puede incrementar la productividad del cultivo al mismo tiempo que reduce la dependencia de productos químicos para el control de plagas. Por ello, resulta importante continuar promoviendo la investigación y el uso responsable de variedades de maíz resistentes, siempre acompañados de una adecuada evaluación científica y de buenas prácticas agrícolas que favorezcan una producción más sostenible.

Además de los beneficios productivos y económicos, la reducción en el uso de pesticidas también representa una ventaja importante para el medio ambiente. En ese sentido, Carranza-Patiño et al. (2023) señalan que la implementación de variedades resistentes constituye una alternativa sostenible para disminuir la dependencia de pesticidas y enfrentar los problemas ambientales asociados a su uso excesivo. Esto se debe a que las plantas con mayor resistencia a las plagas requieren menos aplicaciones de productos químicos para protegerse del ataque de insectos, lo que reduce la cantidad de sustancias que son liberadas al suelo y a las fuentes de agua durante el proceso de producción agrícola. Asimismo, una menor utilización de pesticidas contribuye a conservar el equilibrio del ecosistema y disminuye el riesgo de afectar organismos beneficiosos para los cultivos, como algunos insectos polinizadores y otros enemigos naturales de las plagas. Lo expuesto por los autores fortalece el argumento de que la biotecnología no solo contribuye a mejorar la productividad del maíz, sino que también favorece el desarrollo de una agricultura más sostenible y responsable con el ambiente. Por ello, resulta importante continuar promoviendo la investigación y el uso adecuado de variedades de maíz resistentes a plagas, como parte de las estrategias orientadas a lograr una producción agrícola más eficiente y con menor impacto ambiental.

Otro aspecto importante de las variedades de maíz resistentes a insectos es que pueden contribuir a mejorar la calidad del grano cosechado. Cuando las plagas atacan las mazorcas, producen heridas que facilitan el ingreso de hongos capaces de generar sustancias tóxicas conocidas como micotoxinas, las cuales afectan la calidad e inocuidad del maíz. En ese sentido, Gomes et al. (2024) concluyen que el maíz transgénico puede reducir la presencia de micotoxinas, principalmente fumonisinas y aflatoxinas, debido a que presenta una mayor resistencia frente al ataque de insectos. Esto significa que, al disminuir el daño ocasionado por las plagas, también se reduce la posibilidad de que los hongos ingresen al grano y produzcan estas sustancias tóxicas. De esta manera, el maíz conserva una mejor calidad durante la cosecha y presenta mejores condiciones para su aprovechamiento en la alimentación y en la industria. Se coincide con lo dicho

por los autores, ya que la reducción de micotoxinas representa un beneficio importante porque permite obtener granos de mejor calidad y con menor riesgo de contaminación, favoreciendo tanto a los productores como a los consumidores. Por ello, resulta importante continuar impulsando la investigación y el desarrollo de variedades de maíz resistentes a plagas, ya que estas no solo contribuyen a incrementar la productividad del cultivo, sino también a mejorar la calidad del producto final.

Sin embargo, el uso de variedades de maíz genéticamente modificadas resistentes a insectos debe ir acompañado de un manejo adecuado para que sus beneficios se mantengan a largo plazo. En ese sentido, Álvarez-Alfageme et al. (2022) señalan que el uso continuo de un mismo tipo de maíz Bt puede favorecer que algunas plagas desarrollen resistencia a las proteínas insecticidas, disminuyendo con el tiempo la eficacia de esta tecnología. Esto significa que, si siempre se utiliza la misma variedad sin aplicar otras estrategias de manejo, algunos insectos pueden adaptarse y dejar de ser controlados de manera efectiva. Por esa razón, los autores recomiendan complementar el uso del maíz Bt con prácticas como la rotación de cultivos, el monitoreo constante de las plagas y el establecimiento de refugios agrícolas, que consisten en sembrar una parte del terreno con maíz convencional para retrasar la aparición de insectos resistentes. Se concuerda con lo dicho por los autores, ya que estas medidas son importantes porque permiten conservar la eficacia de las variedades resistentes durante más tiempo y asegurar que los agricultores continúen obteniendo los beneficios de esta tecnología. Por ello, resulta primordial promover el uso responsable de las variedades de maíz genéticamente modificadas junto con buenas prácticas agrícolas que favorezcan una producción más sustentable y eficiente.

3. La importancia de la biotecnología en los efectos del cambio climático en la agricultura peruana

Para poder enfrentar los efectos del cambio climático en la agricultura peruana. Esto es importante porque muchas zonas rurales dependen del maíz como principal fuente económica. De acuerdo como señala la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023): *"The development and adoption of climate-resilient crop varieties, including genetically modified seeds, is essential to sustain agricultural yields under increasingly volatile weather conditions. Strengthening local crop resilience is crucial to protecting the livelihoods of smallholder farmers and securing the food supply chain in developing rural regions"* (FAO, 2023, p. 24). Para tener en claro, el uso de semillas genéticamente mejoradas incrementa la capacidad de los cultivos para resistir fenómenos climáticos adversos permitiendo mantener la productividad agrícola y reducir las pérdidas en las cosechas. Se considera que esta tecnología constituye una herramienta fundamental para enfrentar los efectos del cambio climático en el sector agrícola, ya que favorece la estabilidad económica de los agricultores rurales y fortalece la seguridad alimentaria. Por ello, se aconseja impulsar el acceso a semillas mejoradas y programas de capacitación técnica que permitan a los productores aprovechar sus beneficios y contribuir al desarrollo rural sostenible del Perú.

Asimismo, diversos estudios respaldan esta postura al poder demostrar que el desarrollo de variedades de maíz resistentes al cambio climático, contribuye a mantener la productividad agrícola, fortalecer la seguridad alimentaria y las maneras de los agricultores para combatir estos cambios climáticos. Estas investigaciones evidencian que la biotecnología y el acceso a semillas mejoradas es una buena estrategia para reducir las pérdidas ante fenómenos como las sequías y garantizar una producción saludable y sostenible. De acuerdo con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 2021): “Las variedades de maíz tolerantes a la sequía pueden garantizar la seguridad alimentaria, fortalecer la resiliencia climática y mejorar los medios de vida de los agricultores con recursos limitados” (CIMMYT, 2021) (p.). Quiere decir que el desarrollo de variedades de maíz resistentes a las condiciones climáticas extremas permite mantener la producción agrícola y disminuir las pérdidas ocasionadas por las sequías. Se coincide con esta postura, ya que la biotecnología agrícola representa una alternativa importante para enfrentar los efectos del cambio climático y proteger la economía de las comunidades rurales que dependen del maíz. Además, se recomienda fomentar la investigación científica y facilitar el acceso de los agricultores a semillas mejoradas y programas de capacitación que contribuyan al desarrollo sostenible del país.

Del mismo modo, los estudios realizados por distintos organismos internacionales siguen dando respaldo al uso de la biotecnología agrícola como una de las estrategias más eficaces para poder enfrentar los desafíos del cambio climático. Estas evidencias destacan que la innovación tecnológica no solo mejora el rendimiento de los cultivos, sino que también promueve el uso más eficiente de los recursos naturales y fortalece la sostenibilidad. Tal y como señala la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2023): *“La innovación biotecnológica aplicada a la agricultura contribuye a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos naturales, aumentar la productividad de los cultivos y promover sistemas alimentarios más sostenibles frente a los desafíos del cambio climático”*. (OCDE, 2023). En otras palabras, la aplicación de la biotecnología en la agricultura permite desarrollar cultivos que aprovechan de manera más eficiente los recursos naturales, especialmente el agua y los nutrientes del suelo. Esto no solo incrementa el rendimiento de las cosechas, sino que también reduce el impacto ambiental y disminuye los costos de producción para los agricultores. Se corresponde con lo planteado por la OCDE, ya que el uso de estas tecnologías representa una alternativa importante para enfrentar los retos actuales del sector agrícola, como la escasez de agua, la degradación de los suelos y el crecimiento de la demanda de alimentos. Por ello, se recomienda que el Estado y las instituciones de investigación promuevan el desarrollo de proyectos biotecnológicos, faciliten el acceso de los agricultores a estas innovaciones y fortalezcan los programas de capacitación técnica, con el fin de impulsar una agricultura más sostenible y contribuir al desarrollo rural del Perú.

En relación con lo anterior, es muy importante volver a señalar el gran aporte que da la innovación tecnológica como estrategia indispensable ante las adversidades que se presentan. Desde esta perspectiva se fortifica la resiliencia climática y se mejoran las condiciones de vida de las poblaciones rurales más vulnerables.

Por otra parte, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2023) sostiene que, frente a los efectos cada vez más intensos del cambio climático, es indispensable fortalecer los sistemas de innovación agroalimentaria y aprovechar los avances tecnológicos para promover una agricultura más resiliente y sostenible. Esto significa que la innovación no debe entenderse únicamente como la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas, sino también como el desarrollo de políticas, alianzas estratégicas y mecanismos de cooperación que permitan a los agricultores adaptarse a las nuevas condiciones climáticas sin comprometer la productividad de sus cultivos. En ese sentido, la articulación entre el Estado, las instituciones de investigación y los productores resulta esencial para facilitar la transferencia de conocimientos y el acceso a tecnologías que optimicen el uso del agua, conserven los suelos y reduzcan la vulnerabilidad del sector agrícola. Se coincide con el planteamiento del IICA, ya que demuestra que la innovación constituye uno de los pilares fundamentales para garantizar la seguridad alimentaria y afianzar el desarrollo sostenible de las zonas rurales. Por ello, es necesario que el Perú continúe promoviendo programas de investigación, capacitación y asistencia técnica que permitan a los agricultores adoptar soluciones innovadoras frente a los desafíos del cambio climático. De esta manera, será posible consolidar un sistema agrícola más competitivo, sostenible y preparado para afrontar los retos ambientales del futuro.

Bajo esa premisa, la modernización de los sistemas agrícolas peruanos exige una integración formal de la ingeniería genética en los planes de desarrollo rural. Al respecto, el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la UNMSM (2023) señala que: *"La incorporación de semillas mejoradas y técnicas de biotecnología vegetal es indispensable para salvaguardar la soberanía agrícola en regiones vulnerables al calentamiento global"*. (UNMSM, 2023, p. 77). Esto quiere decir que ignorar los avances de la ciencia genética en el agro condena a los productores locales a depender de un clima cada vez más destructivo e impredecible, mermando la capacidad de respuesta de los valles maiceros ante plagas emergentes o la falta de lluvias. Se concuerda plenamente con los investigadores, ya que de esta manera se demuestra que la biotecnología no es solo una alternativa comercial, sino una herramienta de inclusión social y económica indispensable para proteger el sustento de las comunidades rurales más desfavorecidas de nuestro país. Por esta razón, resulta fundamental que el gobierno articule políticas agrarias, que priorice el financiamiento de laboratorios genéticos, que gestione la distribución de estos granos tecnológicos a precios accesibles y la validación de parcelas demostrativas en el territorio nacional, un esfuerzo conjunto que sentaría las bases para una economía rural competitiva y adaptada al futuro.

Por último, es evidente que el futuro de la seguridad alimentaria en el país depende de nuestra capacidad para integrar la ciencia avanzada en los campos de cultivo de manera definitiva. En torno a esta necesidad, el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica [CONCYTEC] (2024) enfatiza que: *"La inversión estratégica en biotecnología agraria y el uso controlado de semillas mejoradas son los pilares fundamentales para mitigar el impacto ambiental y garantizar la productividad en escenarios de crisis climática"*. (CONCYTEC, 2024, p. 34). A esto se refiere que la transición hacia una agricultura tecnificada no admite demoras si queremos proteger los valles maiceros

de las pérdidas irreversibles provocadas por los fenómenos meteorológicos extremos. Beindamos nuestro apoyo y aprobación a la institución, ya que de esta manera se demuestra que la biotecnología agrícola actúa como un escudo socioeconómico que resguarda el empleo y el sustento de las poblaciones rurales más vulnerables del territorio peruano. En conclusión, para consolidar un desarrollo rural sostenible, se requiere que el Estado no solo promueva la investigación científica, sino que facilite el acceso democrático a estos insumos biológicos y fortalezca los programas de asistencia técnica.

4. La biotecnología en la mejora de la productividad del maíz

El impacto de la biotecnología en la mejora de la productividad del maíz en el desarrollo rural peruano es favorable porque permite mantener la disponibilidad de los alimentos y el enriquecimiento de micronutrientes, pues fortalece los nutrientes esenciales y mantiene la vida útil del alimento ante cualquier tipo de clima.

Los cultivos del maíz se enriquecen con micronutrientes gracias a la edición genética. Según Plant Archives(2025) *"Genetic modification involves the transfer of specific genes from one organism to another to confer desired traits. In maize biofortification, GM has been employed to introduce genes that code for enzymes involved in the biosynthesis pathways of vital nutrients, such as vitamin A, iron and zinc"*(Plant Archives, 2025, p. 58). Vale decir, que introduce genes ajenos para una mejora de nutrientes en el maíz. Siendo esto fundamental, ya que de esta manera el maíz se convierte en uno de los principales alimentos para combatir la desnutrición. Por ello es oportuno promover el cultivo y el consumo del maíz biofortificado, ya que de esta manera podríamos reducir la desnutrición por falta de vitaminas.

De igual manera, la eficacia del enriquecimiento con micronutrientes de cultivos ha sido respaldado por diversas investigaciones porque ataca directamente la desnutrición ofreciendo una solución masiva a enfermedades por mala alimentación. Según BIOFORTIFICADOS (2023) *"Una investigación en Zambia, se demostró que el consumo regular de maíz biofortificado con carotenoides (provitamina A) aumentó la capacidad de respuesta pupilar en niños con deficiencias de vitamina A"* (Palmer et al., 2016). Esto quiere decir que en Zambia se demostró que el consumo del maíz biofortificado con provitamina A, mejoró la función visual en los niños con deficiencias de vitamina A, ya que al mejorar la función visual en los niños, también podríamos biofortificar con más vitaminas siendo así una fuente de alimento más nutritiva. Es por ello aconsejable promover y consumir alimentos biofortificados, porque de esta manera podríamos reducir la deficiencias de vitaminas en los niños en zonas con poca disponibilidad de alimentos.

Por otro lado, la biotecnología puede desarrollar variedades resistentes al estrés abiótico, pues estudios han confirmado que el desarrollar variedades resistentes a diversos tipos de climas es beneficioso para las personas ya que los cultivos se podrían cosechar en cualquier época del año; durante los últimos 5 años hubieron estudios donde se respaldan estos procesos de edición genética. Según Revista Peruana de Innovación Agraria (REPIA,2020): *"Existe un alto potencial para la aplicación de la biotecnología*

en el maíz a partir de los notables avances globales en genética molecular, ingeniería genética y bioinformática, con el fin de desarrollar nuevas variedades e híbridos resistentes a situaciones de estrés biótico y abiótico, y adaptados al cambio climático” (REPIA, 2020, p,7). Es decir que gracias al potencial de la biotecnología podemos desarrollar variedades del maíz resistentes a organismos vivos y factores climáticos. De esta manera el maíz podría cultivarse y producirse en más épocas del año incluso en épocas de sequía o condiciones no favorables. Es por ello conveniente que se fomente el desarrollo y distribución de estas variedades de maíz para que los agricultores puedan enfrentar el cambio climático y mantener la producción de alimentos.

Asimismo, la biofortificación optimiza el desarrollo del maíz porque permite acelerar drásticamente los procesos evolutivos de la planta mediante la inducción de mutación controlada logrando cambios beneficiosos en los cultivos para que de esta manera el cultivo pueda crecer en menor tiempo y ante cualquier tipo de cambio climático. Según Tecnológico de Costa Rica(TEC,2024) *“La inducción de mutaciones o mutagénesis representa una opción rápida y efectiva para el desarrollo de nuevas variedades que conservan los niveles óptimos de productividad en entornos desafiantes para la agricultura”*(TEC,2024, p,144). Por lo tanto la mutagénesis permite crear variedades de cultivos en poco tiempo, y esas variedades pueden seguir produciéndose bien aunque el clima no sea favorable. Concordamos con esta idea, ya que al ser un método rápido y efectivo, ayuda a obtener variedades sin esperar muchos años, con lo cual es clave para poder cultivar y producir aun cuando el entorno no sea favorable. Es por ello necesario impulsar el uso de estos tipos de edición genética para el mejoramiento genético, permitiendo que los cultivos sean resistentes ante condiciones cada vez más difíciles.

Por otro lado, la intervención de la biotecnología en la optimización nutricional constituye una estrategia prioritaria en las políticas del desarrollo rural dado que las carencias de los micronutrientes esenciales debilita directamente el capital humano y perpetua ciclos de pobreza al disminuir capacidades físicas y cognitivas de la población; el impacto de la biotecnología es importante porque permite mitigar estas deficiencias tanto clínicas como crónicas que los sistemas de salud convencionales no logran enlazarse en áreas de alta vulnerabilidad. Según Plant Archives (2025) *“El hierro es crucial para el transporte de oxígeno en la sangre, y su deficiencia provoca anemia, reducción de la función cognitiva y disminución de la inmunidad. El zinc es esencial para el crecimiento, la función inmunológica y la cicatrización de heridas. Mejorar el contenido de hierro y zinc en cultivos básicos como el maíz puede mejorar sustancialmente el estado nutricional y los resultados de salud de las poblaciones que dependen del maíz como fuente primaria de alimento”* (Gibson et al., 2010). Esto quiere decir que la biotecnología permite crear variedades ricas en nutrientes como zinc y hierro optimizando el contenido básico del maíz, potenciando así el estado nutricional y los resultados de las poblaciones que dependan de este alimento como fuente principal de alimentación. El permitir crear variedades ricas en diferentes nutrientes no solo se abastece al consumidor de una sola vitamina sino de varias, por lo cual se podría convertir en uno de los alimentos principales en contra de la desnutrición, por la cantidad de nutrientes que se implemente a los cultivos. Es por ello indispensable promover estas investigaciones científicas, promoviendo el diseño de políticas públicas y agrarias que incentiven la

distribución y el cultivo regulado de estas variedades biofortificadas en los programas de ayuda alimentaria y desarrollo rural, asegurando que las comunidades que no tienen un fácil acceso a una buena alimentación puedan nutrirse de manera adecuada gracias a estos alimentos robustecidos con nutrientes esenciales.

Finalmente, la mejora de los cultivos agrícolas debe realizarse de manera unida con las estructuras de salud existentes, puesto que un sistema alimentario no depende de un único vector sino de su capacidad de unirse con múltiples estrategias preventivas, este tipo de estrategias potencia su efectividad al integrarse a las dinámicas del sistema de salud. Según Plant Archives(2025) *"A pesar de estos éxitos, persisten desafíos para garantizar la estabilidad de las mejoras minerales en diferentes condiciones ambientales y para integrar estos esfuerzos con enfoques más amplios del sistema alimentario para mejorar la ingesta de nutrientes. Las direcciones futuras podrían incluir la integración de la biofortificación de cultivos con otras intervenciones de salud pública, como la diversificación dietética y los programas de suplementación, para garantizar beneficios nutricionales integrales"* (Saltzman et al., 2013). En pocas palabras, la consolidación de cultivos enriquecidos aún enfrenta un reto de mantener propiedades nutricionales frente a la variabilidad del clima, y ver la viabilidad de mantener los estudios biofortificados en otros aspectos de intervenciones de salud pública, debido a que esclarece una duda teórica de combatir la desnutrición en áreas vulnerables exigiendo estos tipos de alimentos validando que el maíz biofortificado es un alimento principal para la correcta alimentación. Por consiguiente, se encomienda establecer programas de inversión multisectorial con la finalidad de insertar el maíz biofortificado en una red de asistencia alimentaria que proteja la forma de alimentación de salud buscando el bienestar de los sectores más vulnerables.

En conclusión el impacto de la biotecnología en la mejora de la productividad del maíz en el desarrollo rural peruano es favorable en cualquier aspecto analizado ya que permite la implementación de la edición genética y biofortificación optimizando el enriquecimiento de nutrientes esenciales como el hierro, zinc y la provitamina A, atacando desde la raíz al fenómeno del hambre ofreciendo así una respuesta médica preventiva y masiva frente a enfermedades por deficiencias de nutrientes como puede ser la anemia o incluso la desnutrición crónica que afecta más que todo a las personas que viven en áreas vulnerables; por otro lado el desarrollo de variedades tolerantes al estrés abiótico se consolida como herramientas estratégicas urgentes para salvaguardar la productividad de los cultivos del sector agropecuario ante el escenario de cualquier tipo de clima; de igual manera estos tipos de procesos no solo biofortificado, y evita el estrés abiótico sino también podremos acelerar los procesos evolutivos de los cultivos de forma efectiva garantizando la disponibilidad del alimento ya que al producir de manera rápida estos cultivos se puede mantener la cosecha durante más tiempo, lo cual es beneficioso para el consumidor y para la persona que lo cultiva en las comunidades rurales, siendo provechoso, ya que la carencia de nutrientes esenciales debilita directamente a las personas, por lo que resulta importante que los organismos competentes fomenten este tipo de alimento; así también asegurar esta clase de investigaciones dentro de los programas de asistencia, pues posibilitan una correcta alimentación protegiendo la salud colectiva.

5. Aplicación e impacto de la biotecnología sobre el maíz

La aplicación e impacto de la biotecnología sobre el maíz en zonas rurales peruanas es ventajoso con respecto a la productividad local, porque permite contrarrestar la intensa demanda de alimentos dentro del país y la dependencia a importaciones extranjeras de competencia. Esto se debe principalmente a que el uso de tecnologías agrícolas avanzadas permite romper el límite de rendimiento de la agricultura tradicional, optimizando la calidad y cantidad del producto agrícola por hectárea de terreno frente al crecimiento demográfico.

Como señala la Asociación Peruana de la Sostenibilidad Agrícola (APSA, 2023): *"La adopción de tecnologías agrarias modernas, incluyendo la biotecnología, es una herramienta indispensable para elevar los rendimientos por hectárea del maíz en el Perú. Incrementar la productividad local es clave para reducir la dependencia de las importaciones y enfrentar el desafío de la seguridad alimentaria ante una demanda interna en constante crecimiento"* (APSA, 2023, p. 12). En otras palabras, con la implementación de la biotecnología aplicada al cultivo del maíz, la productividad local experimentaría un incremento significativo que permitiría abastecer de manera eficiente la demanda interna; asimismo, se mitigaría la vulnerabilidad del sector frente a la dependencia de las importaciones extranjeras. Se respalda firmemente la postura de la organización citada, puesto que la modernización agraria y la innovación biotecnológica constituyen un pilar fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y promover el desarrollo socioeconómico integral de naciones en vías de consolidación agrícola, como lo es el Perú. La desatención histórica de los campos cultivados en el interior del país ha generado una subordinación estructural ante los mercados internacionales que solo puede ser revertida mediante la inserción planificada de conocimiento científico de vanguardia. Por ello, se recomienda que los diversos sectores agrícolas, en especial las comunidades de las zonas rurales, opten por la adopción de estas tecnologías, optimizando así la gestión de la demanda interna y logrando frenar la subordinación a los mercados internacionales.

Asimismo, la necesidad de superar y mejorar los sistemas tradicionales bajo escenarios de presión poblacional global es un aspecto crucial que requiere un análisis metodológico profundo, ya que la escasez de tierras cultivables por cabeza obliga a los sistemas agrarios a producir más en la misma o menor cantidad de superficie disponible. Según Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2020): *"Frente a las proyecciones de crecimiento demográfico global, la innovación tecnológica en el sector agrario se posiciona como una necesidad imperativa. La transición hacia una agricultura de precisión y el uso de herramientas biotecnológicas avanzadas permiten superar las barreras productivas de los sistemas tradicionales, maximizando la eficiencia en el uso del suelo y optimizando los recursos hídricos y nutricionales por unidad de superficie"* (Altieri, M. A., y Nicholls, C. I., 2020, p. 45). En otras palabras, ante la presión ejercida por el aumento poblacional, la incorporación de metodologías agrícolas modernas resulta crucial para mejorar los métodos de producción convencionales, logrando una explotación mucho más eficiente y sustentable de cada área de cultivo. Compartimos plenamente el enfoque de los autores debido a que evidencia con claridad que las prácticas tradicionales son insufi-

cientes ante el escenario demográfico actual, posicionando a la tecnificación científica como el motor indispensable para maximizar el rendimiento de los cultivos. El modelo agrícola tradicional responde a condiciones ecológicas del pasado, pero se muestra estático e incapaz de reaccionar eficazmente frente al agotamiento acelerado de los nutrientes del suelo y los requerimientos urgentes de la población peruana. Romper estos esquemas rígidos mediante la biotecnología es la única opción viable para evitar escenarios de desabastecimiento a gran escala. Por lo tanto, se aconseja incentivar políticas de modernización agraria que faciliten la transición tecnológica en los campos de cultivo, con el objetivo de asegurar el abastecimiento alimentario colectivo y garantizar una gestión idónea de los recursos naturales frente a los desafíos del futuro.

Por otro lado, el fortalecimiento de la capacidad productiva interna es la estrategia estándar en economía agraria para blindar el mercado nacional frente a la volatilidad de los precios internacionales, pues cuando un país pierde su capacidad de autoabastecerse de insumos base, transfiere su estabilidad económica a las fluctuaciones e intereses del mercado exterior. El impacto de la biotecnología sobre el maíz en la zona rural peruana es necesario porque permite mitigar la alta dependencia del extranjero. Esta situación de desbalance y vulnerabilidad comercial queda plenamente demostrada al observar las estadísticas macroeconómicas oficiales de las entidades internacionales de supervisión agrícola. Según el último informe del USDA (2026), *"Corn production in Peru is projected at 1.75 MMT [Million Metric Tons], while consumption is forecast at 6.3 MMT, driven primarily by strong demand from the poultry sector. Corn imports are expected to increase to 4.63 MMT."* (USDA, 2026, p. 2). En otras palabras, es una realidad fáctica que los niveles de producción nacional de maíz en nuestro país resultan insuficientes para cubrir las demandas del mercado interno, generando una brecha sustancial que evidencia la necesidad apremiante de integrar soluciones biotecnológicas para maximizar el rendimiento agrícola. Se concuerda plenamente con las proyecciones y el análisis expuesto en el informe del USDA (2026), debido a que visibiliza con rigor cuantitativo el panorama crítico de vulnerabilidad y dependencia comercial que afrontan estos sectores estratégicos, acentuando la urgencia de implementar innovaciones biotecnológicas en el cultivo del maíz. El hecho de que más de dos tercios del maíz consumido localmente provenga del exterior expone de forma directa a las industrias alimentarias locales a crisis inflacionarias inevitables y exógenas. Por consiguiente, se recomienda priorizar e impulsar a la brevedad la adopción de estas herramientas tecnológicas en la agricultura interna, con la finalidad de resguardar el autoabastecimiento del consumo nacional y, simultáneamente, mitigar la subordinación a las importaciones de insumos agrarios extranjeros.

Del mismo modo, ante el panorama de inestabilidad global, el robustecimiento de la capacidad productiva e interna en el sector agropecuario se consolida como un imperativo estratégico de carácter multidimensional, dado que las crisis geopolíticas y las interrupciones en los canales de distribución alteran abruptamente los costos de adquisición de los alimentos de primera necesidad. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2021): *"Frente al panorama de inestabilidad global, el robustecimiento de la capacidad productiva e interna en el sector agropecuario*

se consolida como un imperativo estratégico. Fortalecer la oferta local no sólo mitiga la extrema dependencia hacia las importaciones de insumos básicos, sino que actúa como un mecanismo de amortiguación económica indispensable para salvaguardar y blindar los mercados domésticos ante la persistente volatilidad e incertidumbre de los precios internacionales" (FAO, 2021, p. 34). Esto es, potenciar los niveles de rendimiento y la oferta agropecuaria interna constituyen la principal directriz económica para edificar un escudo comercial, protegiendo así el consumo doméstico de las fluctuaciones e imprevistos financieros globales. Respaldo la postura de los organismos citados resulta fundamental, dado que pone en evidencia que la soberanía productiva local no es solo una meta agrícola, sino una salvaguarda macroeconómica prioritaria frente a la inestabilidad de los mercados externos. Sin una base productiva interna sólida, tecnificada y resiliente, cualquier perturbación en las cadenas comerciales marítimas o portuarias internacionales se traslada de inmediato a los precios de la canasta básica familiar en el Perú. Por lo tanto, se recomienda el diseño e implementación de políticas públicas orientadas a incentivar el desarrollo de la infraestructura agraria interna, con el propósito de blindar de manera efectiva la economía nacional y asegurar la estabilidad de precios para los consumidores locales frente a las crisis globales.

Finalmente, en el contexto de inestabilidades globales en las materias primas, mejorar la capacidad de producción local sirve como una herramienta de protección crítica que redefine las bases de la seguridad nacional, puesto que la resiliencia de un sistema alimentario se mide por su capacidad autónoma para resistir presiones financieras externas imprevistas. Según el libro *"Food security and international trade: Risk, resilience, and the rhetoric of self-reliance"* publicado por Cambridge University Press: *"In the context of global commodity shocks, enhancing domestic agricultural production capacity serves as a critical strategic lever. Boosting local output not only insulates the domestic food system from international market volatility, but also mitigates the structural risks associated with import dependence during periods of geopolitical or economic uncertainty"* (Clapp, 2020, p. 91). Por consiguiente, la optimización y el incremento de la capacidad productiva en el sector agrario interno operan como una alternativa macroeconómica indispensable, aislando el abastecimiento local de las fluctuaciones comerciales desatadas por la incertidumbre global. Se coincide plenamente con la perspectiva de la autora debido a que esclarece con seguridad que depender de las cadenas globales de suministro expone al país a riesgos estructurales importantes, validando la autosuficiencia como una característica necesaria frente a la inestabilidad internacional. La dependencia prolongada termina por debilitar el trabajo productivo del campo y desalienta a los productores locales, sumiendo al sector rural en una crisis de desinversión económica permanente. Por lo tanto, es primordial establecer programas de inversión estratégica e incentivos tecnológicos orientados a maximizar la producción local de maíz, con la finalidad de mejorar la seguridad alimentaria de la población y atenuar la vulnerabilidad financiera frente a choques externos imprevistos.

En conclusión, el impacto de la biotecnología sobre el maíz en la zona rural peruana es favorable en todas sus dimensiones analizadas. En primer lugar, porque la implementación de tecnologías agrícolas avanzadas permite romper el límite de rendimiento de la agricultura tradicional, perfeccionando de manera sostenible los recursos por hectárea

frente a la creciente presión demográfica que amenaza el equilibrio socioeconómico de las áreas rurales del país. En segundo lugar, el fortalecimiento de la capacidad productiva interna se consolida como la estrategia estándar en economía agraria para blindar eficazmente el mercado nacional ante la volatilidad imprevista de los precios internacionales, mitigando de forma razonable la excesiva dependencia comercial externa expuesta por las proyecciones globales. Por otro lado, en las comunidades donde se desarrollan estas actividades comerciales relacionadas con el maíz, resulta imperativo que los organismos competentes promuevan el uso de biotecnología e incentiven políticas sectoriales de largo alcance. Estas acciones institucionales coordinadas deben asegurar una adopción óptima, inclusiva y equitativa de estas innovaciones biotecnológicas, protegiendo de manera integral el bienestar de los agricultores y garantizando la seguridad alimentaria definitiva de todo el territorio peruano.

6. Conclusiones

La aplicación de la biotecnología en la mejora de la productividad del maíz en el desarrollo rural peruano es favorable, ya que contribuye al fortalecimiento de la producción agrícola mediante el desarrollo de cultivos más resistentes, nutritivos y adaptados a las necesidades actuales. Asimismo, representa una alternativa para enfrentar los principales desafíos que afectan al sector agrícola, promoviendo la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible de las comunidades rurales. Específicamente, se concluye lo siguiente:

- Reducción de las pérdidas ocasionadas por plagas. La biotecnología permite desarrollar variedades de maíz con mayor resistencia a insectos y otras plagas, disminuyendo las pérdidas en los cultivos, reduciendo el uso de pesticidas químicos y favoreciendo una producción más eficiente y de mejor calidad.
- Enfrentamiento de los efectos del cambio climático. El desarrollo de variedades tolerantes a la sequía y a temperaturas extremas fortalece la capacidad de adaptación del cultivo frente a las condiciones climáticas adversas, contribuyendo a mantener la productividad agrícola en distintas regiones del país.
- Disponibilidad de alimentos y enriquecimiento con micronutrientes. La aplicación de herramientas biotecnológicas propicia la producción de alimentos con mayor calidad nutricional y contribuye a mantener su disponibilidad, fortaleciendo la seguridad alimentaria y aportando beneficios para la salud de la población.
- Reducción de la dependencia de las importaciones. El incremento de la productividad del maíz mediante la biotecnología permite satisfacer una mayor proporción de la demanda nacional, fortaleciendo la producción interna, disminuyendo la dependencia de las importaciones y favoreciendo el desarrollo económico del sector agrícola peruano.

En conclusión, la biotecnología constituye una herramienta fundamental para mejorar la productividad del maíz y promover el desarrollo rural peruano, debido a que ofrece soluciones innovadoras frente a los desafíos agrícolas actuales y contribuye a fortalecer la sostenibilidad, la seguridad alimentaria y la competitividad del país.

7. Literatura citada

- ÁLVAREZ-ALFAGEME, F., MEISSE, M., ROMEIS, J., & FARINÓS, G. P. (2022). MANAGING RESISTANCE EVOLUTION TO TRANSGENIC BT MAIZE IN CORN BORERS IN SPAIN. *CRITICAL REVIEWS IN BIOTECHNOLOGY*, 42(8), 1185–1201. [HTTPS://DOI.ORG/10.1080/07388551.2021.1931018](https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1931018)
- BIOFORTIFICADOS. (2023). IMPACTO DE LOS CULTIVOS BIOFORTIFICADOS EN LA NUTRICIÓN Y LA SALUD. [HTTPS://BIOFORTIFICADOS.COM](https://biofortificados.com)
- BRAVO, A., LIKITVIVATANAVONG, S., GILL, S. S., & SOBERÓN, M. (2011). BACILLUS THURINGIENSIS: A STORY OF A SUCCESSFUL BIOINSECTICIDE. *INSECT BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY*, 41(7), 423–431. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.IBMB.2011.02.006](https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2011.02.006)
- CARRANZA-PATIÑO, M., MERILIN CONTRERAS-MORA, MACIAS-LEON, M., PINCAY-PIN, P., RENDÓN-MARGALLÓN, E., & HERRERA-FEIJOO ROBINSON J. (2023). USO DE LOS PESTICIDAS Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE ZEA MAYS: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA. *CÓDIGO CIENTÍFICO REVISTA DE INVESTIGACIÓN*, 4(E2), 1258–1286. [HTTPS://DOI.ORG/10.55813/GAEA/CCRI/V4/NE2/219](https://doi.org/10.55813/GAEA/CCRI/V4/NE2/219)
- CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA [CONCYTEC]. (2024). BIOTECNOLOGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO. FONDO EDITORIAL CONCYTEC. [HTTPS://REPOSITORIO.CONCYTEC.GOB.PE](https://repositorio.concytec.gob.pe)
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2023). THE IMPACT OF DISASTERS ON AGRICULTURE AND FOOD SECURITY 2023: AVOIDING AND REDUCING LOSSES THROUGH INVESTMENT IN RESILIENCE. FAO. [HTTPS://OPENKNOWLEDGE.FAO.ORG/ITEMS/CD76116F-0269-43E4-8146-D912329F411C](https://openknowledge.fao.org/items/cd76116f-0269-43e4-8146-d912329f411c)
- GARCÍA, M., GARCÍA-BENÍTEZ, C., ORTEGO, F., & FARINÓS, G. P. (2023). MONITORING INSECT RESISTANCE TO BT MAIZE IN THE EUROPEAN UNION: UPDATE, CHALLENGES, AND FUTURE PROSPECTS. *JOURNAL OF ECONOMIC ENTOMOLOGY*. [HTTPS://DOI.ORG/10.1093/JEE/TOAC154](https://doi.org/10.1093/jee/toac154)
- GOMES, A. S. D. L. P. B., WEBER, S. H., & LUCIANO, F. B. (2024). RESISTANCE OF TRANSGENIC MAIZE CULTIVARS TO MYCOTOXIN PRODUCTION—SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. *TOXINS*, 16(8), 373. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/TOXINS16080373](https://doi.org/10.3390/toxins16080373)
- INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNMSM. (2023). INNOVACIÓN Y BIOTECNOLOGÍA VEGETAL PARA EL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE. FONDO EDITORIAL UNMSM. [HTTPS://CYBERTESIS.UNMSM.EDU.PE](https://cybertesis.unmsm.edu.pe)
- INTERNATIONAL MAIZE AND WHEAT IMPROVEMENT CENTER. (2022). ANNUAL REPORT 2021: FROM DISCOVERY TO SCALING UP. CIMMYT. [HTTPS://ANNUALREPORT2021.CIMMYT.ORG/](https://annualreport2021.cimmyt.org/)
- KLÜMPER, W., & QAIM, M. (2014). A META-ANALYSIS OF THE IMPACTS OF GENETICALLY MODIFIED CROPS. *PLOS ONE*, 9(11), e111629. [HTTPS://DOI.ORG/10.1371/JOURNAL.PONE.0111629](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629)

- MESSIAS, R. D. S., GALLI, V., SILVA, S. D. D. A., SCHIRMER, M. A., & ROMBALDI, C. V. (2015). MICRO-NUTRIENT AND FUNCTIONAL COMPOUNDS BIOFORTIFICATION OF MAIZE GRAINS. *CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION*, [HTTPS://WWW.TANDFONLINE.COM/DOI/ABS/10.1080/10408398.2011.649314](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2011.649314)
- MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO. (2021). EL MERCADO DEL MAÍZ AMARILLO DURO EN EL PERÚ: ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN, IMPORTACIONES Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS AGRARIAS. [HTTPS://WWW.GOB.PE/MIDAGRI](https://www.gob.pe/midagri) [HTTPS://REPOSITORIO.ULIMA.EDU.PE/HANDLE/20.500.12724/5818](https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/5818)
- MILLER MAGAZINE. (2026, 14 DE MAYO). USDA: GLOBAL GRAIN DEMAND TO OUTPACE PRODUCTION IN 2026/27 AS STOCKS TIGHTEN. [HTTPS://MILLERMAGAZINE.COM/BLOG/USDA-GLOBAL-GRAIN-DEMAND-TO-OUTPACE-PRODUCTION-IN-202627-AS-STOCKS-TIGHTEN-6793](https://millermagazine.com/blog/usda-global-grain-demand-to-outpace-production-in-202627-as-stocks-tighten-6793)
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. (2023). EL ESTADO DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y LA NUTRICIÓN EN EL MUNDO: FOMENTAR LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS. [HTTPS://WWW.FAO.ORG/PUBLICATIONS](https://www.fao.org/publications)
- OSMAN, G. H., ASSEM, S. K., ALREEDY, R. M., ET AL. (2015). DEVELOPMENT OF INSECT RESISTANT MAIZE PLANTS EXPRESSING A CHITINASE GENE FROM THE COTTON LEAF WORM, *SPODOPTERA LITTORALIS*. *SCIENTIFIC REPORTS*, 5, 18067. [HTTPS://DOI.ORG/10.1038/SREP18067](https://doi.org/10.1038/srep18067)
- PALMEROS-SUÁREZ, P. A., & RAMÍREZ-ROMERO, R. (2024). EL ESTRÉS ABIÓTICO EN PLANTAS Y SU RELACIÓN CON LA HERBIVORÍA. *BIOAGROCIENCIAS*, 17(2), 81–87.
- PLANT ARCHIVES (2025) – ADVANCEMENTS IN MAIZE BIOFORTIFICATION: ENHANCING NUTRITIONAL QUALITY THROUGH BREEDING [HTTPS://WWW.PLANTARCHIVES.ORG/ARTICLE/9-%20ADVANCEMENTS%20IN%20MAIZE%20BIOFORTIFICATION%20ENHANCING%20NUTRITIONAL%20QUALITY%20THROUGH%20BREEDING.PDF?UTM_SOURCE=](https://www.plantarchives.org/article/9-%20Advancements%20in%20Maize%20Biofortification%20Enhancing%20Nutritional%20Quality%20Through%20Breeding.pdf?utm_source=)
- PRASANNA, B. M., CAIRNS, J. E., ZAIDI, P. H., BEYENE, Y., MAKUMBI, D., GOWDA, M., ET AL. (2021). BEAT THE STRESS: BREEDING FOR CLIMATE RESILIENCE IN MAIZE FOR THE TROPICAL RAINFED ENVIRONMENTS. *THEORETICAL AND APPLIED GENETICS*, 134(6), 1729–1752. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S00122-021-03773-7](https://doi.org/10.1007/s00122-021-03773-7)
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. (2025). PERU: GRAIN AND FEED ANNUAL (REPORT NO. PE2025-0004). FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. [HTTPS://APPS.FAS.USDA.GOV/PSDONLINE/APP/INDEX.HTML#/APP/HOME](https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home)

ÍNDICE DE IMÁGENES



De izquierda a derecha

1. <https://agrotechcampus.com/blog/edicion-genetica-crispr-en-agricultura/>
2. <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2017/04/06/maiz-mejora-genetica/>
3. <https://otramirada.pe/politica/la-mineria-no-formal-y-las-economias-criminales-en-el-peru>
4. Vega (2026) en base a : https://es.pinterest.com/chisai_2/
5. https://stock.adobe.com/es/search/free?load_type=search&is_recent_search=&search_type=autosuggest&k=tabla+periódica&native_visual_search=&similar_content_id=&acp=o&aco=tabla+periodi
6. Vega (2026) en base a : <https://es.la-croix.com/blog/eutanasia-hay-algo-sagrado-en-la-vida-humana>
7. Vega (2026) en base a : <https://www.infobae.com/colombia/2025/05/27/mas-del-60-de-los-estudiantes-universitarios-en-colombia-sufren-de-estres-academico-severo-asi-puede-evitarlo/>
8. <https://es.pinterest.com/jk11691136/>

Ciencias e Ingeniería



<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>
Volumen II- N° 5 Agosto 2026

Contáctenos en nuestro correo electrónico
cienciaseingenierias@ctscafe.pe

Página Web:
<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>