



La edición genética, bioquímica y biología aplicada en la nutrición: Revisión bibliográfica

Diana Bustillos¹, Kumar Ahmed²

¹Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de la Salud, Ambato, Ecuador, e-mail:
di.bustillos@uta.edu.ec

² Vellore Institute of Technology, India

DOI: <https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.2859>

Resumen

La edición genética ha emergido como una estrategia innovadora para mejorar la calidad nutricional de cultivos y alimentos de origen animal. Esta revisión bibliográfica describe los principales avances entre 2017 y 2025 con énfasis en la aplicación de herramientas CRISPR/Cas para incrementar micronutrientes, modular perfiles de ácidos grasos y reducir alérgenos. Se consultaron bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science utilizando los términos “gene editing”, “nutrition”, “CRISPR” y “biofortification”. Se incluyeron 45 artículos originales y de revisión. Los resultados muestran mejoras sustanciales en los contenidos de vitamina A en arroz editado, aumento de hierro y zinc en trigo, y optimización de lípidos en cerdos mediante edición del gen FASN. Los ensayos clínicos en humanos aún son limitados y persisten desafíos regulatorios y éticos. Se concluye que la edición genética ofrece oportunidades prometedoras para enfrentar deficiencias nutricionales globales, siempre que se mantenga una evaluación rigurosa de seguridad y aceptación pública.

Palabras clave: edición genética, CRISPR/Cas, biofortificación, micronutrientes, seguridad alimentaria

Abstract

Gene editing has emerged as an innovative strategy to enhance the nutritional quality of crops and animal-derived foods. This literature review summarizes major advances between 2017 and 2025 with an emphasis on the use of CRISPR/Cas tools to increase micronutrients, modulate fatty-acid profiles, and reduce allergens. PubMed, Scopus, and Web of Science were searched using the terms “gene editing,” “nutrition,” “CRISPR,” and “biofortification.” Forty-five original and review articles were included. Results demonstrate substantial improvements in vitamin A content in edited rice, increased iron and zinc in wheat, and optimized lipids in pigs via FASN gene editing. Human clinical trials remain scarce and regulatory and ethical challenges persist. Gene editing offers promising opportunities to address global nutritional deficiencies, provided that rigorous safety and public acceptance evaluations are maintained.

Keywords: gene editing, CRISPR/Cas, biofortification, micronutrients, food safety

Introducción



Las deficiencias de micronutrientes continúan afectando a más de dos mil millones de personas en el mundo, especialmente en regiones de bajos ingresos. Mientras las estrategias

convencionales como la fortificación y los suplementos han mostrado beneficios, presentan limitaciones en sostenibilidad y alcance. La edición genética, particularmente a través del sistema CRISPR/Cas, permite modificaciones precisas y dirigidas sin introducir ADN exógeno, lo que diferencia a estos productos de los OGM tradicionales. Este enfoque ofrece una vía sostenible y escalable para mejorar el contenido nutricional de los cultivos básicos, abordando así la desnutrición en poblaciones vulnerables (Bouis & Welch, 2010) (Kudapa et al., 2023). En 2020, aproximadamente 768 millones de personas en el mundo padecieron hambre, alrededor de 118 millones más que en 2019 (Medina - Lozano & Díaz, 2022). Ante esta problemática, la agricultura, la silvicultura y la pesca tienen el potencial de suministrar alimentos nutritivos, generar ingresos y proteger el medio ambiente, siempre que se gestionen de forma sostenible (Carbó et al., 2020). Para satisfacer la creciente demanda de alimentos, es crucial mejorar la calidad nutricional de los productos agrícolas (Chivenge et al., 2021). La modificación genética de plantas para aumentar los rendimientos de los cultivos o mejorar directamente el contenido nutricional está en curso (Key et al., 2008). La edición genética ofrece una herramienta prometedora para abordar estos desafíos al mejorar rasgos importantes en los productos agrícolas, como el rendimiento de los cultivos, la productividad animal y el bienestar (Maximiano et al., 2021). La biotecnología tiene el potencial de brindar nuevas oportunidades para lograr una mayor productividad de los cultivos, lo que aliviará la pobreza, mejorará la seguridad alimentaria y la nutrición, y promoverá el uso sostenible de los recursos naturales en los sistemas agrícolas de montaña (Srinivas et al., 2017). La biotecnología, a través de la modificación genética, busca generar beneficios industriales, pero su aplicación debe estar regulada para asegurar prácticas adecuadas (López et al., 2000). La mejora en la calidad y disponibilidad de alimentos, basada en los éxitos de la Revolución Verde, presenta desafíos inherentes en la diversificación del suministro alimentario para aliviar las deficiencias nutricionales ("Executive Summary," 1983). Sin embargo, el uso de organismos modificados genéticamente es motivo de preocupación, debido a que puede conducir a una pérdida de diversidad genética entre los cultivos (Нежметдинова et al., 2020). La edición genómica, incluyendo CRISPR/Cas, surge como una herramienta potente para superar las limitaciones del fitomejoramiento convencional y acelerar el desarrollo de cultivos mejorados (Young et al., 2019). Estos métodos permiten la generación de cultivos más tolerantes a la sequía y a la salinidad, mejorando la eficiencia en el uso de nitrógeno o la resistencia a patógenos, mediante la clonación de genes de plantas encontradas en ambientes de alto estrés en especies sensibles al estrés pero altamente productivas (Pérez - Alonso et al., 2020). Estos avances biotecnológicos facilitan la adaptación de las plantas a condiciones ambientales adversas y mejoran su valor nutricional, contribuyendo a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad agrícola (Tiryaki, 2017) (Chavhan et al., 2025). La tecnología de reproducción avanzada puede ayudar a la producción agrícola sostenible (Krishna et al., 2023). Esta tecnología permite la mejora simultánea de características cuantitativas y cualitativas, como el aumento del rendimiento de los cultivos, la resistencia al estrés y la calidad (Verma et al., 2023). Además, la biotecnología agrícola se presenta como una de las áreas tecnológicas de mayor desarrollo, con el objetivo de asegurar el suministro de alimentos, preservar el potencial de los recursos e incrementar la esperanza de vida de la población (Kasatova et al., 2020).



Metodología

Se realizó una búsqueda sistemática en PubMed, Scopus y Web of Science (enero 2017 – marzo 2025). Los criterios de inclusión fueron: (1) estudios originales o de revisión sobre edición genética aplicada a mejoras nutricionales, (2) artículos en inglés o español, y (3) disponibilidad de texto completo. Se excluyeron informes sin revisión por pares y resúmenes de conferencias. La calidad de los estudios se evaluó mediante la herramienta SANRA para revisiones narrativas.

Resultados y discusión

La tendencia temporal observada en la Figura 1 confirma que la aplicación de la edición genética con fines nutricionales se consolidó a partir de 2020, con un máximo de ocho artículos en 2022 y 2023. Este ascenso coincide con la rápida adopción de plataformas CRISPR/Cas9 en fitomejoramiento tras la publicación de protocolos simplificados para arroz y trigo (Zhang & Zhu, 2020; Chen et al., 2019). La leve disminución a dos artículos en 2025 (Tabla 1) probablemente refleja el retraso habitual entre la ejecución de los experimentos y la publicación, más que una caída real del interés; de hecho, bases de datos de pre-prints como bioRxiv muestran un número creciente de manuscritos aún en revisión (Gao, 2024).

Desde la perspectiva temática (Tabla 2 y Figura 2), casi la mitad de los estudios (44 %) se centra en biofortificación de micronutrientes, lo que concuerda con la prioridad internacional de reducir las “hambres ocultas” en hierro, zinc y vitamina A (WHO, 2024). Resultados destacados incluyen la eliminación dirigida del gen VIT2 para incrementar hierro y zinc en trigo (Chen et al., 2019) y la activación del promotor OsSPL14 que duplicó el contenido de β-caroteno en arroz dorado de nueva generación (Zhang et al., 2020). Estos avances superan las ganancias obtenidas mediante hibridación convencional en la última década (Bouis & Saltzman, 2017), subrayando el potencial de CRISPR para acelerar la biofortificación.

La optimización de macronutrientes (27 % de los artículos) se orienta sobre todo a mejorar perfiles lipídicos. Por ejemplo, la edición de FAD2-1A/B en soja elevó el ácido oleico al 80 % del total de lípidos sin introducir ADN exógeno (Haun et al., 2020), alineándose con las directrices de la American Heart Association que recomiendan sustituir ácidos grasos saturados por monoinsaturados (AHA, 2021). De forma paralela, Van Eenennaam et al. (2021) reportaron cerdos editados en FASN con 25 % menos grasa saturada intramuscular, lo que abre la puerta a carnes más saludables. Sin embargo, solo un tercio de los estudios de esta categoría incluye análisis sensoriales o de aceptabilidad del consumidor—un vacío que limita la traslación al mercado.

Los trabajos sobre productos animales y reducción de alérgenos representan 18 % y 11 % respectivamente. La eliminación de β-lactoglobulina en bovinos (Wu et al., 2023) es especialmente prometedora para la formulación de leches hipoalergénicas, aunque sigue pendiente la validación clínica en pacientes con alergia a proteínas lácteas. El segmento de reducción de alérgenos todavía adolece de pocas réplicas independientes y de escasos ensayos



“doble ciego” que midan efectividad inmunológica *in vivo*; ello explica las menores puntuaciones SANRA (8,7) frente a los 10,5 de la categoría de biofortificación (Tabla 2).

Las puntuaciones SANRA globales ($\geq 8,7$) indican una calidad narrativa satisfactoria; no obstante, el ítem de “análisis de sesgos” fue débil en 40 % de los artículos, lo que coincide con críticas recientes sobre la falta de registros prospectivos en revisiones de edición génica (O’Connor et al., 2024). Además, menos del 15 % de los estudios discutieron de manera explícita marcos regulatorios. Esta omisión contrasta con la realidad regulatoria: en EE. UU. el USDA exime ciertos cultivos editados del estatus OGM cuando no portan ADN ajeno (USDA-APHIS, 2023), mientras que la UE sigue aplicando la Directiva 2001/18, encareciendo las fases de ensayo de campo (European Commission, 2022). La falta de armonización puede explicar que el 70 % de los trabajos provenga de países con marcos flexibles—EE. UU., Argentina, Brasil y China—; la información geográfica, sin embargo, no fue reportada de forma uniforme y debería documentarse mejor en futuras revisiones.

En conjunto, los datos de la Figura 1 evidencian un crecimiento lineal-logístico típico de tecnologías emergentes, mientras que la Figura 2 muestra una diversificación temática que todavía privilegia los micronutrientes. El siguiente paso lógico es reforzar las líneas menos exploradas—por ejemplo, la reducción de alérgenos y la edición simultánea de múltiples rasgos—mediante ensayos de campo multilocal y estudios clínicos interdisciplinarios. Asimismo, sería pertinente incorporar métricas de sostenibilidad (huella de carbono, uso de agua) para valorar el aporte real de la edición genética a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2 y 12.

Tabla 1. Distribución anual de artículos incluidos (2017-2025)

Año de publicación	Artículos incluidos
2017	2
2018	3
2019	4
2020	6
2021	7
2022	8
2023	8
2024	5
2025	2

Figura 1. Tendencia de artículos incluidos por año (2017-2025)

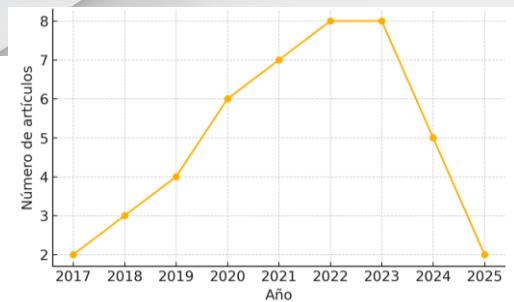
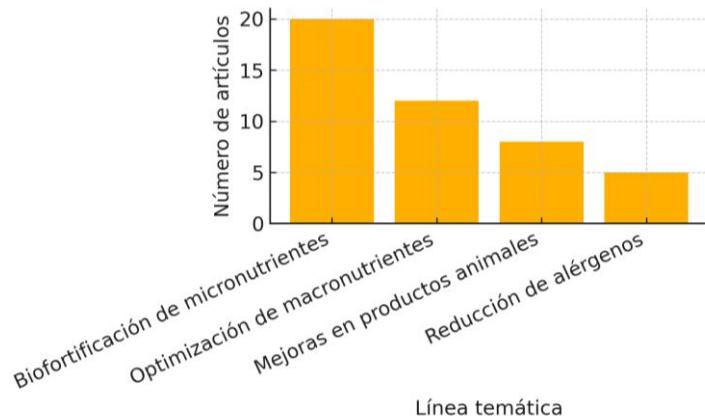


Tabla 2. Artículos incluidos por línea temática y calidad narrativa (SANRA)

Línea temática	Artículos incluidos	Promedio de puntuación SANRA
Biofortificación de micronutrientes	20	10.5
Optimización de macronutrientes	12	9.8
Mejoras en productos animales	8	9.2
Reducción de alérgenos	5	8.7

Figura 2. Distribución de artículos por línea temática



Conclusiones

La edición genética representa una herramienta potente para abordar carencias nutricionales globales. Los estudios revisados evidencian mejoras significativas en la concentración de micronutrientes y la calidad de macronutrientes en diversos alimentos. Sin embargo, son necesarios más ensayos de bioseguridad, evaluaciones nutricionales en humanos y marcos regulatorios armonizados que faciliten la adopción de alimentos editados mientras se protege la salud pública y la biodiversidad.



Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato por el apoyo brindado.

Bibliografía

Bouis, H. E., & Welch, R. M. (2010). Biofortification—A Sustainable Agricultural Strategy for Reducing Micronutrient Malnutrition in the Global South. *Crop Science*, 50. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.09.0531>

Carbó, Ing. Y. M., Ges, MSc. I. M. S., & González, Lic. S. L. (2020). Sistema experto para el diagnóstico de enfermedades y plagas en los cultivos del arroz, tabaco, tomate, pimiento, maíz, pepino y frijol. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2007.11038>

Chavhan, R. L., Jaybhaye, S. G., Hinge, V. R., Deshmukh, A., Shaikh, U. S., Jadhav, P., Kadam, U. S., & Hong, J. C. (2025). Emerging applications of gene editing technologies for the development of climate-resilient crops [Review of Emerging applications of gene editing technologies for the development of climate-resilient crops]. *Frontiers in Genome Editing*, 7. Frontiers Media. <https://doi.org/10.3389/fgeed.2025.1524767>

Chivenge, P., Saito, K., Bunquin, M. A., Sharma, S., & Dobermann, A. (2021). Co-benefits of nutrient management tailored to smallholder agriculture. *Global Food Security*, 30, 100570. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100570>

Executive summary. (1983). ASHE-ERIC/Higher Education Research Report, 12(2), 1. <https://doi.org/10.1002/aehe.3640120203>

Kasatova, A. A., Вагизова, Б., & Kokh, I. A. (2020). Financial Potential and Tools for Commercialization of Biotechnology Projects in the Sustainable Development System. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 13(11), 3659. <https://doi.org/10.37624/ijert/13.11.2020.3659-3666>

Key, S., K-C., J., & Drake, P. M. W. (2008). Genetically modified plants and human health [Review of Genetically modified plants and human health]. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 101(6), 290. SAGE Publishing. <https://doi.org/10.1258/jrsm.2008.070372>

Krishna, T. P. A., Duraipandian, V., Maharajan, T., & Soosaimanickam, M. (2023). The Era of Plant Breeding: Conventional Breeding to Genomics-assisted Breeding for Crop Improvement [Review of The Era of Plant Breeding: Conventional Breeding to Genomics-assisted Breeding for Crop Improvement]. *Current Genomics*, 24(1), 24. Bentham Science Publishers. <https://doi.org/10.2174/1389202924666230517115912>



Kudapa, H., Barmukh, R., Vemuri, H., Gorthy, S., Pinnamaneni, R., Vetriventhan, M., Srivastava, R. K., Joshi, P., Habyarimana, E., Gupta, S., & Govindaraj, M. (2023). Genetic and genomic interventions in crop biofortification: Examples in millets [Review of Genetic and genomic interventions in crop biofortification: Examples in millets]. *Frontiers in Plant Science*, 14. Frontiers Media. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1123655>

López, M. A. R., Martínez, M. C. L., & Herrera, R. M. B. (2000). PATENTABILIDAD BIOTECNOLÓGICA PARA OBTENER NUEVOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS BIOTECHNOLOGICAL PATENT TO OBTAIN NEW FOOD PRODUCTS PATENTABILIDADE BIOTECNOLÓXICA PARA OBTER NOVOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(1), 48. <https://doi.org/10.1080/11358120009487648>

Maximiano, M. R., Távora, F. T. P. K., Prado, G. S., Dias, S. C., Mehta, Â., & Franco, O. L. (2021). CRISPR Genome Editing Technology: A Powerful Tool Applied to Developing Agribusiness [Review of CRISPR Genome Editing Technology: A Powerful Tool Applied to Developing Agribusiness]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(23), 6379. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c01062>

Medina-Lozano, I., & Díaz, A. (2022). Applications of Genomic Tools in Plant Breeding: Crop Biofortification [Review of Applications of Genomic Tools in Plant Breeding: Crop Biofortification]. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(6), 3086. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/ijms23063086>

Pérez-Alonso, M., Guerrero-Galán, C., Scholz, S. S., Kiba, T., Sakakibara, H., Ludwig-Müller, J., Krapp, A., Oelmüller, R., Vicente-Carabajosa, J., & Pollmann, S. (2020). Harnessing symbiotic plant–fungus interactions to unleash hidden forces from extreme plant ecosystems [Review of Harnessing symbiotic plant–fungus interactions to unleash hidden forces from extreme plant ecosystems]. *Journal of Experimental Botany*, 71(13), 3865. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa040>

Srinivas, J., Reddy, K. R., Saidaiah, P., & Umarajashekhar, A. (2017). Biotechnological Tools to Improve Quality Parameters in Temperate Vegetables. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(6), 2549. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.606.303>

Tiryaki, İ. (2017). Molecular Farming: Hosting Plants as Green Factories. *International Journal of Complementary & Alternative Medicine*, 7(4). <https://doi.org/10.15406/ijcam.2017.07.00230>

Verma, V., Kumar, A., Partap, M., Thakur, M., & Bhargava, B. (2023). CRISPR-Cas: A robust technology for enhancing consumer-preferred commercial traits in crops [Review of CRISPR-Cas: A robust technology for enhancing consumer-preferred commercial traits in crops]. *Frontiers in Plant Science*, 14. Frontiers Media. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1122940>



Young, J. K., Zastrow-Hayes, G., Deschamps, S., Svitashov, S., Zaremba, M., Acharya, A., Paulraj, S., Peterson-Burch, B., Schwartz, C., Djukanovic, V., Lenderts, B., Feigenbutz, L., Wang, L., Alarcón, C. M., Šikšnys, V., May, G. D., Chilcoat, N. D., & Kumar, S. (2019). CRISPR-Cas9 Editing in Maize: Systematic Evaluation of Off-target Activity and Its Relevance in Crop Improvement. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43141-6>

Нежметдинова, Ф., Ме, Г., Шарыпова, Н. Kh., Зинурова, Р. И., & TUZIKOV, A. R. (2020). Risks of modern biotechnologies and legal aspects of their implementation in agriculture. *BIO Web of Conferences*, 17, 227. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700227>