



Biofortificación con micronutrientes: Clave para combatir la desnutrición y contribuir a la seguridad alimentaria

Esteban Sánchez-Chavez^{1*}
Sandra Pérez-Alvarez²
Ezequiel Muñoz-Márquez¹
Carlos Abel Ramírez-Estrada¹
Julio César Anchondo Páez¹


¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Delicias. Av. Cuarta Sur # 3820, Fracc. Vencedores del Desierto. C.P. 33089. Cd. Delicias, Chihuahua, México.

² Universidad Autónoma de Chihuahua –Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Km. 2.5, carretera Delicias-Rosales, Campus Delicias. C.P. 33000. Cd. Delicias, Chihuahua, México.

*Autor para correspondencia: esteban@ciad.mx

La desnutrición por micronutrientes y la inseguridad alimentaria son problemas globales que repercuten en la salud pública mundial. La biofortificación con micronutrientes se presenta como una solución innovadora para abordar este desafío global y garantizar la seguridad alimentaria. Actualmente, existen tres principales técnicas de biofortificación: agronómica, genética y biotecnológica.

Introducción



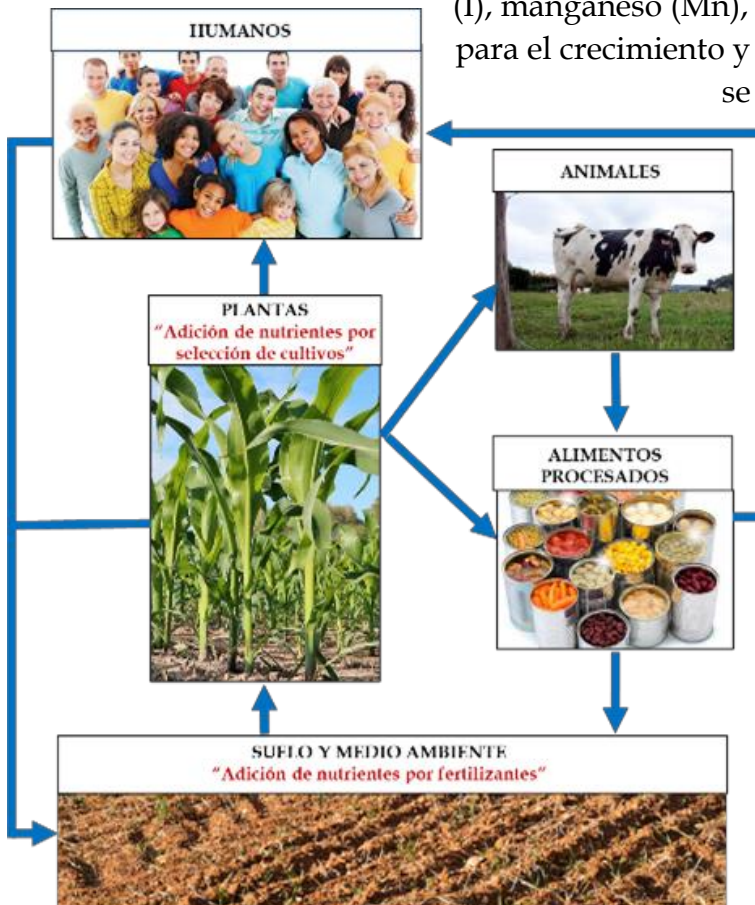
Actualmente, la desnutrición por micronutrientes y la inseguridad alimentaria son problemas globales que repercuten en la salud pública mundial, especialmente en comunidades pobres del sector urbano y rural de países en desarrollo. A menudo, la desnutrición no se limita simplemente a la falta de alimentos, sino también a la falta de nutrientes esenciales. Por otro lado, la cantidad y calidad inadecuadas de alimentos disponibles para su consumo son agentes causantes de deficiencias de micronutrientes. Así mismo, la deficiencia nutricional ha sido ocasionada, en parte, por la agricultura moderna que impulsa, principalmente, un mayor rendimiento a menor costo, dejando de lado la calidad nutricional de los cultivos.



Además, las deficiencias de micronutrientes en el suelo ocurren principalmente debido al exceso de uso de fertilizantes que exigen las variedades de cultivos de alto rendimiento, junto con la falta de suplementación con micronutrientes. En este contexto, la biofortificación con micronutrientes se presenta como una solución prometedora e innovadora para abordar este desafío global y garantizar la seguridad alimentaria.

Biofortificación: Solución innovadora

La biofortificación con micronutrientes de los cultivos básicos se presenta como una herramienta útil para combatir desnutrición de micronutrientes y seguridad alimentaria. La biofortificación es una estrategia agrícola que consiste en mejorar el contenido de nutrientes esenciales, conocidos como micronutrientes, en los alimentos que consumimos a través de la selección y mejora de los cultivos. Estos micronutrientes incluyen minerales como hierro (Fe), zinc (Zn), selenio (Se), yodo (I), manganeso (Mn), y cobre (Cu) que son fundamentales para el crecimiento y desarrollo humano. La biofortificación se logra mediante la selección de



variedades de plantas que acumulan naturalmente estos nutrientes en cantidades más altas o mediante la adición de nutrientes a través de fertilizantes específicos durante el proceso de cultivo (Figura 1).

Figura 1. Rutas claves del ciclo de nutrientes para enriquecer los niveles de nutrientes en los seres humanos partiendo del suelo y medio ambiente a través de las plantas, animales y alimentos procesados.



Micronutrientes: Importancia en la salud humana

Los nutrientes desempeñan un papel esencial en la salud humana. La deficiencia de micronutrientes, conocida como “hambre oculta”, puede tener graves consecuencias para la salud humana (Figura 2). La falta de zinc puede afectar el crecimiento, el sistema inmune, la función reproductiva, el desarrollo neurológico y está asociada a la morbilidad y mortalidad; mientras que la deficiencia de hierro provoca anemia, baja resistencia a infecciones, reduce la capacidad de aprendizaje y es causa del lento crecimiento. Por lo que, la biofortificación se convierte en una herramienta efectiva para abordar estas deficiencias y mejorar la salud de las poblaciones vulnerables.

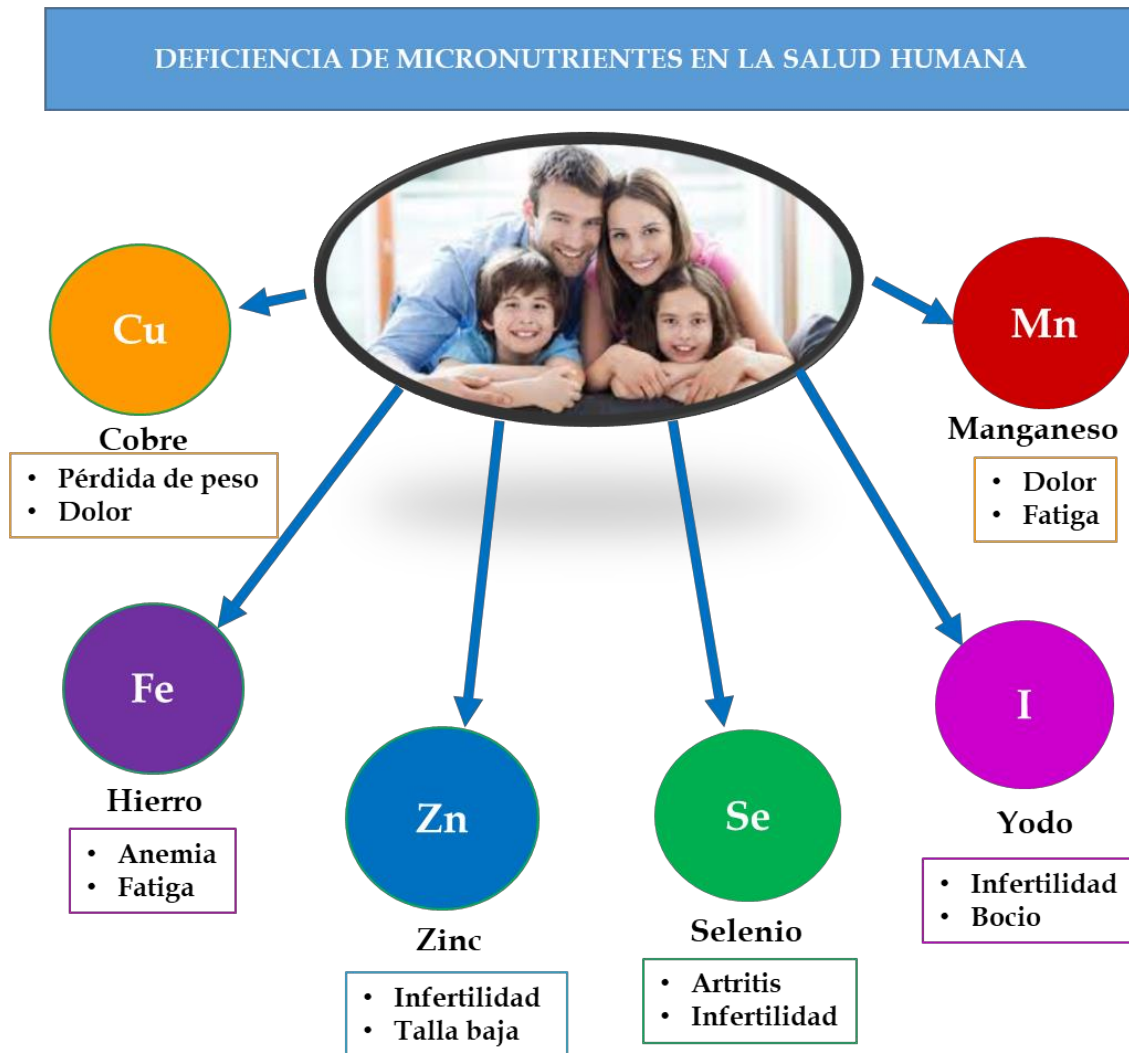


Figura 2. Efectos de la deficiencia de micronutrientes en la salud humana.



Estrategias de biofortificación en cultivos agrícolas

Actualmente, existen tres técnicas de enriquecimiento de micronutrientes para incrementar la cantidad en las porciones comestibles (Figura 3).

Biofortificación agronómica. Es una de las técnicas más utilizadas, económicas y eficientes. Por medio de la cual, se incrementan la concentración de micronutrientes esenciales en las partes comestibles de las plantas mediante la fertilización al suelo y/o aplicado al follaje. En estudios recientes, se ha visto que la fertilización con micronutrientes aplicada al follaje pudiera ser más eficiente que la fertilización al suelo, debido a que los nutrientes son más fácilmente absorbidos por las hojas en comparación a las raíces cuando se aplican al suelo. Sin embargo, la aplicación al suelo asegura un nivel suficiente de nutrientes para la absorción de raíces, mientras que la aplicación foliar aumenta la cantidad de nutrientes en la hoja para su transporte a otras partes de la planta especialmente la parte comestible de la planta.

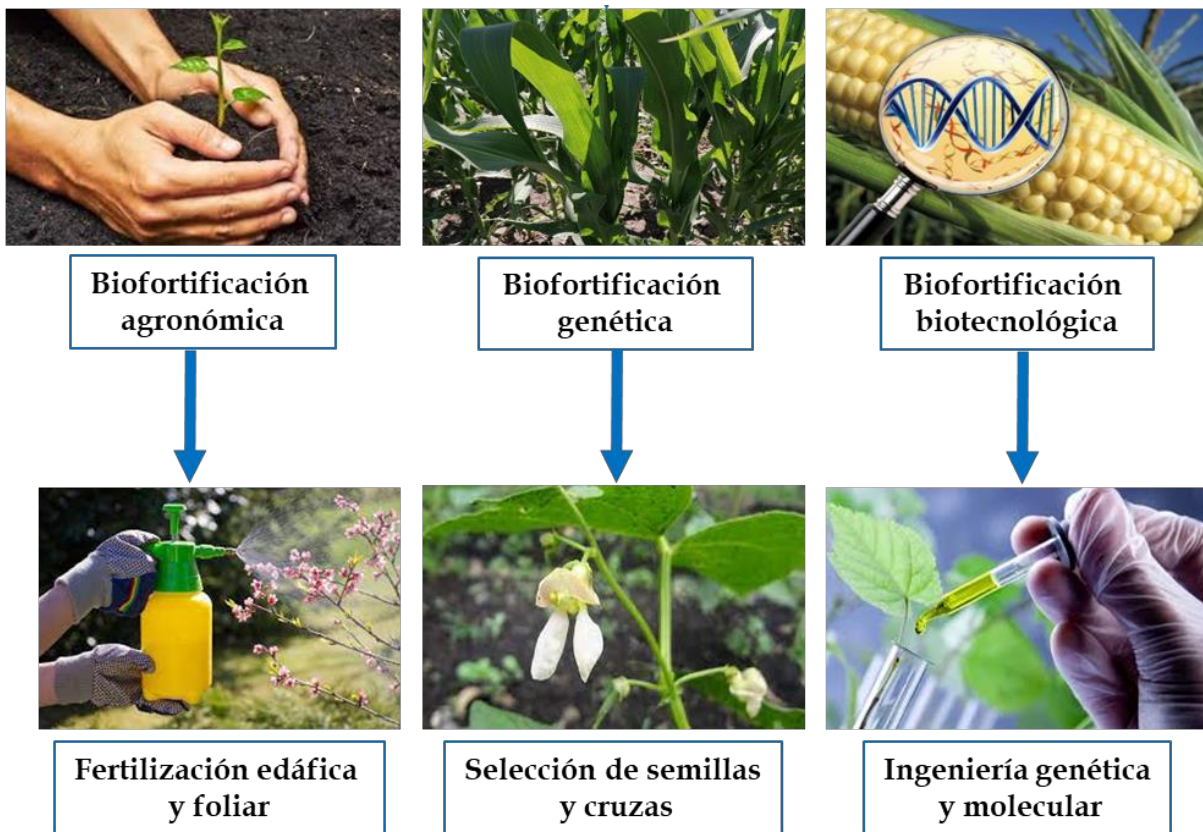


Figura 3. Técnicas de enriquecimiento de micronutrientes en plantas.



Biofortificación genética. También conocido como fitomejoramiento convencional, el cual consiste en seleccionar variedades de alto rendimiento y con un elevado contenido de nutrientes de interés y que al momento de cruzarlas produzcan plantas con características agronómicas y nutricionales deseables. Este enfoque de enriquecimiento podría ser más eficiente. Esta técnica no sólo mejora los rendimientos sino también la calidad nutricional de los cultivos. La biofortificación mediante este enfoque incluye la selección de genotipos eficientes, la práctica del cruce de plantas con características nutricionales deseables sin sacrificar la productividad agrícola y económica.

Biofortificación biotecnológica. Esta técnica implica la manipulación de genes para el movimiento de micronutrientes entre tejidos con el fin de mejorar su biodisponibilidad y aumentar su eficacia. La biofortificación genética junto con los métodos biotecnológicos son una gran herramienta para mejorar el nivel de micronutrientes en nuevos cultivares de cultivos de interés comercial.

Biofortificación: Herramienta para la seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria es un objetivo fundamental en la lucha contra el hambre y la malnutrición. La biofortificación contribuye a la seguridad alimentaria al diversificar las fuentes de nutrientes y fortalecer los sistemas alimentarios. Cuando los cultivos se vuelven más resistentes a las plagas y las condiciones climáticas adversas, se reduce la pérdida de cultivos y se garantiza un suministro más estable de alimentos. Además, al mejorar la calidad nutricional de los cultivos, se abordan las deficiencias de micronutrientes, lo que tiene un impacto positivo en la salud de las poblaciones.

Conclusiones

La biofortificación con micronutrientes es una solución prometedora e innovadora para abordar el desafío de desnutrición por micronutrientes y garantizar la seguridad alimentaria de cultivos agrícolas básicos en comunidades pobres del sector urbano y rural. Una perspectiva a futuro es que los jóvenes investigadores trabajen en el enriquecimiento de nutrientes vegetales mediante nanofertilizantes que es un área de investigación emergente. El estudio de la biofortificación con micronutrientes es una ventana de oportunidad para su difusión y divulgación para el público en general y para los jóvenes investigadores, para que amplíen la investigación de frontera hacia otros cultivos de interés nutricional y cultural de nuestro país. Así mismo, se requieren alianzas entre el gobierno, la academia y la sociedad para transformar en una estrategia integral, el tema de biofortificación con micronutrientes.





Literatura recomendada



Dhaliwal, S. S., Sharma, V., Shukla, A. K., Verma, V., Kaur, M., Shivay, Y. S., & Hossain, A. (2022). Biofortification-A frontier novel approach to enrich micronutrients in field crops to encounter the nutritional security. *Molecules* 27(4), 1340.

Herrera, M. P. (2011). La biofortificación del arroz con micronutrientes: una estrategia nutricional que puede ser sostenible en Cuba. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición* 21(1), 153-158.

Montoya, A. M. A., & García, V. C. (2020). Biofortificación con micronutrientes: una estrategia nutricional para dietas saludables. *Revista Universidad Católica de Oriente* 31(45), 116-133.

Semblanzas de autores

Dr. Esteban Sánchez Chávez. Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3, líder del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas, Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortofrutícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Dra. Sandra Pérez Álvarez. Profesora titular C de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Del SNII nivel 1, líder del grupo disciplinar "Manejo sustentable de sistemas agrícolas y forestales" trabajando la LGAC Manejo de los recursos naturales para la mejora integral de sistemas agrícolas y forestales. Tiene más de 40 publicaciones en revistas indexadas, 18 capítulos de libros publicados, 8 de ellos con editorial Springer y 2 libros.

Dr. Ezequiel Muñoz Márquez. Técnico Académico del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Coordinación Delicias, Chihuahua. Miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Nutrición de cultivos hortofrutícolas, Fitopatología Nanotecnología aplicada a la agricultura.

M.C. Carlos Abel Ramírez Estrada. Maestría en ciencias, con terminación en Horticultura, estudiante de doctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) y miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal.

M.C. Julio César Anchondo Páez. Estudiante de doctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación en las cuales se trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

