

Capítulo 5

Compuestos bioactivos en maíces nativos mexicanos y su impacto en la salud pública

Karen Seydel García-Melo¹

Gabriel Hernández Hernández²

Diana Matías Pérez

Carlos Francisco Varapizuela-Sánchez^{2*}

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26004860>



¹ SECIHTI-Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca, México.

² Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca, México. *carlos.varapizuela@itoaxaca.edu.mx.

Resumen

El maíz constituye uno de los cultivos más importantes a nivel mundial y representa la base de alimentación en México, donde además posee un profundo valor cultural, económico y biológico. La diversidad genética del maíz mexicano, resultado de procesos históricos de domesticación y selección campesina, ha dado origen a numerosas razas y variedades locales que presentan diferencias morfológicas, agronómicas y nutricionales. En los últimos años, el interés científico por este cereal se ha incrementado debido a la presencia de compuestos bioactivos, tales como flavonoides, antocianinas, carotenoides, compuestos fenólicos y fibra dietética, los cuales han mostrado efectos potencialmente benéficos para la salud humana.

El objetivo de este capítulo es analizar la diversidad de compuestos bioactivos presentes en maíces nativos de México, describir sus principales mecanismos biológicos y discutir su posible contribución a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles. Asimismo, se revisa el papel del procesamiento tradicional del maíz, particularmente la nixtamalización, en la modificación de la disponibilidad de este alimento básico que representa una fuente relevante de metabolitos con potencial funcional y nutracéutico.

1. Introducción

A nivel mundial, el maíz es uno de los tres cereales más cultivados junto con el trigo y el arroz, contribuyendo de manera significativa a la seguridad alimentaria global; si no también su elemento central del patrimonio biocultural de las comunidades rurales e indígenas. Además de su origen como alimento humano, el maíz constituye una materia prima importante en la industria pecuaria, farmacéutica y biotecnológica (1).

México es reconocido internacionalmente como el principal centro de origen, domesticación y diversificación del maíz, proceso que remonta

a la domesticación del teocintle hace aproximadamente 9000 años. Esta larga historia evolutiva ha generado una extraordinaria diversidad genética representada por números razas y variedades locales adaptadas a distintos ambientes ecológicos y culturales (2).

Actualmente se han descrito más de 250 razas de maíz en el continente americano, de las cuales alrededor de 59 se encuentran en México, lo que posiciona al país como uno de los principales centros de diversidad del cultivo (3). Esta diversidad genética se refleja en una variabilidad fenotípica, incluyendo diferencias en tamaño, forma, textura y color del grano, siendo los maíces blancos, amarillos, rojos y azules los más representativos en los sistemas agrícolas tradicionales. Por ejemplo, los maíces pigmentados ampliamente cultivados en regiones del sur de México, particularmente en los estados de Oaxaca, Chiapas y Puebla, han mostrado concentraciones significativamente mayores de compuestos fenólicos y antocianinas en comparación con los maíces blancos convencionales. Esta variabilidad química sugiere que la conservación y estudio de los maíces nativos podrían contribuir al desarrollo de estrategias alimentarias orientadas a mejorar la calidad nutricional de la dieta (4).

Además de su importancia alimentaria, el maíz constituye una fuente relevante de compuestos bioactivos, los cuales incluyen polifenoles, flavonoides, antocianinas, carotenoides y fibra dietética. Estos metabolitos secundarios no solo son esenciales desde el punto de vista nutricional clásico; sin embargo, diversos estudios han demostrado que poseen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, hipoglucemiantes y cardioprotectoras, lo que ha despertado un creciente interés científico en su potencial nutraceutico (3).

En particular, los maíces pigmentados, como los azules, morados y negros, representan concentraciones significativamente mayores de compuestos fenólicos y antocianinas en comparación con los maíces blancos o amarillos. Estos pigmentos naturales están asociados con una elevada capacidad antioxidante y con efectos protectores frente a enfermedades crónicas no transmisibles (5).

El interés por estos compuestos se intensifica en un contexto en el que México enfrenta una elevada prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles, tales como obesidad, diabetes tipo 2, hipertensión arterial

y enfermedades cardiovasculares. Estos padecimientos representan una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en el país y están estrechamente relacionados con patrones alimentarios y el estilo de vida de la población. En este sentido, la investigación sobre los compuestos bioactivos presentes en alimentos tradicionales como el maíz adquiere una relevancia particular para el desarrollo de estrategias de prevención y promoción de la salud (6).

Asimismo, debe considerarse que la forma tradicional del consumo de maíz en México está estrechamente vinculada al proceso de nixtamalización, un tratamiento alcalino que modifica las propiedades físicas, químicas y nutricionales del grano. Durante este proceso se producen cambios importantes en la biodisponibilidad de nutrientes y compuestos bioactivos, pudiendo incrementar la disponibilidad de algunos minerales y compuestos fenólicos, mientras que otros metabolitos sensibles al calor pueden degradarse parcialmente. Estos cambios generan perfiles nutricionales y funcionales complejos que continúan siendo objeto de investigación (7).

Además, el valor nutricional básico del maíz como fuente de carbohidratos complejos, proteínas vegetales y micronutrientes, en las últimas décadas ha suscitado un creciente interés por el contenido de compuestos bioactivos. Estos metabolitos secundarios, presentes principalmente en el pericarpio, la capa de aleurona y el germen del grano, pueden ejercer efectos fisiológicos que contribuyen al mantenimiento de la salud humana. Diversas investigaciones han demostrado que compuestos como polifenoles, flavonoides y carotenoides participan en la modulación de procesos metabólicos asociados con la inflamación, el metabolismo de la glucosa y el equilibrio redox celular, lo que ha llevado a considerar al maíz como un alimento con potencial funcional dentro de la dieta tradicional mexicana (8). Por lo tanto, comprender la composición de compuestos bioactivos en los maíces mexicanos y su posible impacto en la salud humana representa un tema de gran interés tanto de la perspectiva nutricional como de salud pública.

En este trabajo se aborda de forma integral la composición de compuestos bioactivos presentes en los maíces mexicanos, se examina su mecanismo de acción y sus efectos potenciales sobre la salud humana, así como su impacto en la salud pública, considerando las necesidades nutricionales y epidemiológicas actuales en la población mexicana.

2. Compuestos bioactivos en maíces de México

Los flavonoides constituyen uno de los grupos más importantes de metabolitos secundarios fenólicos presentes en plantas superiores, que incluyen subclases como flavonas, flavonoles, flavononas, isoflavonas y antocianinas. Estos compuestos derivan biosintéticamente de la vía del fenilpropanoide, el cual se origina a partir del aminoácido fenilalanina, y da lugar a una amplia diversidad de metabolitos con funciones fisiológicas y ecológicas relevantes (9).

En el maíz, muchos de estos compuestos se localizan principalmente en las capas externas del grano; su distribución y concentración están estrechamente relacionadas con la pigmentación del grano, lo que explica que los maíces de color azul, rojo o morado presenten generalmente mayores niveles de flavonoides en comparación con los maíces blancos o amarillos. Además, su función fisiológica en la planta; diversos flavonoides del maíz han sido objeto de interés por sus posibles beneficios para la salud humana. Estudios recientes sugieren que estos compuestos pueden actuar como moduladores de rutas metabólicas asociadas con la inflamación, el metabolismo de los lípidos y la regulación del estrés oxidativo. La capacidad de los flavonoides de neutralizar los radicales libres y quelar metales de transición contribuye a su efecto protector frente al daño oxidativo celular, proceso que se encuentra implicado en el desarrollo de diversas enfermedades crónicas (10).

Los flavonoides en el maíz cumplen múltiples funciones biológicas, incluyendo la protección contra radiación ultravioleta, la defensa frente a herbívoros y patógenos, así como la regulación de procesos reproductivos como la viabilidad del polen y el desarrollo del grano. Entre las principales clases de flavonoides identificadas en maíz se encuentran antocianinas, flavonas, flavonoles e isoflavonoides, compuestos que constituyen tanto al color del grano como a sus propiedades bioactivas (9).

La concentración y distribución de flavonoides en la planta de maíz varía significativamente dependiendo de la variedad, tejido vegetal y condiciones ambientales. Por ejemplo, compuestos como eriodictiol, luteolina, isoorientina y maysina se encuentran distribuidos diferencialmente como polen, flores, sedas y semillas, lo que refleja una regularización genética de biosíntesis de flavonoides entre distintas variedades de maíz (11).

Estudios recientes basados en enfoques integrados de metabolómica y transcriptómica han permitido identificar 90 metabolitos secundarios asociados a la germinación del maíz, así como la participación de múltiples genes implicados en la regulación de la ruta biosintética de flavonoides. Estos estudios han demostrado que la acumulación de flavonoides se encuentra estrechamente regulada durante el desarrollo del grano y puede responder a factores ambientales y fisiológicos (12).

Desde el punto de vista nutricional y biomédico, los flavonoides del maíz han mostrado una notable actividad antioxidante, contribuyendo a la neutralización de especies reactivas de oxígeno y a la reducción del estrés oxidativo. Este efecto resulta particularmente relevante debido a que el estrés oxidativo está implicado en la fitopatología de diversas enfermedades crónicas, incluyendo diabetes, enfermedades cardiovasculares y procesos inflamatorios crónicos (8).

Diversos estudios experimentales han evidenciado que extractos ricos en flavonoides obtenidos del maíz poseen propiedades antioxidantes, hipoglucemiantes e hipolidélicas. En modelos animales con diabetes inducida por estreptozotocina, estos compuestos han demostrado reducir los niveles de glucosa sanguínea y mejorar los marcadores de estrés oxidativo, lo que sugiere su potencial aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales o nutraceuticos (11).

Asimismo, algunos flavonoides aislados de maíz han demostrado capacidad para inhibir la enzima tirosinasa, la que abre la posibilidad de aplicaciones farmacológicas y cosméticas relacionadas con procesos de pigmentación y envejecimiento celular (13).

2.1 Maysina

Entre los flavonoides característicos del maíz destaca la maysina, una flavona C-glicosilada que se encuentra principalmente en las sedas de la planta. Este compuesto ha sido ampliamente estudiado por su papel en los mecanismos de defensa del maíz contra insectos herbívoros, particularmente contra larvas de lepidópteros. Sin embargo, investigaciones recientes también han explorado su potencial actividad antioxidante y su posible aplicación en el desarrollo de compuestos bioactivos con

propiedades funcionales. La presencia de maysina y otros flavonoides relacionados evidencia la complejidad metabólica del maíz y su potencial como fuente de compuestos de interés (8).

2.2 Polifenoles y antocianinas

Los polifenoles comprenden un grupo de metabolitos secundarios caracterizados por la presencia de anillos aromáticos con grupos hidroxilos, entre los que destacan los ácidos fenólicos (principalmente ácido ferúlico y p-cumárico), flavonoides y antocianinas. En el grano, estos compuestos se encuentran de forma libre, asociados a la pared celular mediante enlaces con polisacáridos estructurales del pericarpio, lo que influye en su biodisponibilidad. La capacidad antioxidante de los polifenoles se relaciona con su estructura química, particularmente en la presencia de grupos fenólicos capaces de donar electrones y neutralizar radicales libres (14).

Las antocianinas constituyen un grupo de pigmentos hidrosolubles perteneciente a la familia de los flavonoides, responsables de las tonalidades rojas, púrpuras y azules, presentes en diversos tejidos vegetales. En el caso del maíz, estos compuestos se encuentran principalmente en el pericarpio y en la capa de aleurona de los granos pigmentados, como los maíces azules y morados ampliamente cultivados en diversas regiones de México (10).

Desde el punto de vista nutricional, las antocianinas han sido ampliamente reconocidas por su elevada actividad antioxidante. Estos compuestos pueden neutralizar radicales libres, reducir estrés oxidativo y modular diversas rutas metabólicas asociadas a procesos inflamatorios. Diversos estudios epidemiológicos y experimentales han sugerido que el consumo regular de alimentos ricos en antocianinas puede contribuir a la reducción del riesgo de diversas enfermedades (15).

2.3 Carotenoides

Los carotenoides son pigmentos liposolubles responsables de las tonalidades amarillas y anaranjadas presentes en varios vegetales, incluyendo el maíz. Entre los carotenoides más comunes identificados en grano

de maíz, donde se encuentran la luteína, la zeaxantina y el β -caroteno, compuestos que desempeñan funciones importantes tanto en la fisiología de la planta como en la nutrición humana (8).

Desde la perspectiva de la salud pública, los carotenoides del maíz han sido asociados con beneficios para la salud ocular, principalmente en la prevención de la generación macular relacionada con la edad. La luteína y la zeaxantina, por ejemplo, actúan como filtros naturales de la luz azul en la retina y contribuyen a la protección de las células oculares frente al daño oxidativo (16).

2.4 Actividad antioxidante y metabolismo

Los compuestos fenólicos presentes en el maíz particularmente ácidos fenólicos, desde el punto de vista bioquímico estos metabolitos secundarios pueden neutralizar especies reactivas de oxígeno (ROS) mediante la donación de electrones o átomos de hidrógeno, contribuyendo a reducir el estrés oxidativo celular. Este mecanismo resulta relevante en la prevención del daño oxidativo en biomoléculas como lípidos, proteínas y ADN, procesos estrechamente asociados como el desarrollo de enfermedades crónicas como la diabetes mellitus tipo 2, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (11).

2.5 Nixtamalización y biodisponibilidad de compuestos bioactivos

La nixtamalización constituye uno de los procesos tecnológicos tradicionales más importantes asociados al consumo de maíz de Mesoamérica; este tratamiento alcalino, que implica la cocción del grano en agua de hidróxido de calcio, provoca cambios físicos y químicos significativos en la estructura del grano, modificando la disponibilidad de nutrientes y compuestos bioactivos (17).

Durante la nixtamalización se pueden liberar compuestos fenólicos previamente ligados a la matriz celular del grano, lo que puede incrementar su disponibilidad. Asimismo, el proceso contribuye al aumento del contenido de calcio en el alimento final, mejora la digestibilidad del

almidón y reduce la presencia de algunos compuestos antinutricionales. Sin embargo, algunos metabolitos sensibles al calor pueden sufrir degradación parcial durante el proceso térmico. Por lo tanto, la nixtamalización genera un perfil nutricional complejo que influye directamente en el valor funcional del maíz dentro de la dieta tradicional.

2.6 Prevención de enfermedades crónicas

En el contexto de salud pública, el consumo regular de alimentos ricos en compuestos bioactivos provenientes del maíz ha sido asociado con diversos efectos protectores sobre la salud metabólica. Estudios recientes sugieren que dietas que incorporan maíces pigmentados o productos derivados ricos en polifenoles y carotenoides pueden contribuir a la mejora de parámetros metabólicos como los niveles de glucosa de sangre, el perfil lipídico y la sensibilidad de la insulina. Estos efectos se relacionan con la capacidad de los compuestos fenólicos para modular procesos inflamatorios, mejorar la homeostasis redox y regular enzimas implicadas en el metabolismo de carbohidratos y lípidos (18).

En este sentido, los compuestos bioactivos presentes en maíz, particularmente en variedades nativas pigmentadas, podrían desempeñar un papel importante en estrategias nutricionales orientadas a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, lo que refuerza la importancia de estudiar y conservar la diversidad de maíces nativos como recurso alimentario y funcional.

3. Conclusiones

El maíz representa más que un alimento básico dentro de la dieta mexicana; constituye un recurso biocultural de enorme importancia que integra dimensiones agrícolas, nutricionales y culturales. La amplia diversidad de maíces nativos presentes en México refleja procesos históricos de domesticación y selección que han dado origen a variedades con características agronómicas, morfológicas y químicas diferenciadas.

La evidencia científica disponible indica que el maíz contiene una amplia variedad de compuestos bioactivos, entre los que destacan fla-

vonoides, antocianinas, carotenoides y compuestos fenólicos, los cuales han demostrado poseer propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y metabólicas relevantes en la salud humana. Estos compuestos pueden contribuir potencialmente a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, que actualmente representan uno de los principales retos de la salud pública en México.

En este sentido, el estudio de compuestos bioactivos presentes en los maíces nativos adquiere una importancia estratégica, ya que permite revalorar el papel de los alimentos tradicionales dentro de los sistemas alimentarios contemporáneos. Asimismo, la conservación de la biodiversidad genética del maíz no solo es fundamental para la seguridad alimentaria, sino también para el aprovechamiento de su potencial nutracéutico y funcional en beneficio de la salud de la población.

4. Referencias

1. Serna-Saldivar SO. Corn: chemistry and technology. 3rd ed. Duxford: Woodhead Publishing; 2019.
2. Colín-Chávez C, Virgen-Ortiz JJ, Serrano-Rubio LE, Martínez-Téllez MA, Astier M. Comparison of nutritional properties and bioactive compounds between industrial and artisan fresh tortillas from maize landraces. *Curr Res Food Sci.* 2020;3:189-94. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2020.05.004>
3. Sánchez-Nuño YA, Zermeno-Ruiz M, Vázquez-Paulino OD, Nuño K, Villarruel-López A. Bioactive compounds from pigmented corn (*Zea mays* L.) and their effect on health. *Biomolecules.* 2024;14(3):338. <https://doi.org/10.3390/biom14030338>
4. García-Cruz L, Vázquez-Carrillo MG, Preciado-Ortiz RE. Flowered grain quality and phytochemical content of non-conventional maize hybrids from the Mexican subtropics across three growing cycles. *Plants.* 2023;12(14):2691. <https://doi.org/10.3390/plants12142691>
5. Magaña-Cerino JM, Tiessen A, Soto-Luna IC, Peniche-Pavía HA, Vargas-Guerrero B, Domínguez-Rosales JA, et al. Consumption of nixtamal from a new variety of hybrid blue maize ameliorates liver oxidative stress and inflammation in a high-fat diet rat model. *J Funct*

- Foods. 2020;72:104075. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104075>
6. Lon Kan Prado EE, Hernández Sampieri R. Efecto nutracéutico de compuestos bioactivos del maíz morado (*Zea mays* L.) utilizados en prevención y tratamiento de enfermedades crónicas degenerativas. *Rev Untels*. 2024;4(1). <https://doi.org/10.52248/eb.Vol4Iss1.117>
 7. Félix-Sámano AL, Félix-Medina JV, Montes-Ávila J, García-Cano I, Quintero-Soto MF, Perales-Sánchez JXK, et al. Nutritional, antioxidant, and phytochemical changes during the production of tortillas using quality protein maize and an alkaline extrusion thermomechanical process. *Plant Foods Hum Nutr*. 2025;80(4):183. <https://doi.org/10.1007/s11130-025-01424-6>
 8. Petroni K, Pilu R, Tonelli C. Anthocyanins in corn: a wealth of genes for human health. *Planta*. 2014;240(5):901-11. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2131-1>
 9. Peniche-Pavía HA, Guzmán TJ, Magaña-Cerino JM, Gurrola-Díaz CM, Tiessen A. Maize flavonoid biosynthesis, regulation, and human health relevance: a review. *Molecules*. 2022;27(16):5166. <https://doi.org/10.3390/molecules27165166>
 10. Salinas-Moreno Y, Santillán-Fernández A, De La Torre IA, Ramírez-Díaz JL, Ledesma-Miramontes A, Martínez-Ortiz MÁ. Physical traits and phenolic compound diversity in maize accessions with blue-purple grain (*Zea mays* L.) of Mexican races. *Agriculture*. 2024;14(4):564. <https://doi.org/10.3390/agriculture14040564>
 11. Zhang Y, Wu L, Ma Z, Cheng J, Liu J. Anti-diabetic, anti-oxidant and anti-hyperlipidemic activities of flavonoids from corn silk on STZ-induced diabetic mice. *Molecules*. 2015;21(1):7. <https://doi.org/10.3390/molecules21010007>
 12. Tian X, Chen L, Sun L, Gong K, Liu K, Guo Y. Omics analysis revealing flavonoid content during maize grain germination. *Metabolites*. 2025;15(2):107. <https://doi.org/10.3390/metabo15020107>
 13. Wang JY, Zhou WY, Huang XX, Song SJ. Flavonoids with antioxidant and tyrosinase inhibitory activity from corn silk (*Stigma maydis*). *Nat Prod Res*. 2023;37(5):835-9. <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2089986>
 14. Cory H, Passarelli S, Szeto J, Tamez M, Mattei J. The role of polyphen-

- nols in human health and food systems: a mini-review. *Front Nutr.* 2018;5:87. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00087>
15. Khoo HE, Azlan A, Tang ST, Lim SM. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr Res.* 2017;61(1):1361779. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>
 16. Bernstein PS, Li B, Vachali PP, Gorusupudi A, Shyam R, Henriksen BS, et al. Lutein, zeaxanthin, and meso-zeaxanthin: the basic and clinical science underlying carotenoid-based nutritional interventions against ocular disease. *Prog Retin Eye Res.* 2016;50:34-66. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2015.10.003>
 17. Hassan SM, Forsido SF, Yetenayet BT, Adugna MB, Ziad A. Effect of nixtamalization on the nutritional, anti-nutritional, functional, physicochemical and mineral properties of maize (*Zea mays*) tortillas. *J Food Chem Nanotechnol.* 2023;9(3). <https://doi.org/10.17756/jfcn.2023-159>
 18. Shahidi F, Yeo J. Bioactivities of phenolics by focusing on suppression of chronic diseases: a review. *Int J Mol Sci.* 2018;19(6):1573. <https://doi.org/10.3390/ijms19061573>