



ARTÍCULO ORIGINAL · SALUD, BIENESTAR Y SOSTENIBILIDAD

# Antocianinas en maíz azul y berries del Izta-Popo: impacto en salud comunitaria y estrategias alimentarias

Reyna Concepcion Xochipa-Morante<sup>1\*</sup>, Jose Roberto Xochipa-Morante<sup>2</sup>

<sup>1</sup> El Colegio de Tlaxcala A.C., Centro de Estudios en Desarrollo Regional y Análisis Económico, Maestría en Desarrollo Regional, San Pablo Apetatitlán, Tlaxcala, México

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México

\* Autor(a) por correspondencia: [reynaxochipamorante@gmail.com](mailto:reynaxochipamorante@gmail.com) · ORCID: 0000-0002-7498-8037

## RESUMEN

El presente artículo analiza el impacto de las antocianinas, específicamente la cianidina-3-glucósido (C3G), presentes en el maíz azul nativo (*Zea mays* L.), la zarzamora y la frambuesa cultivados en sistemas familiares de tres localidades del Izta-Popo de Puebla, San Mateo Ozolco, San Miguel Tianguizolco y San Diego Buenavista, con el propósito de proponer estrategias de alimentación saludable adaptadas al perfil socioeconómico, cultural y epidemiológico de estas comunidades productoras. Se realizó una revisión sistemática exploratoria en bases de datos académicas arbitradas de alto impacto, con criterio de exclusión de estudios con antigüedad superior a 10 años, complementada con fuentes oficiales de salud pública para caracterizar las principales problemáticas sanitarias de las localidades estudiadas. Los resultados documentan que la C3G actúa sobre múltiples mecanismos fisiológicos relevantes para las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) prevalentes en la región: inhibición de la  $\alpha$ -glucosidasa, regulación del perfil glucémico y lipídico, inhibición de la adipogénesis, vasodilatación endotelial mediada por óxido nítrico, actividad anticancerígena y reducción del estrés oxidativo. Las concentraciones registradas en los cultivos superan los umbrales recomendados para efectos nutraceuticos (49–133 mg diarios para un adulto de 70 kg), sustentando su potencial como alimentos funcionales de alto impacto en la salud comunitaria. El análisis epidemiológico revela altas prevalencias de diabetes, obesidad, hipertensión y desnutrición crónica infantil en las tres comunidades, lo que fundamenta estrategias de alimentación saludable diferenciadas por localidad. Dichas estrategias integran el valor nutraceutico documentado con los circuitos cortos de comercialización, la educación alimentaria, el etiquetado funcional y los programas públicos existentes, configurando un modelo de intervención que articula salud comunitaria, soberanía alimentaria y desarrollo rural con identidad territorial. El estudio contribuye al cumplimiento de ODS y se alinea con la política nacional de defensa de los maíces nativos y los programas estatales de desarrollo rural poblano.

**Palabras clave:** antocianinas; cianidina-3-glucósido; salud comunitaria; estrategias alimentarias; desarrollo rural; maíz azul; berries; Izta-Popo de Puebla

## ABSTRACT

This article analyzes the impact of anthocyanins, specifically cyanidin-3-glucoside (C3G), present in native blue corn (*Zea mays* L.), blackberries, and raspberries cultivated in family farming systems in three communities in the Izta-Popo of Puebla, San Mateo Ozolco, San Miguel Tianguizolco, and San Diego Buenavista, with the aim of proposing healthy eating strategies adapted to the socioeconomic, cultural, and epidemiological profile of these farming communities. An exploratory systematic review was conducted using high-impact, peer-reviewed academic databases, excluding studies older than 10 years. This was supplemented with official public health sources to characterize the main health problems in the studied communities. The results document that C3G acts on multiple physiological mechanisms relevant to the prevalent non-communicable chronic diseases (NCDs) in the region: inhibition of  $\alpha$ -glucosidase, regulation of the glycemic and lipid profile, inhibition of adipogenesis, nitric oxide-mediated endothelial vasodilation, anticancer activity, and reduction of oxidative stress. The concentrations recorded in the crops exceed the recommended thresholds for nutraceutical effects (49–133 mg daily for a 70 kg adult), supporting its potential as a functional food with a high impact on community health. The epidemiological analysis reveals high prevalences of diabetes, obesity, hypertension, and chronic childhood malnutrition in the three communities, justifying localized, differentiated healthy eating strategies. These strategies integrate documented nutraceutical value with short supply chains, nutrition education, functional labeling, and existing public programs, creating an intervention model that links community health, food sovereignty, and rural development with a strong

sense of place. The study contributes to achieving the Sustainable Development Goals (SDGs) and aligns with the national policy for the protection of native maize varieties and the state rural development programs in Puebla.

**Keywords:** anthocyanins; cyanidin-3-glucoside; community health; food strategies; rural development; blue corn; berries; Izta-Popo of Puebla

**Cómo citar:** Xochipa-Morante, R.C. & Xochipa-Morante, J.R. (2026). Antocianinas en maíz azul y berries del Izta-Popo: impacto en salud comunitaria y estrategias alimentarias. *Interserrana: Ciencia, Cultura y Territorio*, 1(1), 53–62.

**Recibido:** mayo 2026 · **Aceptado:** junio 2026 · **Publicado:** 2026

**Copyright:** Artículo de acceso abierto bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. **CC BY-NC 4.0**

## INTRODUCCIÓN

El sistema agroalimentario mundial hegemónico ha transformado radicalmente los patrones de producción y consumo, desplazando agroalimentos locales y diversificados por productos ultraprocesados con altos contenidos de azúcares, sal, grasas saturadas y aditivos sintéticos. Esta transición alimentaria ha debilitado de manera progresiva los sistemas campesinos, la diversidad de cultivos, los procesos de transformación artesanal y la comercialización local, agravando simultáneamente la inseguridad alimentaria y el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), como la obesidad, la diabetes tipo 2, la hipertensión arterial y ciertos tipos de cáncer (Torres y Rojas, 2024). El problema se intensifica de manera paradójica en zonas rurales e indígenas, donde se producen agroalimentos de alto valor nutricional y funcional que han sido progresivamente desplazados tanto de la dieta local como de los circuitos de comercialización formal.

En México, el 55.5% de los hogares vive en condiciones de inseguridad alimentaria, con el estado de Puebla entre las entidades más afectadas (Instituto Nacional de Salud Pública [INSP], 2020). Esta situación es particularmente crítica en comunidades rurales e indígenas de la Zona Izta-Popo de Puebla, ubicadas en los municipios de Calpan y Huejotzingo, donde la producción de agroalimentos funcionales como el maíz azul nativo (*Zea mays* L.) y berries silvestres como la zarzamora (*Rubus fruticosus*) y frambuesa (*Rubus idaeus*), coexiste con altas prevalencias de diabetes, obesidad, hipertensión y desnutrición crónica infantil (INSP, 2020; Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL], 2020). Esto muestra una oportunidad estratégica para revalorizar el potencial nutraceutico de los cultivos locales y convertirlos en una herramienta de política pública para el bienestar comunitario.

Las antocianinas son pigmentos del grupo de los flavonoides que confieren tonalidades rojizas, moradas y azuladas a frutas, vegetales y cereales. Entre ellas, la cianidina-3-glucósido (C3G) es la antocianina más abundante en el maíz azul, la zarzamora y la frambuesa, y es reconocida científicamente por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y reguladoras del metabolismo (Bars-Cortina et al., 2022). La C3G pertenece a la familia de

los flavonoides antocianicos, cuya estructura química confiere una alta reactividad frente a los radicales libres y una capacidad de modulación de vías enzimáticas clave en el metabolismo de los carbohidratos, los lípidos y la respuesta inflamatoria. Investigaciones recientes la vinculan con la prevención de ECNT, la modulación de la glucosa sanguínea, la inhibición del almacenamiento de lípidos y la protección celular frente al estrés oxidativo (Ye et al., 2021; Kongthitlerd et al., 2023).

La importancia socioeconómica de los cultivos analizados en la Zona Izta-Popo de Puebla es significativa. En San Diego Buenavista, segundo productor estatal de berries, se generan más de 11 millones de pesos mexicanos por 383 toneladas de frambuesa y 2.6 millones por 103 toneladas de zarzamora (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2024). En San Miguel Tianguizolco y San Mateo Ozolco, el maíz azul nativo no solo representa un cultivo de valor económico, sino también un elemento central de identidad cultural y lingüística ligado a la cosmovisión náhuatl y a las prácticas gastronómicas de la región, contribuyendo a las 6,825 toneladas estatales cultivadas en 1,606 hectáreas con un valor mayor a 43 millones de pesos (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta [SIACON], 2023). Los sistemas de producción familiar, con manejo tradicional, en transición o agroecológico, inciden directamente en la concentración de antocianinas y, por tanto, en la calidad funcional de estos agroalimentos (Feng et al., 2024). Sin embargo, la mayoría de los estudios se enfocan en cultivares comerciales, ignorando variedades nativas y silvestres en contextos rurales e indígenas (Vázquez-Carrillo et al., 2025).

La relevancia del presente estudio radica en visibilizar el valor nutraceutico y socioeconómico de los agroalimentos producidos en sistemas familiares de la Sierra Nevada Poblana, y en proponer estrategias de alimentación saludable que vinculen la evidencia científica con el contexto territorial, cultural y epidemiológico de las comunidades productoras. El artículo se enmarca en la temática de Salud, Bienestar y Sostenibilidad y tiene como objetivo revisar la literatura científica sobre los mecanismos de acción de la C3G y su impacto en la desnutrición y las ECNT, a fin de proponer estrategias alimentarias culturalmente pertinentes para las comunidades productoras de maíz azul, zarzamora y frambuesa de la Zona Izta-Popo de Puebla.

La hipótesis que orienta el estudio sostiene que los agroalimentos ricos en C3G producidos en la Zona Izta-Popo de Puebla poseen propiedades funcionales y nutraceuticas suficientes para integrarse en estrategias de alimentación saludable que contribuyan a reducir la carga de las ECNT y la desnutrición en las comunidades productoras, fortaleciendo simultáneamente la economía local, la soberanía alimentaria y el patrimonio agrobio-cultural. La ausencia de este tipo de intervenciones integradas seguiría marginando saberes, cultivos y territorios clave para la transición hacia sistemas alimentarios saludables, sostenibles y culturalmente apropiados.

## METODOLOGÍA

El estudio forma parte de una investigación de tipo cuantitativo y cualitativo, con diseño exploratorio-descriptivo y analítico, desarrollado en el 2025. El presente artículo reporta exclusivamente los resultados correspondientes a la revisión teórica del impacto de las antocianinas en la salud y a las estrategias de alimentación saludable en zonas productoras que es posible implementar.

### Área de estudio

La investigación se desarrolló en tres localidades de la Zona Izta-Popo de Puebla con perfiles productivos diferenciados: 1)

San Mateo Ozolco, perteneciente al municipio de Calpan, se ubica a una altitud de 2674 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) con clima templado subhúmedo y suelos volcánicos fértiles de origen andosólico. El principal cultivo es el maíz azul nativo (*Zea mays* L.), gestionado bajo sistemas agroecológicos familiares que combinan prácticas ancestrales con conocimientos locales de selección de semilla. Esta comunidad se distingue por su población hablante náhuatl, en donde el maíz azul constituye un eje central de su identidad cultural, gastronómica y lingüística. 2) San Miguel Tianguizolco, localizado en el municipio de Huejotzingo a una altitud de 2343 m s.n.m., también destaca por el cultivo de maíz azul nativo cultivado bajo sistemas tradicionales de manejo, empleando fertilización mineral (NPK, DAP y UREA). Los agroalimentos producidos en esta comunidad se venden en circuitos cortos de comercialización (CCC) y ferias agroalimentarias locales, lo que fortalece el vínculo productor-consumidor y la valorización de los productos del campo. 3) San Diego Buenavista, perteneciente al municipio de Huejotzingo, se ubica a 2541 m s.n.m., destaca por ser el segundo productor estatal de berries en la entidad poblana (Figura 1).

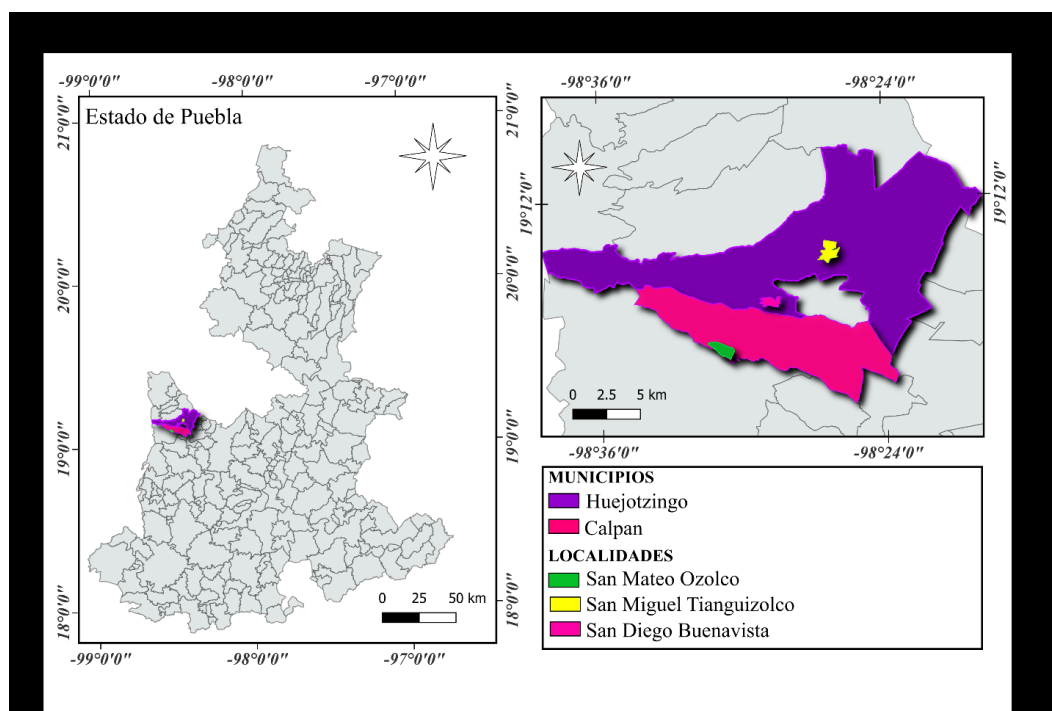


**Figura 1**

Localización geográfica de la zona de estudio con escala gráfica (2.5–5 km y 25–50 km) y rosa de los vientos.

Nota. Elaboración propia de Seth Galindo Juárez utilizando el software QGIS versión 3.40.

La principal actividad económica de San Diego Buenavista se orienta principalmente a la producción de zarzamora (*Rubus fruticosus*, variedad Maravilla) y la frambuesa (*Rubus idaeus*, variedad Tuppy) con antocianinas, bajo sistemas de producción en

transición agroecológica. La comunidad articula la producción agrícola con ferias locales, como la «Feria de las Berries», mercados regionales como la central de abastos de Puebla y el turismo comunitario mediante la «Ruta de las Berries», configurando

un tejido sociocomercial que vincula producción familiar, identidad territorial y acceso a nichos de especialidad.

Las tres localidades de estudio comparten condiciones de alta marginación, migración, presencia de población indígena hablante del náhuatl así como elevados niveles de inseguridad alimentaria (CONEVAL, 2020; Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020), lo que refuerza la pertinencia de analizar sus perfiles epidemiológicos con relación a los cultivos que producen para proponer estrategias alimentarias orientadas al bienestar de las propias familias productoras.

Revisión sistemática exploratoria

La revisión bibliográfica se realizó en bases de datos académicas arbitradas e indexadas de alto impacto como Google Scholar, Scopus, SciELO, Redalyc y Web of Science. La estrategia de búsqueda utilizó términos como: *cyanidin-3-glucoside*, *anthocyanins*, *blue corn*, *blackberry*, *raspberry*, *nutraceutical*, *chronic diseases*, *malnutrition*, *diabetes*, *obesity*, *hypertension*, *cancer*, *antioxidant*, *adipogenesis*, *oxidative stress*, *food strate-*

*gies* y *community health*. También se utilizaron operadores booleanos (AND, OR, NOT) para optimizar la recuperación de información relevante y reducir el ruido documental.

El criterio de exclusión establecido fue una antigüedad mayor a 10 años, dando prioridad a investigaciones publicadas entre 2015 y 2025, con mayor prioridad en el periodo 2020–2025. Se seleccionaron estudios *in vitro*, *in vivo* (modelos animales) y estudios clínicos en poblaciones humanas, así como revisiones con evaluaciones de mecanismos de acción de la C3G y sus efectos sobre las principales ECNT y la desnutrición. También se descartaron investigaciones que no reportaran resultados cuantitativos o que presentaran sesgos metodológicos graves según los criterios de calidad establecidos por las propias bases de datos.

A fin de fortalecer la transparencia metodológica de la revisión sistemática exploratoria, la Tabla 1 sintetiza el proceso de identificación, cribado, evaluación a texto completo e inclusión final de la literatura consultada en este estudio.

Tabla 1  
Proceso de selección de la literatura en la revisión sistemática exploratoria

| Etapa del proceso          |    |       | Criterio aplicado                                                                                                                                       | N° de registros |
|----------------------------|----|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Identificación             |    |       | Registros localizados en Web of Science, Scopus, SciELO, Redalyc y Google Scholar mediante los términos de búsqueda combinados con operadores booleanos | 165             |
| Eliminación de duplicados  |    |       | Registros duplicados entre bases de datos                                                                                                               | 42              |
| Cribado (título y resumen) |    |       | Registros excluidos por antigüedad mayor a 10 años (anteriores a 2015)                                                                                  | 19              |
| Cribado (título y resumen) |    |       | Registros excluidos por no abordar mecanismos de acción de la C3G ni su relación con ECNT o desnutrición                                                | 71              |
| Evaluación completo        | de | texto | Artículos evaluados a texto completo                                                                                                                    | 33              |
| Evaluación completo        | de | texto | Artículos excluidos por no reportar resultados cuantitativos                                                                                            | 12              |
| Evaluación completo        | de | texto | Artículos excluidos por sesgos metodológicos graves                                                                                                     | 8               |
| Inclusión final            |    |       | Artículos incluidos en la síntesis de evidencia sobre los siete mecanismos de acción de la C3G                                                          | 13              |

Nota. El proceso de cribado y evaluación se realizó conforme a los criterios de inclusión y exclusión descritos. Elaboración propia.

Diagnóstico epidemiológico y diseño de estrategias

Para la caracterización del perfil epidemiológico de las comunidades productoras se consultaron la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018–2019 (ENSANUT; INSP, 2020), los registros de mortalidad del INEGI (2020) y los indicadores de pobreza y marginación del CONEVAL (2020). Estos datos permitieron identificar las principales causas de morbilidad y mortalidad en Ozolco, Tianguizolco y Buenavista, diferenciadas por grupo etario, sexo y tipo de enfermedad, estableciendo la correspondencia entre los mecanismos de acción documentados de la C3G y los problemas de salud prevalentes en cada localidad.

La síntesis de la evidencia científica y el diagnóstico sociosanitario sirvieron de materia prima para la elaboración de estrategias de alimentación saludable adaptadas al contexto territorial, socioeconómico y cultural de cada comunidad de estudio. El principio ético rector del análisis fue el de justicia alimentaria, estableciendo que quienes cultivan estos agroalimentos deben ser los primeros beneficiarios de sus propiedades nutraceuticas, especialmente dada su alta vulnerabilidad sanitaria. Las estrategias se diseñaron considerando los principios de interculturalidad, participación comunitaria y pertinencia territorial, articulando el conocimiento científico con los saberes locales, prácticas gastronómicas tradicionales y dinámicas sociocomerciales de la región.

## RESULTADOS

### **Mecanismos de acción de la C3G en las ECNT prevalentes**

La revisión exploratoria identificó evidencia científica sobre siete mecanismos de acción de la cianidina-3-glucósido (C3G) relacionados con los problemas de salud predominantes en las comunidades productoras de la Zona Izta-Popo de Puebla. A continuación se describen los hallazgos documentados por la literatura, clasificados según su nivel de evidencia (*in vitro*, *in vivo* animal o ensayo clínico en humanos), a fin de precisar la solidez de cada afirmación.

**Inhibición de la  $\alpha$ -glucosidasa** (nivel de evidencia: estudios *in vitro*/experimental con harinas de maíz procesado). La C3G actúa como inhibidor competitivo de la  $\alpha$ -glucosidasa, enzima intestinal responsable de la hidrólisis de carbohidratos complejos y la liberación de glucosa en el intestino delgado. Al inhibir esta enzima, se retarda la absorción de glucosa postprandial, previniendo los picos hiperglucémicos asociados al desarrollo y progresión de la diabetes tipo 2. Este mecanismo ha sido ampliamente evidenciado experimentalmente en investigaciones con harinas de maíz azul nixtamalizado y extruido (León-Murillo et al., 2021). Las concentraciones de C3G reportadas por Xochipa-Morante et al. (2025) en granos de maíz azul de Tianguizolco ( $893.7 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ ) y Ozolco ( $673.5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ ) parecen ser suficientes para generar efectos hipoglucemiantes significativos en condiciones de consumo habitual.

**Regulación de la glucemia y el perfil lipídico** (nivel de evidencia: *in vivo* animal y ensayo clínico en humanos). Al consumo de maíces pigmentados ricos en antocianinas se le ha atribuido la reducción de los niveles de glucosa en ayuno, la disminución de triglicéridos circulantes y el incremento del colesterol de alta densidad (HDL), favoreciendo el control metabólico en personas con diabetes tipo 2 y síndrome metabólico (Quiñones-Muñoz et al., 2022). Estos efectos han sido documentados tanto en modelos animales con inducción de hiperglucemia como en estudios de intervención en poblaciones humanas con riesgo cardiovascular.

**Regulación de la adipogénesis y prevención de la obesidad** (nivel de evidencia: *in vitro*, línea celular 3T3-L1, e *in vivo* animal). La C3G inhibe la diferenciación de preadipocitos 3T3-L1 y el almacenamiento de lípidos en células adiposas mediante la activación de la vía PLC-IP3, reduciendo la acumulación de triacilglicerol intracelulares (Kongthitlerd et al., 2023). Estudios con extractos de frambuesa (*Rubus idaeus*) han demostrado que la administración de dosis equivalentes a las concentraciones reportadas en los frutos de Buenavista reduce significativamente la acumulación de grasa en modelos *in vitro* e *in vivo*.

**Vasodilatación mediada por óxido nítrico** (nivel de evidencia: *in vivo* animal, modelo de hipertensión en ratas, y estudios observacionales en humanos). La C3G estimula la síntesis endotelial de óxido nítrico (NO) mediante la activación del óxido nítrico sintasa endotelial (eNOS), induciendo relajación del músculo liso vascular y vasodilatación, favoreciendo la reducción de la resistencia vascular periférica y la disminución de la presión arterial sistémica (Fushimi et al., 2022). Este mecanismo ha sido documentado en modelos de hipertensión inducida en ratas y en estudios observacionales en poblaciones con riesgo cardiovascular.

**Actividad anticancerígena** (nivel de evidencia: *in vitro*, líneas celulares tumorales). La C3G ha demostrado actividad inhibidora de metástasis e inductora de apoptosis en células tumorales de cáncer colorrectal, de mama y hepático, mediante la modulación de las vías de señalización NF- $\kappa$ B y MAPK y la inducción de la muerte celular programada por vía mitocondrial (Bars-Cortina et al., 2022). Estudios realizados con extractos de zarzamora (*Rubus fruticosus*) documentaron la inhibición de la proliferación celular en líneas tumorales y el potencial hepatoprotector de la C3G (Rubio et al., 2019).

**Reducción del estrés oxidativo y restauración antioxidante** (nivel de evidencia: *in vitro*/mecánico). La C3G neutraliza especies reactivas de oxígeno (ROS) y restaura la capacidad antioxidante endógena mediante la activación de la vía Nrf2-ARE y la inducción de enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa (SOD), la catalasa (CAT) y la glutatión peroxidasa (GPx) (Ye et al., 2021). En escenarios de malnutrición severa, donde el estrés oxidativo se encuentra crónicamente elevado, el consumo habitual de alimentos ricos en C3G actúa como estrategia nutricional protectora frente al daño celular crónico.

**Efectos antienviejecimiento y protección del metabolismo celular** (nivel de evidencia: *in vitro*, línea celular pancreática). La C3G exhibe propiedades anti-senescencia documentadas en células pancreáticas  $\beta$ , donde protege frente a la apoptosis inducida por glucotoxicidad, preservando la capacidad secretora de insulina (Lee et al., 2015). Estos efectos contribuyen a la longevidad metabólica saludable y a la reducción de la carga oxidativa asociada al envejecimiento, con implicaciones directas para los adultos mayores de las tres comunidades.

### **Perfil epidemiológico de las comunidades productoras**

El análisis de fuentes oficiales de salud pública (INSP, 2020; INEGI, 2020; CONEVAL, 2020) permitió caracterizar el perfil epidemiológico de las tres localidades, evidenciando distribuciones diferenciadas por sexo, grupo etario y tipo de enfermedad. Esta información, de escala nacional y estatal, permitió obtener una aproximación a las condiciones de salud y sociodemográficas de las comunidades estudiadas. Las variables analizadas fueron manejadas como estimaciones aproximadas, lo que permitió

contextualizar los indicadores epidemiológicos respecto de las condiciones observadas en las comunidades de estudio.

San Mateo Ozolco presenta diabetes en adultos mayores de 55–59 años (17.2%), obesidad en jóvenes de 25–34 años (29.3%), hipertensión en mayores de 50 años (26.8%) y desnutrición crónica y aguda en menores de cinco años (18–22%). La coexistencia de desnutrición infantil y obesidad en adultos jóvenes es indicativa de la doble carga de la malnutrición, fenómeno creciente en comunidades rurales en proceso de transición nutricional. San Miguel Tianguizolco muestra el perfil más complejo desde el punto de vista de las ECNT: enfermedades cardíacas en adultos mayores varones (20.9%), diabetes en adultos de 45 a 74 años (18.2%), cáncer en adultos mayores de 35 a 74 años (10.0%) y enfermedades hepáticas en varones de 25 a 59 años (7.1%). Este cuadro sugiere una elevada exposición a factores de riesgo metabólico y oxidativo en la población masculina

adulto y mayor. San Diego Buenavista registra la mayor prevalencia de obesidad femenina de las tres localidades (38.6% en mujeres de 30–59 años), acompañada de diabetes tipo 2 en adultos mayores de 50 años (11.2%), hipertensión en mayores de 60 años (23.6%) y desnutrición crónica infantil en menores de cinco años (13.4%).

Estrategias de alimentación saludable en zonas productoras

Con base en la correspondencia entre los mecanismos de acción de la C3G y los perfiles epidemiológicos de cada comunidad, la Tabla 2 presenta las estrategias de alimentación saludable propuestas para cada localidad, orientadas desde el principio de justicia alimentaria e integrando saberes locales, prácticas gastronómicas tradicionales y dinámicas sociocomerciales de la región.

Tabla 2  
Estrategias de alimentación saludable en zonas productoras de la Zona Izta-Popo de Puebla

| Localidad               | Principales problemas de salud                                                                                                                                                                                            | Estrategia alimentaria para el bienestar comunitario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| San Mateo Ozolco        | 1) Diabetes (17.2%), adultos mayores (55–59 años) y mujeres; 2) Obesidad (29.3%), jóvenes (25–34 años); 3) Hipertensión (26.8%), personas mayores de 50 años; 4) Desnutrición crónica y aguda (18–22%), menores de 5 años | 1) Fomentar el consumo de maíz azul en desayunos escolares y comedores comunitarios, con enfoque en la desnutrición infantil; 2) Incorporar etiquetado innovador con leyendas como «rico en antioxidantes» para fortalecer su posicionamiento en nichos de especialidad; 3) Difundir propiedades hipoglucemiantes y antioxidantes mediante infografías o comunicación oral en puntos de venta directa        |
| San Miguel Tianguizolco | 1) Enfermedades cardíacas (20.9%), adultos mayores varones (60+ años); 2) Diabetes (18.2%), adultos (45–74 años); 3) Cáncer (10.0%), adultos mayores (35–74 años); 4) Enfermedades hepáticas (7.1%), varones (25–59 años) | 1) Fomentar el consumo de maíz azul en ferias agroalimentarias y circuitos cortos de comercialización; 2) Realizar talleres de nixtamalización y elaboración de tortillas/tlacoyos con charlas sobre prevención cardiovascular y oncológica; 3) Enfatizar el efecto vasodilatador, antioxidante, anticancerígeno y de control glucémico en una dieta culturalmente pertinente                                |
| San Diego Buenavista    | 1) Diabetes tipo 2 (11.2%), adultos mayores (50+ años); 2) Obesidad (38.6%), mujeres (30–59 años); 3) Hipertensión (23.6%), mayores de 60 años; 4) Desnutrición crónica infantil (13.4%), menores de 5 años               | 1) Impulsar modelo de territorio saludable articulando producción de berries, agroturismo y economía rural; 2) Promover inclusión en desayunadores y huertos escolares; 3) Expandir venta en nichos de especialidad con etiquetado funcional destacando valor antioxidante y bajo contenido calórico; 4) Desarrollar talleres y degustaciones gastronómicas desde cocina tradicional hasta platillos gourmet |

Nota. Elaborado a partir de datos del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP, 2020). Los valores por localidad son estimaciones aproximadas, dado que no existen registros epidemiológicos oficiales desagregados a nivel de localidad.

DISCUSIÓN

Coherencia entre la evidencia científica y el perfil epidemiológico local

Los mecanismos de acción documentados para la C3G guardan una correspondencia directa y específica con los perfiles de morbilidad de las tres comunidades estudiadas, lo que dota a las estrategias alimentarias propuestas de una sólida base biológica y epidemiológica. La inhibición de la α-glucosidasa y la regulación del perfil glucémico son pertinentes para Ozolco y Tianguizolco, donde la diabetes afecta estimadamente al 17.2% y al 18.2% de la población adulta mayor, respectivamente. Estos hallazgos coinciden con estudios que posicionan a los compuestos

fenólicos de maíces pigmentados nativos como moduladores eficientes del metabolismo glucídico (Vázquez-Carrillo et al., 2025; León-Murillo et al., 2021). El hecho de que las concentraciones de C3G reportadas por Xochipa-Morante et al. (2025) en los cultivos de la región de estudio superen ampliamente los umbrales funcionales establecidos por Bars-Cortina et al. (2022), 49–133 mg diarios para un adulto de 70 kg, refuerza la viabilidad de aprovechar estos agroalimentos para el diseño y puesta en marcha de estrategias de prevención primaria accesible, culturalmente pertinentes.

En el caso de Buenavista, la prevalencia estimada de obesidad en mujeres (38.6%) encuentra respuesta directa en el mecanismo de inhibición de la adipogénesis mediado por la vía PLC-IP3,

documentado en estudios con frambuesa (Kongthitlerd et al., 2023). La disponibilidad local de berries con concentraciones superiores a  $900 \text{ mg kg}^{-1}$  de C3G para frambuesa y de hasta  $5733 \text{ mg kg}^{-1}$  de C3G para zarzamora posiciona a estas frutas en una situación de ventaja nutraceutica importante para la salud y alimentación siempre y cuando existan condiciones para el consumo habitual de su propia producción (Xochipa-Morante et al., 2025). Del mismo modo, el efecto vasodilatador mediado por la eNOS (Fushimi et al., 2022) responde al perfil cardiovascular de Tianguizolco, donde las enfermedades cardiacas se estiman como la primera causa de muerte en adultos mayores varones de acuerdo con las estimaciones disponibles.

En cuanto a la actividad anticancerígena de la C3G, documentada en modelos tumorales de cáncer colorrectal, hepático y de mama (Bars-Cortina et al., 2022; Rubio et al., 2019), es importante para Tianguizolco, donde el cáncer se estima representa el 10% de la morbilidad en adultos mayores y las enfermedades hepáticas afectan al 7.1% de los varones adultos. Aunque la causalidad directa requiere estudios de intervención directa en la población, la coincidencia entre el perfil de acción de la C3G y el cuadro epidemiológico local refuerza el argumento para integrar estos agroalimentos en protocolos de prevención y salud comunitaria.

### **Aportación al marco teórico: justicia alimentaria y soberanía nutraceutica**

Desde el marco teórico de la justicia alimentaria (Vía Campesina, 2007; Cadieux y Slocum, 2015), los resultados de este estudio muestran una contradicción profunda: las familias que producen agroalimentos con importante potencial nutraceutico en la región Izta-Popo son también las que muestran serios problemas en la salud comunitaria. Este planteamiento es consistente con la literatura sobre justicia alimentaria, la cual señala que las comunidades productoras quedan excluidas de los beneficios nutricionales y económicos de lo que cultivan, en tanto el valor de sus cosechas es capturado por agentes externos (Cadieux y Slocum, 2015). Esto responde a las dinámicas del sistema agroalimentario hegemónico que mercantiliza el valor funcional de los cultivos locales hacia mercados de especialidad urbanos o de exportación, mientras las comunidades productoras quedan excluidas de sus beneficios nutricionales (Torres y Rojas, 2024). Las estrategias propuestas buscan contribuir a revertir esta situación, reinsertando el valor nutraceutico de los cultivos en el circuito alimentario local como primer eslabón de una cadena del bienestar comunitario.

El concepto de soberanía nutraceutica, entendido como el derecho de las comunidades a acceder y beneficiarse de los compuestos bioactivos presentes en los alimentos que producen, emerge como un complemento necesario de la soberanía alimentaria en contextos rurales con alta presencia de ECNT. La soberanía alimentaria, tal como la plantea Vía Campesina (2007),

tiene que ver con el derecho de los pueblos a decidir sobre su sistema alimentario: qué se siembra, con qué semillas, hacia qué mercados. Por otra parte, la soberanía nutraceutica sitúa el derecho de apropiación y beneficio del valor funcional en la propia comunidad productora, como principio de justicia y no como insumo de extracción. También es importante distinguir este planteamiento de la bioprospección comunitaria. Radice et al. (2020) presentan la bioprospección como un campo vinculado con la exploración y aprovechamiento de los recursos naturales y sus moléculas bioactivas, destacando la necesidad de articular estas actividades con la conservación de la biodiversidad y el posible desarrollo de cadenas de valor, en donde casi siempre los beneficios terminan siendo apropiados por actores externos a las comunidades de origen. Por el contrario, los enfoques de biocomercio que ellos mismos discuten intentan corregir esto, orientándose hacia un uso comercial más incluyente que genere ingresos para los productores y comunidades locales.

La diferencia que interesa establecer en esta investigación no radica en oponer la soberanía nutraceutica y la bioprospección, sino en el destino y control de los beneficios derivados del conocimiento y del valor funcional de los alimentos locales. La soberanía nutraceutica propuesta en este estudio coloca en el centro la importancia de que las comunidades productoras no solo participen en la producción de alimentos con propiedades funcionales medibles (compuestos bioactivos, concentraciones, mecanismos de acción), sino que también tengan acceso a sus beneficios y participen en los procesos de generación, apropiación y distribución del valor asociado con ellos. Esta formulación constituye una aportación conceptual de la presente investigación y no una definición que Radice et al. (2020) hayan planteado.

En cuanto a la etnofarmacología, de acuerdo con Radice et al. (2020), esta se presenta como un campo centrado en documentar los usos tradicionales de las plantas y en contrastar ese conocimiento con evidencia fitoquímica y farmacológica. En su estudio sobre *Maxillaria densa*, exploran los usos medicinales que las comunidades atribuyen a esta planta y posteriormente los analizan en laboratorio para identificar sus metabolitos secundarios y posibles actividades biológicas. Los autores no pasan por alto la cuestión de quién controla este conocimiento una vez que ha sido validado científicamente; simplemente, ese no es el propósito central de su investigación. Justamente ahí es donde esta propuesta de soberanía nutraceutica busca contribuir en mostrar la importancia de colocar en el centro la participación y el control de las comunidades sobre ese conocimiento y sus beneficios.

Desde esta perspectiva, la soberanía nutraceutica propuesta en este trabajo articula dos aspectos relevantes. Por un lado, retoma el carácter colectivo y territorial de la soberanía alimentaria y, por otro, incorpora el interés de la etnofarmacología por identificar y valorar científicamente los componentes bioactivos presentes en los agroalimentos y recursos locales. A estas dimensio-

nes se añade un aspecto que no está desarrollado de manera explícita en ninguno de estos marcos: la necesidad de que los conocimientos y saberes locales, los recursos y los beneficios derivados de su valor funcional permanezcan vinculados en las comunidades que los conservan, utilizan y transmiten. Esto es relevante cuando se plantea la posibilidad de desarrollar cadenas de valor a partir de recursos con potencial bioactivo, como las oportunidades que Radice et al. (2020) identifican para las poblaciones locales.

A partir de ello, este concepto abre nuevas líneas de investigación, entre las que se encuentran: la construcción de indicadores que permitan valorar el acceso de las comunidades a los compuestos bioactivos de sus propios recursos, el diseño de formas de gobernanza del conocimiento y saberes nutraceuticos locales y la identificación de mecanismos que favorezcan que el valor generado a partir de estos recursos permanezca en los territorios de origen. Con esto se espera ir más allá de los indicadores convencionales de seguridad alimentaria o de ingreso agrícola, permitiendo repensar el aprovechamiento de los recursos bioactivos desde una perspectiva de mayor participación, control y beneficio comunitario.

Las investigaciones de Castañeda-Cardona et al. (2024) y Kim et al. (2021) respaldan que las variedades silvestres y semisilvestres de berries, como las de Buenavista, generan concentraciones de antocianinas superiores a las de variedades comerciales intensivas, reforzando la importancia de preservar y valorizar los sistemas de producción familiar frente a la presión de la homogeneización comercial.

La doble carga de la malnutrición estimada en Ozolco y Buenavista, donde la desnutrición infantil coexiste con la obesidad en adultos, es un fenómeno que la literatura identifica como resultado de la transición nutricional acelerada en comunidades rurales (Torres y Rojas, 2024). En este contexto, la C3G actúa sobre ambos extremos del espectro: sus propiedades antioxidantes y protectoras del metabolismo celular son relevantes para la desnutrición (Ye et al., 2021); y su capacidad de inhibir la adipogénesis y regular el perfil lipídico lo es para la obesidad (Kongthitlerd et al., 2023). Esta versatilidad metabólica convierte a los agroalimentos ricos en C3G en herramientas de intervención nutricional de amplio espectro, altamente pertinentes en comunidades con perfiles epidemiológicos mixtos.

### **Implicaciones para políticas públicas**

Los hallazgos del estudio tienen implicaciones directas para la formulación de políticas públicas en materia de salud, alimentación y desarrollo rural. A nivel federal, la evidencia se alinea con los objetivos de los programas Cosechando Soberanía y Alimentación para el Bienestar (Gobierno de México, 2025), que buscan fortalecer los sistemas agroalimentarios locales y reducir la inseguridad alimentaria en comunidades rurales e indígenas. La incorporación de agroalimentos nutraceuticos de la Zona

Izta-Popo de Puebla en programas y políticas públicas podría potenciar su impacto al vincular seguridad alimentaria con prevención de ECNT desde una perspectiva funcional y territorial.

A nivel estatal, los resultados tienen pertinencia con los componentes «Impulso Comercial de Maíces Nativos» (Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Puebla [SDR], 2023, art. 14–16) y «Reconversión Productiva hacia Cultivos de Alto Valor Comercial» (SDR, 2023, art. 11–13). La evidencia sobre el alto contenido de C3G en maíces pigmentados de estas comunidades puede utilizarse como argumento técnico-científico para justificar alguna etiqueta de origen geográfica, el etiquetado funcional y la incorporación de estos productos en cadenas de valor especializadas, articulando los beneficios económicos para los productores con el beneficio para la salud de las familias productoras. Asimismo, el estudio se alinea con la reforma constitucional en defensa de los maíces nativos (DOF, 2025) y con los ODS de la Agenda 2030 (2, 3, 12 y 15), configurando un marco normativo que respalda la pertinencia y urgencia de las estrategias propuestas.

### **Limitaciones y líneas de trabajo futuro**

El presente estudio presenta limitaciones que deben tomarse en cuenta al interpretar sus resultados. Primero, la revisión se basa en evidencia generada predominantemente en modelos *in vitro* e *in vivo* con cultivares comerciales, lo que limita la extrapolación directa de los efectos documentados a las condiciones de consumo habitual en las comunidades estudiadas. La biodisponibilidad de las antocianinas varía significativamente según el proceso de transformación del alimento —nixtamalización, secado, fermentación, elaboración de conservas— y los estudios específicos sobre la estabilidad de la C3G en los procesos artesanales propios de la Zona Izta-Popo son limitados.

En segundo lugar, el diagnóstico epidemiológico se basa en fuentes secundarias de escala nacional y estatal, lo que puede limitar la precisión de las particularidades de las tres localidades estudiadas, dado su pequeño tamaño poblacional y sus condiciones de aislamiento geográfico y marginalidad. La realización de estudios epidemiológicos primarios a escala comunitaria constituye una línea de trabajo prioritaria para fortalecer las estrategias propuestas.

En tercer lugar, las estrategias de alimentación saludable propuestas requieren validación participativa con las comunidades y familias productoras, para asegurar su aceptabilidad, viabilidad operativa y sostenibilidad en el mediano y largo plazo. La co-construcción de intervenciones con actores locales —productores, autoridades locales y promotores de la buena salud— es condición necesaria para su apropiación y escalamiento. Las líneas de trabajo futuro que se identifican son: estudios de intervención dietética en poblaciones de las tres comunidades con evaluación de biomarcadores de salud; análisis de la estabilidad y biodisponibilidad de la C3G en preparaciones artesanales loca-

les; diseño y evaluación de programas de educación alimentaria intercultural; y desarrollo de indicadores de soberanía nutracéutica para la evaluación de impacto en el territorio.

## CONCLUSIONES

Los efectos documentados de la cianidina-3-glucósido (C3G) en la prevención y manejo de enfermedades crónicas no transmisibles y en la reducción del estrés oxidativo asociado a la desnutrición confieren al maíz azul nativo, la zarzamora y la frambuesa de la Zona Izta-Popo de Puebla un valor estratégico para el bienestar comunitario de las familias productoras. Los siete mecanismos de acción identificados (inhibición de la  $\alpha$ -glucosidasa, regulación del perfil glucémico y lipídico, inhibición de la adipogénesis, vasodilatación mediada por óxido nítrico, actividad anticancerígena, reducción del estrés oxidativo y efectos anti-senescencia) representan una base biológica sólida y actualizada para el diseño de intervenciones nutricionales pertinentes para el territorio.

El análisis epidemiológico de las tres comunidades productoras muestra perfiles diferenciados de morbilidad que pueden atenderse con estrategias de alimentación fundamentadas en la C3G. La correspondencia entre los mecanismos de acción documentados y los perfiles de salud de cada localidad muestra la pertinencia

territorial, cultural y epidemiológica necesaria para que las estrategias propuestas puedan ser implementadas de manera efectiva y sostenible. Estas estrategias integran el valor nutracéutico de los cultivos con los circuitos cortos de comercialización, la educación alimentaria intercultural, el etiquetado funcional y los programas públicos existentes, configurando un modelo de intervención que vincula salud comunitaria, desarrollo rural y soberanía alimentaria con identidad territorial.

El estudio fortalece el cumplimiento transversal de los ODS 2, 3, 12 y 15, y se alinea con la reforma constitucional en defensa de los maíces nativos y con los programas estatales de desarrollo rural poblano. Se recomienda profundizar en estudios de intervención comunitaria y en el análisis de la biodisponibilidad de la C3G en procesos de transformación artesanal propios de la región, así como avanzar en la co-construcción participativa de las estrategias alimentarias con los actores locales, como condición necesaria para su apropiación y sostenibilidad territorial.

## CUMPLIMIENTO EDITORIAL

Los autores declaran que este manuscrito es original, no está en evaluación en otra revista, y cumple con el límite de autorías. Además, los autores declaran que no hay ningún conflicto de intereses con la revista Interserrana: Ciencia, Cultura y Territorio.

## REFERENCIAS

- Bars-Cortina, D., Sakhawat, A., Piñol-Felis, C., y Motilva, M. J. (2022). Chemopreventive effects of anthocyanins on colorectal and breast cancer: A review. *Seminars in Cancer Biology*, 81, 241–258. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2020.12.013>
- Cadioux, K. V., y Slocum, R. (2015). What does it mean to do food justice? *Journal of Political Ecology*, 22(1), 1–26. <https://doi.org/10.2458/v22i1.21076>
- Castañeda-Cardona, C. C., Guerra-Ramírez, D., Martínez-Solís, J., Barrientos-Priego, A. F., Peña-Ortega, M. G., y Morillo-Coronado, Y. (2024). Potencial nutracéutico de frutos de especies silvestres de zarzamora y frambuesa. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 47(1), 11–17. <https://doi.org/10.35196/rfm.2024.1.11>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2020). *Medición de la pobreza: Indicadores de pobreza por municipio*. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Medicion/Medicion-de-la-pobreza-municipal.aspx>
- Diario Oficial de la Federación. (2025). Decreto por el que se reforman los artículos 4° y 27° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección del maíz nativo. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5752109&fecha=17/03/2025](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5752109&fecha=17/03/2025)
- Feng, W., Xue, W., Zhao, Z., Wang, H., Shi, Z., Wang, W., Chen, B., Qiu, P., Xue, J., y Sun, M. (2024). Nitrogen level impacts the dynamic changes in nitrogen metabolism, and carbohydrate and anthocyanin biosynthesis improves the kernel nutritional quality of purple waxy maize. *Plants*, 13(20), 2882. <https://doi.org/10.3390/plants13202882>
- Fushimi, T., Oyama, S., Koizumi, R., Fujii, Y., y Osakabe, N. (2022). Impact of cyanidin 3-O-glucoside on rat micro- and systemic circulation, possibly through angiogenesis. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 72(2), 132. <https://doi.org/10.3164/jcbn.22-50>
- Gobierno de México. (2025). *Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030*. Presidencia de la República. <https://www.gob.mx/presidencia>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020: Principales resultados por localidad (ITER)*. <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/ficha.html?tit=326108&ag=0&f=csv>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2020). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018–19. Resultados nacionales*. [https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut\\_2018\\_informe\\_final.pdf](https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_informe_final.pdf)
- Kim, D. W., Han, H. A., Kim, J. K., Kim, D. H., y Kim, M. K. (2021). Comparison of phytochemicals and antioxidant activities of berries cultivated in Korea: Identification of phenolic compounds in aronia by HPLC/Q-TOF MS. *Preventive Nutrition and Food Science*, 26(4), 459–468. <https://doi.org/10.3746/pnf.2021.26.4.459>
- Kongthitlerd, P., Barras, E., Rong, W., Thibodeaux, A., Rigdon, M., Yao, S., Adisakwattana, S., Suantawee, T., y Cheng, H. (2023). Cyanidin inhibits adipogenesis in 3T3-L1 preadipocytes by activating the PLC-IP3 pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 162, 114677. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.114677>
- Lee, J. S., Kim, Y. R., Park, J. M., Kim, Y. E., Baek, N. I., y Hong, E. K. (2015). Cyanidin-3-glucoside isolated from mulberry fruits protects pancreatic  $\beta$ -cells against glucotoxicity-induced apoptosis. *Molecular Medicine Reports*, 11(4), 2723–2728. <https://doi.org/10.3892/mmr.2014.3078>
- León-Murillo, J. R., Gutiérrez-Dorado, R., Reynoso-Camacho, R., Milán-Carrillo, J., Perales-Sánchez, J. X. K., Cuevas-Rodríguez, E. O., y Reyes-Moreno, C. (2021). Tortillas preparadas con harinas extruidas de maíz azul y semillas de chía como una opción de alimento nutritivo y nutracéutico. *Agrociencia*, 55(6), 487–506. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/2555>
- Quiñones-Muñoz, T. A., Villanueva-Rodríguez, S. J., y Torruco-Uco, J. G. (2022). Nutraceutical properties of *Medicago sativa* L., *Agave* spp., *Zea mays* L. and *Avena sativa* L.: A review of metabolites and mechanisms. *Metabolites*, 12(9), 806. <https://doi.org/10.3390/metabo12090806>

- Radice, M., Scalvenzi, L., y Gutiérrez, D. (2020). Etnofarmacología, bioactividad y fitoquímica de *Maxillaria densa* Lindl. Revisión científica y biocomercio en el neotrópico. *Colombia Forestal*, 23(2), 20–33. <https://doi.org/10.14483/2256201X.15924>
- Rubio, O. E., Pérez, S. R. E., Ávila, V. T. C., Gómez, L. J. F., y García, S. P. A. (2019). Propiedades fisicoquímicas de frutos silvestres de *Rubus* con potencial nutraceutico y alimenticio. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (23), 291–301. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2028>
- Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Puebla. (2023, 21 de marzo). Acuerdo de la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado, por el que se emiten las Reglas de Operación de los Programas para el Campo Poblano. *Periódico Oficial del Estado de Puebla*, Tomo DLXXV, Núm. 14 (Edición Vespertina). [https://periodicooficial.puebla.gob.mx/media/k2/attachments/T\\_E\\_V\\_21032023\\_C.pdf](https://periodicooficial.puebla.gob.mx/media/k2/attachments/T_E_V_21032023_C.pdf)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). *Producción mensual agrícola. Avance de siembras y cosechas*. [https://nube.agricultura.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/)
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. (2023). *Valor de la producción nacional agropecuaria y pesquera*. <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/documentos/siacon-ng-161430>
- Torres, T. F., y Rojas, M. A. (2024). Alimentos ultraprocesados y comida rápida: hacia la configuración de un patrón alimentario híbrido. *Problemas del Desarrollo*, 55(217), 3–28. <https://doi.org/10.22201/ieec.20078951e.2024.217.70084>
- Vázquez-Carrillo, M. G., Palos-Hernández, A., González-Paramás, A. M., Santos-Buelga, C., García-Cruz, L., Arellano-Vázquez, J. L., y Rojas-Martínez, I. (2025). Blue maize with pigmented germ: Phytochemical compounds and tortilla color. *Food Chemistry*, 463, 141109. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141109>
- Vía Campesina. (2007). *Nyeléni Declaration on Food Sovereignty*. Forum for Food Sovereignty, Sélingué, Mali. <https://nyeleni.org/IMG/pdf/DeclNyeleni-es.pdf>
- Xochipa-Morante, R. C., Rosas-Gallo, A., Xochipa-Morante, J. R., Lacayo-Romero, M. L., Carmona-Silva, J. L., Macías-López, A., y Cantellano-Rodríguez, H. (2025). Anthocyanins in local, healthy and specialty agrifood from the Sierra Nevada of Puebla. *Agro Productividad*, 18(11), 135–143. <https://doi.org/10.32854/9y46z730>
- Ye, X., Chen, W., Tu, P., Jia, R., Liu, Y., Li, Y., Tang, Q., Zheng, X., y Chu, Q. (2021). Food-derived cyanidin-3-O-glucoside alleviates oxidative stress: Evidence from the islet cell line and diabetic db/db mice. *Food & Function*, 12(22), 11599–11610. <https://doi.org/10.1039/d1fo02385c>