



El futuro del maíz nativo en México: ¿Podemos salvarlo?

Norzagaray-Quevedo Denisse A., Gaytán-Pinzón Grethel P., Sandoval-Castro Eduardo,
Calderón-Vázquez Carlos L.*

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional - Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional.
Laboratorio de Genómica Funcional. Guasave, Sinaloa, 81049. México.

Autor de correspondencia: ccalderon@ipn.mx

RESUMEN

El maíz nativo (*Zea mays* L.) es mucho más que el alimento básico de México: es un símbolo vivo de identidad, cultura y resistencia campesina. Domesticado hace más de 9000 años en tierras mexicanas, hoy se compone de una gran diversidad de razas adaptadas a distintos climas y suelos y seleccionadas tradicionalmente por sus colores, formas y sabores únicos. A pesar de su importancia cultural y como fuente de alimento básico, su conservación se encuentra amenazada por diversos factores como la sustitución por híbridos comerciales y transgénicos, el cambio climático, la pérdida del relevo generacional por migración y la falta de apoyos gubernamentales. Es necesario unir esfuerzos para contrarrestar esta situación; al ser parte de la cultura mexicana, la conservación de los maíces nativos es responsabilidad común y las estrategias para su conservación deben ser participativas entre las comunidades, academia y gobierno, con la finalidad de conservar y revitalizar el maíz nativo, desde bancos de semillas hasta leyes de protección. Esta revisión invita a conocer la historia, la diversidad y los retos del maíz nativo, así como las soluciones que pueden asegurar su futuro en la mesa y en el campo.

Palabras clave: Maíz nativo, diversidad genética, cambio climático, migración.



ABSTRACT

Native maize (*Zea mays* L.) is much more than Mexico's staple food: it is a living symbol of identity, culture, and farmers' endurance. Domesticated over 9,000 years ago in Mexican soil, today there are dozens of races adapted to different climates, soils, and traditions, each with unique colors, shapes, and flavors. However, this wealth is under threat due to various factors that risk erasing a fundamental part of our biocultural heritage: replacement by commercial and transgenic varieties, climate change, and the loss of generational continuity due to migration.

To counter this situation, comprehensive strategies involving communities, scientists, and governments are necessary, from seed banks to protective laws to conserve and revitalize native maize. This review invites readers to explore the history, diversity, and challenges of native maize, as well as the solutions that can secure its future in Mexican homes and fields.

Keywords: Native maize, genetic diversity, climate change, migration.

1

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo más emblemático de México y constituye un elemento central de la identidad mexicana por su relevancia a nivel agronómico, socioeconómico, cultural y, sobre todo, en la alimentación (Pérez Ruiz et al., 2024). Desde su domesticación (9,000 años), ha sido objeto de selección y conservación *in situ* por comunidades indígenas y campesinas. Actualmente, en México se comercializan híbridos comerciales que se utilizan en la agricultura industrial; sin embargo, para el autoconsumo, se cuenta con una extraordinaria riqueza de razas de maíz adaptadas a distintos ecosistemas y prácticas agrícolas tradicionales (Matsuoka et al., 2002; Kato et al., 2009).

El maíz nativo, también denominado criollo es un símbolo de identidad, autonomía y saberes tradicionales. No obstante, su conservación ha enfrentado múltiples desafíos, desde la expan-

sión de monocultivos, la introducción de híbridos y transgénicos, el desuso de las variedades locales por su baja productividad y competitividad, y el desinterés de productores tradicionales, hasta la falta de incentivos para la agricultura tradicional y el impacto del cambio climático, acelerando su erosión genética (Caballero-García et al., 2019).

Ante este escenario, para poder salvar el maíz nativo, es necesario, en principio, comprender el contexto genético y cultural; segundo, identificar los riesgos que enfrenta; y tercero, destacar las estrategias de conservación y rescate que puedan asegurar su permanencia. El objetivo de esta revisión es recopilar y analizar información sobre estos tres aspectos clave, con la finalidad de contribuir a su reconocimiento, conservación y aprovechamiento sostenible.

2

¿SABES CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE MAÍZ NATIVO Y MAÍZ HÍBRIDO?



El maíz (*Zea mays* ssp. *mays*) es una gramínea que se originó de los teocintles *Z. mays* ssp. *mexicana* y *Z. mays* ssp. *parviglumis* (Matsuoka et al., 2002). El maíz nativo se define como el conjunto de variedades de maíz que han resultado del proceso de domesticación, selección y adaptación continua por parte de las comunidades de productores. Su diversidad ha permitido seleccionar y cultivar maíz en diversas condiciones ambientales y tipos de suelo, cubriendo

los gustos y necesidades de los grupos campesinos e indígenas (Kato et al., 2009).

En contraste, el maíz híbrido es producto del mejoramiento genético moderno, diseñado para maximizar el rendimiento y la uniformidad bajo condiciones controladas, como riego, fertilización, etc. Debido a su diversidad, el maíz nativo puede aportar mayor diversidad de compuestos bioactivos, como antioxidantes, pigmentos y micronutrientes (Martínez-Martínez et al., 2019), mientras que los híbridos comerciales están diseñados en su mayoría para rendimiento (Duvick, 2001).

2.1. Re-conociendo las partes del maíz (la botánica vs nombres tradicionales)

Las semillas de maíz, se conocen botánicamente como cariópsides y son pequeños frutos secos. Dentro de ellos, se encuentran dos estructuras clave: el germen, a partir del cual se desarrollará una nueva planta, y el endospermo, que proporcionará nutrientes a la plántula hasta que se establezca (Kumar et al., 2006).

El oloote funciona como la columna vertebral de la mazorca, sosteniendo los granos, permitiendo que se desarrollen juntos y en orden. En su interior hay un tejido esponjoso (parénquima) crucial para el almacenamiento de nutrientes y soporte. Finalmente, el anillo leñoso es fundamental para el soporte estructural y la conducción de agua a toda la planta (Figura 1) (Bennetzen y Hake, 2009).

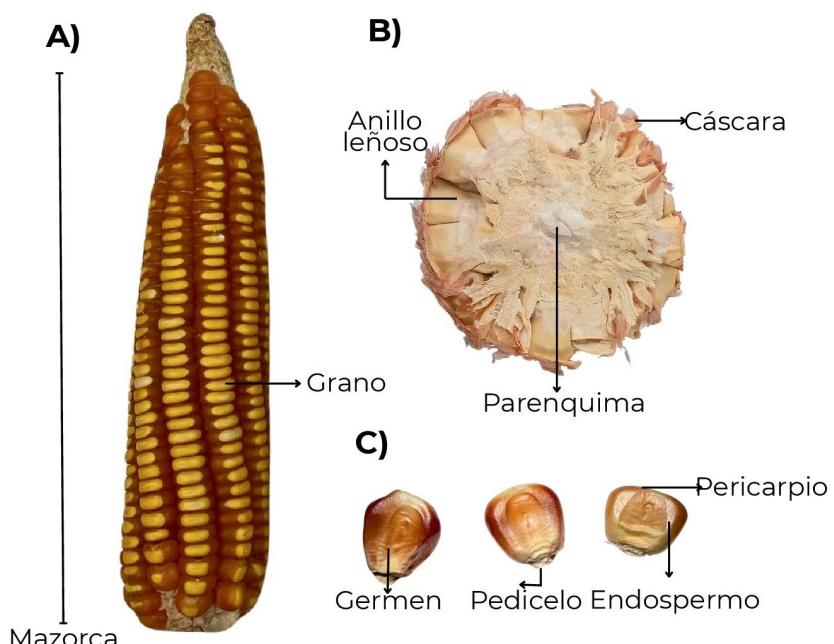


Figura 1. Componentes del maíz. A) Mazorca de maíz nativo. B) Oloote de maíz con corte transversal. C) Granos de maíz.

2.2. Para una gran diversidad de maíz, una gran diversidad de platillos y costumbres

Mientras que el maíz tiene usos diversos, la principal razón para cultivarlo es la producción de alimentos (Domínguez-Hernández et al., 2022) como nixtamal, harina, tortillas, totopos, pan, botanas, papillas, atole, productos al vapor, cereales e inclusive bebidas alcohólicas y no alcohólicas (Pérez-Ruiz et al., 2024). Hay una correlación entre la raza de maíz y el tipo de preparación culinaria, por ejemplo: la raza Bolita es idónea para elaborar la tortilla “tlayuda”, con la raza Cacahuacintle se prepara el pozole, mientras que la raza Blando de Sonora se prefiere para los “coricos” (Fernández-Suárez et al., 2013).

En cuanto a nuestra identidad cultural, según el *Popol Vuh*, el maíz es el alimento con el que los dioses crearon a los humanos (Arqueología Mexicana s.f.-a). Esta conexión se celebra en diversas regiones mediante rituales como la “La



Figura 2. Relevancia cultural del maíz en la que se explora la conexión entre las deidades del maíz en la cosmovisión mexica (Xilonen y Centeotl) y las variedades nativas utilizadas en la gastronomía mexicana.

fiesta de la cosecha”, el intercambio de semillas y danzas tradicionales, en honor a deidades como Centeotl, dios de la mazorca madura, y Xilonen, diosa de los elotes tiernos (Arqueología Mexicana s.f.-b). En la Figura 2 se aprecia la relevancia cultural de los maíces nativos.

DIVERSIDAD DEL MAÍZ NATIVO: LA RIQUEZA GENÉTICA DE MÉXICO

Como resultado de la domesticación y selección, se puede observar gran variedad de maíces de colores y formas muy variadas —blancos, rojos, negros, azules, amarillos, naranjas—, cada uno con características únicas según las condiciones ambientales de cada región y las prácticas tradicionales, principalmente en agroecosistemas denominados “sistema milpa” (Prasanna et al., 2012).

3.1. ¿Qué son las razas de maíz?

Las razas se denominan por sus características físicas (mazorca, grano), su origen geográfico o el nombre que les dan las comunidades indígenas y mestizas que las cultivan. Aunque una sola raza puede incluir muchas variedades, esta clasificación ayuda a organizar y conservar el maíz en bancos de germoplasma y programas de mejoramiento. Existen cerca de 300 razas de maíz, y en América Latina, se han descrito 265 (Casiano de la Rosa, 2015).

En México, se han descrito 64 razas; de las cuales, 59 se pueden considerar nativas. Estas se agrupan a su vez en siete complejos o grupos raciales: cónico, sierra de Chihuahua, ocho hileras, chapalote, tropicales tempranos, dentados tropicales y maduración tardía (Cuadro 1) (CONABIO, 2020).

Grupo racial	Raza
 Chapalote	Chapalote, dulcillo del noroeste, elotero de Sinaloa y reventador
 Dentados tropicales	Celaya, chiquito, choapaneco, cubano amarillo, Nal-tel de altura, pepitilla, tepecintle, tuxpeño, tuxpeño norteño, vandeño, zapalote grande.
 Ocho hileras	Zamorano amarillo, onaveño, jala, harinosos de ocho elotes occidentales, bolita, bofo, blando y ancho
 Sierra de Chihuahua	Apachito, azul, complejo serrano de Jalisco, cristalino, gordo, amarillo de montaña
 Cónico	Arrocillo, cacahuacintle, chalqueño, cónico, cónico norteño, dulce, elotes cónicos, mixteco, mushito, mushito de Michoacán, negrito, palomero de Chihuahua, palomero de Jalisco, palomero toluqueño, uruapeño.
 Tropicales tempranos	Conejo, Nal-tel, ratón y zapalote chico
 Maduración tardía	Tehua, serrano, serrano mixe, quicheño, oloton, olotillo, negro de Chiamtenango, motozinteco, mixeño, coscomatepe, comiteco y Dzit-Bacal

Cuadro 1.
Clasificación racial de los maíces nativos de México: Grupos y razas asociadas. (CONABIO, 2020)

4

PRINCIPALES FACTORES QUE AMENAZAN LA DIVERSIDAD GENÉTICA

4.1. Reemplazo por variedades comerciales y transgénicas

La baja productividad de los maíces nativos (entre 2 hasta 5.6 ton/ha), respecto al los maíces híbridos (7.8 o más ton/ha), ha sido la principal causa que desplaza las variedades nativas, representando uno de los mayores factores de pérdida de diversidad genética y erosión cultural (Ramírez-Maces et al., 2023).

Un claro ejemplo, se observó en la región de la Frailesca, Chiapas, México, donde la implementación de un modelo de agricultura tecnificada, trajo problemas ecológicos (degradación de

suelos), económicos (reducción de superficie de siembra de cultivos básicos) y sociales (migración campo-ciudad) (Jiménez, 2019).

Además, la importación de maíz amarillo de EUA, donde el 95% de su producción es transgénico, representa un riesgo latente de flujo no intencional de transgenes a nuestras variedades nativas de maíz (Figura 3), generando impactos negativos en su uso y conservación (Dyer et al., 2009; Piñeyro-Nelson et al., 2009; Ayala-Angulo et al., 2023).

Figura 3. Factores que amenazan la diversidad genética del maíz nativo.

4.2. Cambio climático

Los maíces nativos en México representan una fuente importante del reservorio genético para poder enfrentar los asaltos del cambio climático. Sin embargo, su cultivo es altamente dependiente de la variabilidad interanual de la lluvia, así que la sequía resultante representa un riesgo importante y por ende, contribuye en la disminución de la diversidad genética (Mora-Saucedo et al., 2022).



4.3. Pérdida del relevo generacional y migración

La producción de maíz nativo se vuelve cada vez más insostenible por la falta de apoyo gubernamental y el cambio climático, lo que impulsa la migración de productores y jóvenes hacia zonas urbanas o Estados Unidos. Esta migración redu-

ce la presencia en el campo. El conocimiento tradicional está en manos de adultos mayores, pero si los jóvenes están abandonando el campo y no "heredan" ese conocimiento, se pone en riesgo la preservación de la diversidad (Portilla-Alonso, 2024).

5

GUARDIANES DEL MAÍZ NATIVO: ESTRATEGIAS PARA CONSERVARLO

Existen dos estrategias principales: la conservación *in situ* (mantener y restaurar) y la *ex situ* (protección de especies fuera de su hábitat natural). Además, el mejoramiento participativo es un enfoque innovador que vincula ambos tipos de conservación y fortalece la participación de comunidades rurales.

5.1. Conservación *in situ*

Este tipo de estrategia, consiste en cultivar las variedades nativas en su hábitat, donde siguen evolucionando junto con las prácticas agrícolas y las condiciones ambientales locales. Los agricultores que siembran maíces nativos no solo

los preservan, sino que también generan nueva diversidad al seleccionar y reproducir semillas (Herrera-Cabrera et al., 2000).

5.2. Conservación *ex situ*

Se refiere al resguardo de semillas en bancos de germoplasma, donde el material genético se conserva para futuras generaciones y para investigación científica (Lascuráin et al., 2009), garantizando la disponibilidad de la diversidad incluso en caso de pérdida en el campo, y fa-

cilita su uso en programas de mejoramiento y reintroducción. Actualmente, CIMMYT cuenta con el banco más grande de germoplasma de maíz en México, pero existen también algunas comunidades que cuentan con sus propios bancos comunitarios de semilla.

5.3. Mejoramiento participativo: un enlace entre ambas estrategias

El mejoramiento participativo reúne a investigadores y productores para desarrollar nuevas variedades a partir del conocimiento tradicional y las necesidades locales (Bellon y Reeves, 2002; Ceccarelli, 2012), a partir de maíces nativos sobresalientes. En este proceso, las comunidades seleccionan y evalúan materiales tanto en sus campos como en parcelas experimentales, y los

materiales promisorios pueden ser conservados en bancos de germoplasma. Así, el mejoramiento participativo fortalece la conservación *in situ*, y enriquece las colecciones *ex situ*, facilitando la transferencia de semillas entre comunidades y la resiliencia de los sistemas agrícolas tradicionales (Aragón-Cuevas y Sánchez-Cuevas, 2019).

6

SEMILLAS DE ESPERANZA: INICIATIVAS PARA RESCATAR EL MAÍZ NATIVO

México se distingue por su compromiso con la protección del maíz nativo, impulsando iniciativas en distintos ámbitos. A nivel gubernamental, programas como el PROMAC (*Programa de Conservación de Maíz Criollo*) y la Red Maíz han distribuido más de 1,500 toneladas de semillas de razas tradicionales como Tuxpeño, Chalqueño, Olotillo y Cónico. Uno de los proyectos más relevantes es el Programa de Rescate de Maíces Nativos de la SADER (*Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*), que a través de apoyos económicos y acompañamiento técnico ha logrado aumentar la producción de variedades como el Zapalote Chico y recuperar el cultivo del Palmero Toluqueño (SADER, 2019).

Por su parte, la Ley Federal de Fomento y Protección de Maíz Nativo, junto con leyes estatales en Tlaxcala, Michoacán, Morelos, Colima, Hidalgo, Sinaloa y Estado de México, promueve la conservación del maíz nativo mediante la creación de bancos de semillas, el mejoramiento participativo y la realización de ferias de semillas (Portilla-Alonso, 2024).

En Sinaloa, en el ámbito académico, investigadores han colectado y caracterizado 12 diferentes razas criollas en todo el estado (Linares-Holguín et al., 2019), con especial énfasis en el centro y sur de Sinaloa.

De igual manera, el Laboratorio de Genómica Funcional del CIIDIR-IPN Sinaloa desarrolla diversos proyectos de investigación que van desde la caracterización morfológica, la creación de un banco de germoplasma incluyendo colectas de Olotillo, Bolita, Comiteco, Negrito, Tuxpeño, Bofo,



Figura 4. Germoplasma parcial del Laboratorio de Genómica Funcional de CIIDIR-IPN-Unidad Sinaloa.

Reventador entre otros (Figura 4), hasta estudios genéticos y de intercambio de nutrientes durante su cultivo en sistema milpa. Todo ello con el fin de revalorizar los maíces nativos de nuestra región de la mano de los pequeños productores a través del mejoramiento participativo, principalmente en la región centro-norte del Estado.

7

ENTONCES, ¿PODEMOS SALVAR EL MAÍZ NATIVO?

El futuro del maíz nativo depende de acciones concretas: ciencia aplicada, mercados justos y una sociedad comprometida. Conservar la diversidad es clave: los bancos de semillas comunitarios permiten resguardar variedades locales para futuras generaciones (Verwooy et al., 2017), mientras que el mejoramiento participativo fortalece la resiliencia del cultivo frente a retos ambientales y productivos (Ceccarelli, 2012).

Las prácticas agroecológicas (rotación de cultivos, la cero labranza y el uso de insumos naturales) son aliadas fundamentales, ya que mejoran la productividad y protegen la biodiversidad. Un ejemplo destacado es el sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF), que ha permitido mejorar la rentabilidad de productores de México y Centroamérica (Regalado-López et al., 2020, Ramírez-Maces et al., 2023).

A nivel gubernamental, es indispensable fortalecer políticas que incentiven el cultivo de maíces nativos. Programas como “Sembrando Vida” y campañas como “Sin Maíz No Hay País” demuestran que la formación de redes para la protección del maíz nativo en México son actores sociales críticos relevantes (García-López y Giraldo, 2021).

Finalmente, la educación es vital para que la sociedad valore y consuma maíz nativo, evitando su desplazamiento en el mercado. La colaboración entre universidades, agricultores y comunidades es la mejor garantía para que el maíz nativo siga siendo símbolo de identidad, alimentación y resiliencia en México.

8 CONCLUSIONES

El maíz nativo es patrimonio biocultural fundamental para México, generado por siglos de domesticación. Su conservación requiere reconocerlo como activo estratégico y protegerlo del desplazamiento por híbridos comerciales y el abandono del campo. Es urgente combinar la conservación en las parcelas campesinas (in situ) con el resguardo en bancos de germoplasma (ex situ). El mejoramiento participativo y el impulso de prácticas agroecológicas permiten fortalecer la resiliencia y la soberanía alimentaria. Con este compromiso multisectorial podremos asegurar que el maíz nativo siga siendo símbolo de identidad, alimentación y futuro para México.

9 AGRADECIMIENTOS

Al SECHITI por la beca del doctorado (4017768) y al proyecto de Ciencia Básica y de Frontera con clave CBF2023-2024-3902.



REFERENCIAS

- | | | | | |
|--|---|---|--|--|
| Aragón-Cuevas F, y Sánchez-Cuevas A (2019) Conservación in situ y mejoramiento participativo de los maíces nativos y sus parentes silvestres en Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valles Centrales Oaxaca. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. NM002. | Casiano de la Rosa MA (2015) <i>Análisis de la variación entre 13 poblaciones de maíces nativos del Estado de Tlaxcala, México.</i> [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Disponible en http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/7594 | Méjico. <i>Revista mexicana de sociología</i> , 83(2), 297-329. https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2021.2.60105 | Rodríguez, J. C., & Pérez-Herrera, A. (2019). Bioactive compounds and antioxidant activities in pigmented maize landraces. <i>Interciencia</i> , 44(9), 549-556. ISSN: 0378-1844. | Characterization and utilization. <i>Journal of Biosciences</i> , 37(5), 843-855. https://doi.org/10.1007/s12038-012-9227-1 . |
| Arqueología Mexicana. (s.f.-a) <i>El maíz en México: Naturaleza y cultura</i> (Edición Especial 98). Disponible en arqueologiamexicana.mx/ediciones-especiales/e98-el-maiz-en-mexico-naturaleza-y-cultura | Ceccarelli S (2012) Plant breeding with farmers: a technical manual. ICARDA, PO Box 5466, Aleppo, Syria. pp xi + 126. ISBN 92-9127-271-X. | Herrera-Cabrera BE, Castillo-Gonzalez F, Gonzales JJ, Ortega-Paczka R, Goodman MM (2000) <i>Morphological traits to asses diversity among maize populations in a region.</i> | Matsuoka Y, Vigouroux Y, Goodman MM, Sanchez GJ, Buckler E y Doebley J (2002) A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> , 99(9), 6080-6084. https://doi.org/10.1073/pnas.052125199 | Ramírez-Maces HO, Tadeo-Robledo M, Villegas-Aparicio Y, Aragón-Cuevas F, Martínez-Gutiérrez A, Rodríguez-Ortiz G, Carrillo-Rodríguez JC, Espinosa-Calderón A y De La Olán M (2023) Diversidad biológica del sistema milpa y su papel en la seguridad alimentaria en la Sierra Mixe, Oaxaca. <i>Revista Fitotecnia Mexicana</i> , 46(2), 105-113. https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.105 |
| Arqueología Mexicana. (s.f.-b) <i>La deidad mexica del maíz</i> . Disponible en arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/la-deidad-mexica-del-maiz | CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2020). Consultado en Razas de maíz de México https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz . | Jiménez CE, Galdámez-Gadámez J, Martínez-Aguilar FB, Guevara-Hernández F y Vázquez-Solís H (2019) Eficiencia del policultivo maíz-frijol-calabaza bajo manejo orgánico en la Frailesca, Chiapas, México. <i>Agroecosistemas</i> , 7(3). https://orcid.org/0000-0002-6332-1271 | Mora-Saucedo JG, Delgado-Valerio P y Molina-Sánchez A (2022) <i>Variabilidad morfológica de maíz (Zea mays L.) en cuatro regiones agrícolas de Michoacán</i> . En <i>Acta Fitogenética</i> , 8(1), p. 14. Sociedad Mexicana de Fitogenética. | Regalado-López J, Castellanos-Alanis A, Pérez-Ramírez N, Méndez-Espinoza JA y Hernández-Romero E (2020) Modelo asociativo y de organización para transferir la tecnología milpa intercalada en árboles frutales (MIAF). <i>Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional</i> , 30(56), e20983. https://doi.org/10.24836/es.v30i56.983 . |
| Alaya-Angulo M, González Ej, Ureta C, Chávez-Servia JL, González-Ortega E, Vandame R, de Ávila-Bloomberg A, Martínez-Guerra G, González-Díaz S, Ruiz-González RO, Diego-Flores P, Álvarez-Buylla ER, Piñeyro-Nelson A (2023) Local and Regional Dynamics of Native Maize Seed Lot Use by Small-Scale Producers and Their Impact on Transgene Presence in Three Mexican States. <i>Plants</i> (Basel). Jun 30;12(13):2514. doi: 10.3390/plants12132514. | Domínguez-Hernández ME, Rosales-Adame JJ, de la Riva-Hernández EM, Reyes-Muro OCU (2022) El maíz nativo como factor de resiliencia y soberanía alimentaria en la Sierra de Manantlán, Occidente de México. <i>Acta Botanica Mexicana</i> , 129, e1925. | Kato TA, Mapes C, Mera LM, Serratos JA y Bye RA (2009) Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México. | Pérez Ruiz RV, Aguilar-Toalá JE, Cruz-Monterrosa RG, Rayas-Amor AA, Rodríguez MH, Villasana YC y Pérez JH (2024) Mexican native maize: Origin, races and impact on food and gastronomy. <i>International Journal of Gastronomy and Food Science</i> , 37, 100978. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100978 | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2019). Disponible en https://www.gob.mx/agricultura/prensa/arranca-gobierno-de-mexico-programa-de-rescate-de-maices-nativos-en-16-estados-de-la-republica-220113 |
| Bellon MR y Reeves J (2002) Quantitative Analysis of Data from Participatory Methods in Plant Breeding. <i>AgEcon</i> , 103: 233-244. | Duvick DN (2001) Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize. <i>Nature Reviews Genetics</i> , 2 (1), 69-74. https://doi.org/10.1038/35047587 | Kumar V, Raghavendra AS y Janardhan-Reddy K (2006) <i>Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants</i> . Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-4225-6 | Piñeyro-Nelson A, Van Heerwaarden J, Perales HR, Serratos-Hernández JA, Rangel A, Hufford MB, y Álvarez-Buylla ER (2009). Transgenes in Mexican maize: Molecular evidence and methodological considerations for GMO detection in landrace populations. <i>Mol. Ecol.</i> 2009;4:750-761. https://doi:10.1111/j.1365-294X.2008.03993.x | Vernooy R, Sthapit B y Bessette G (2017). <i>Community Seed Banks: Concept and Practice – Facilitator Handbook</i> . Rome (Italy): Bioversity International. 150 p. ISBN: 978-92-9255-068-4 |
| Bennetzen JL, y Hake SC (2009) <i>Handbook of Maize: Its Biology</i> . Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-79418-1 . | Dyer GA, Serratos-Hernández JA, Perales HR, Gepts P, Piñeyro-Nelson A, Chávez A (2009) Dispersal of Transgenes through Maize Seed Systems in Mexico. <i>PLoS ONE</i> 4(5): e5734. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005734 | Lascuráin M (2009) Conservación de especies ex situ, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 517-544. | Linares-Holguín OO, Rocandio-Rodríguez M, Santacruz-Varela A, López-Valenzuela, JÁ, Córdova-Téllez L, Parra-Terraza S y Sánchez-Peña P (2019) Caracterización fenotípica y agronómica de maíces (<i>Zea mays</i> ssp. <i>mays</i> L.) nativos de Sinaloa, México. <i>Interciencia</i> , 44(7), 421-428. | Portilla-Alonso, RM. (2024). Evaluación rápida de estrategias para la conservación de maíces nativos. GIZ México, Proyecto Vida y Campo. Disponible en agriculturasostenible.mx/web/manuales#manualesNo_4 |
| Caballero-García MA, Cordova-Téllez L, López-Herrera ADJ (2019) Validación empírica de la teoría multicéntrica del origen y diversidad del maíz en México. <i>Revista Fitotecnia Mexicana</i> , 42(4), 357-366. https://doi.org/10.35196/rfm.2019.4.357-366 . | Fernández-Suárez R, Morales-Chávez LA, Gálvez-Mariscal A (2013) Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. <i>Revista Fitotecnia Mexicana</i> , 36(Especial 5), 533-542. | García-López V, Giraldo OF (2021) Redes y estrategias para la defensa del maíz en | Martínez-Martínez, R., Vera-Guzmán, A. M., Chávez-Servia, J. L., Aquino-Bolaños, E. N., Carrillo- | Prasanna BM (2012) Diversity in global maize germplasm: |