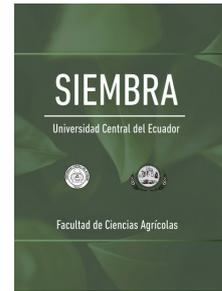


Composición morfológica y rendimientos de maíces nativos sin uso de agroquímicos en Chiapas, México

Morphological composition and yields of native maize without the use of agrochemicals in Chiapas, Mexico

Juan Carlos Caballero Salinas¹, Hugo Adrián Pizaña Vidal², Alma Amalia González Cabañas³, Erasmo Núñez Ramos⁴, Fabian Aguilar Cruz⁵, Emmanuel Ovando Salinas⁶



Siembra 10 (2) (2023): e3997

Recibido: 20/03/2023 Revisado: 17/04/2023 / 22/05/2023 Aceptado: 01/06/2023

- ¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro Académico Regional Chiapas. Prolongación avenida Benito Juárez, Rancho La Concordia. C.P. 30400. Cintalapa, Chiapas, México.
✉ jccs.uaaan@gmail.com
🔗 <https://orcid.org/0000-0002-3290-2274>
- ² Universidad Autónoma de Chiapas. Blvd. Belisario Domínguez Kilómetro 1081, Terán. C. P. 29050. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
✉ hugoadrian_25@hotmail.com
🔗 <https://orcid.org/0000-0002-9850-1596>
- ³ Centro de Investigaciones Multidisciplinaria sobre Chiapas y la Frontera Calle María Delina Flores, Barrio Guadalupe. C. P. 29230. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.
✉ agonzale@unam.mx
🔗 <https://orcid.org/0000-0002-5538-2638>
- ⁴ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro Académico Regional Chiapas. Prolongación avenida Benito Juárez, Rancho La Concordia. C.P. 30400. Cintalapa, Chiapas, México.
✉ enramos76@gmail.com
🔗 <https://orcid.org/0000-0002-7239-1309>
- ⁵ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro Académico Regional Chiapas. Prolongación avenida Benito Juárez, Rancho La Concordia. C.P. 30400. Cintalapa, Chiapas, México.
✉ j.fac@hotmail.com
🔗 <https://orcid.org/0000-0001-8083-5507>
- ⁶ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro Académico Regional Chiapas. Prolongación avenida Benito Juárez, Rancho La Concordia. C.P. 30400. Cintalapa, Chiapas, México.
✉ jhony2699salinas@gmail.com
🔗 <https://orcid.org/0000-0001-5099-470X>

*Autor de correspondencia:
hugoadrian_25@hotmail.com

Resumen

El objetivo de este estudio fue caracterizar morfológicamente cinco poblaciones de maíz nativo y estimar sus rendimientos, empleando prácticas agrícolas sin uso de agroquímicos. El estudio se realizó en el año 2021, en el municipio de Cintalapa, Chiapas, dentro del campo experimental del Centro Académico Regional de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Las cinco poblaciones de maíz nativo fueron proporcionadas por campesinos de diferentes regiones de la entidad, con previo consentimiento informado. Las prácticas agrícolas consistieron en uso de extractos vegetales y jabón potásico con extracto de neem (*Azadirachta indica*) para la prevención y combate de plagas. Para la fertilización se aplicó lixiviado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y guano de murciélago en su presentación comercial. Los caracteres morfológicos se evaluaron con un análisis estadístico descriptivo considerando: días de floración masculina y femenina, alturas de planta y mazorca, longitud y diámetro de la mazorca, y número de hileras por mazorca y número de granos por hilera. El rendimiento de grano se estimó mediante el peso de la mazorca cosechada de una muestra aleatoria de 20 plantas por población. Se identificaron diferencias numéricas de las variables estudiadas, lo que demuestra una diversidad genética existente. Las poblaciones que presentaron mayores rendimientos fueron Campeón y Olotillo, con 5,37 y 4,4 ton ha⁻¹ (± 1,24), respectivamente. Los datos aportan información para diseñar estrategias de conservación de maíces nativos con manejo libre de agroquímicos.

Palabras clave: agroecología, bioinsumos, diversidad genética, conservación de maíces.

Abstract

The objective of this study was to characterize the morphological composition of five populations of native maize and estimate their yields using agricultural practices without the use of agrochemicals. The study conducted in 2021, in the municipality of Cintalapa, Chiapas, within the experimental field of the Regional Academic Center of the Antonio Narro Autonomous Agrarian University. The five populations of native maize were provided by farmers from different regions of the state, with prior informed consent. The Agricultural practices consisted of using

SIEMBRA
<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>
ISSN-e: 2477-8850
ISSN: 1390-8928
Periodicidad: semestral
vol. 10, núm 2, 2023
siembra.fag@uce.edu.ec
DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.3997>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

plant extracts and potassium soap with neem extract (*Azadirachta indica*) to prevent and combat pests. For fertilization, Californian red earthworm (*Eisenia foetida*) leachate and bat guano were applied in their commercial presentation. Morphological characters were evaluated with a descriptive statistical analysis considering days to male and female flowering, plant and ear height ear length and diameter, number of rows per ear and number of kernels per row. Grain yield was estimated by the weight of the ear harvested from a random sample of 20 plants per population. Numerical differences of the studied variables were identified, which demonstrates an existing genetic diversity. The populations with the highest yields were Campeón and Olotillo, with 5.37 and 4.4 ton ha⁻¹ (± 1.24), respectively. The data provide information to design native maize conservation strategies through agrochemical-free management.

Keywords: agroecology, bioinputs, genetic diversity, maize conservation.

1. Introducción

Durante siglos las culturas de Mesoamérica domesticaron distintas razas de maíz, adaptándolas a condiciones agroecológicas específicas y utilizándolas para elaborar una gran diversidad de alimentos. Distintas poblaciones campesinas adecuaron estos maíces a los microclimas de sus territorios, así como a sus necesidades gastronómicas o culinarias (González-Amaro et al., 2017). Además, el maíz se consideró un elemento fundamental que forma parte de la cosmovisión de los pueblos, “una metáfora de la vida misma” (Carrillo Trueba, 2009).

En México, el maíz es el cultivo más importante en términos culturales, económicos y políticos. Casi toda la superficie cultivada con esta planta se siembra con semillas nativas; se calcula que entre el 70 y 80 %, aproximadamente (Godina-Rodríguez et al., 2020). De ahí su importancia como recurso biológico y cultural que no solo representa un alimento, sino que también resguarda las identidades e historias de muchas comunidades del medio rural. Generalmente estos maíces nativos vienen acompañados de otras plantas; su siembra se desarrolla en milpas consideradas como sistemas genéticos vivientes o comunidades biocenóticas, donde se intercalan o asocian distintas especies de interés social y económico como frijol, calabaza y chile, así como plantas arvenses que nacen de manera espontánea o como resultado del manejo de los agricultores (Velázquez-Cárdelas et al., 2018). Su conservación y mejora han dependido en gran parte de las prácticas y saberes locales de los campesinos (Pizaña Vidal y Caballero Salinas, 2020). Se ha demostrado que en algunas condiciones presentan ventajas con respecto a los maíces híbridos o variedades mejoradas de polinización abierta; por ejemplo, mayor tolerancia a las sequías, resistencia a plagas y a la pudrición de la mazorca (Bellon et al., 2006). Es un cultivo de gran adaptabilidad que presenta buena adecuación a suelos con baja fertilidad y condiciones climáticas adversas (Perales et al., 2003).

Chiapas, estado del sur de México, cuenta con áreas de gran diversidad genética de maíz (Martínez-Sánchez et al., 2017). En el año 2020, ocupó el primer lugar a nivel nacional en superficie sembrada con 690.653 ha y el octavo lugar en producción con 1.257.883 ton (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2022). Se ha estimado que el 75 % de la superficie es cultivada con maíces nativos y variedades de polinización libre (Coutiño-Estrada et al., 2015) que han sido domesticadas por los campesinos. Además, se han reportado 20 razas nativas de las 59 identificadas en el país (Perales y Hernández-Casillas, 2005).

Desde, al menos, hace cuarenta años el maíz en México es parte de políticas erráticas que han buscado sustentar la provisión de este alimento a través de su importación, descuidando con ello la producción nacional y a quienes por generaciones se han dedicado a cultivarlo, sobre todo a sectores sociales que producen en pequeña y mediana escala (Puyana, 2012; Torres Torres, 2018; Yúnez Naude, 2006). Cuando el maíz ha sido parte de políticas de fomento a la producción, el énfasis se ha puesto en el uso de tecnologías modernas para aumentar la productividad y la rentabilidad económica, lo que termina desplazando el acervo de conocimientos campesinos y pone en riesgo no solo los recursos bióticos locales, sino también el medio natural, así como la salud de productores y consumidores que se exponen a residuos tóxicos que contienen los insumos agroindustriales (Altieri et al., 2012; Bejarano González, 2017; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT], 2020). Asimismo, los productores quedan sujetos a sistemas de producción que dependen de insumos agrícolas que se encarecen en función de la especulación de los precios del mercado. Martínez-Reyes et al. (2018) calcularon que dicha dependencia es principalmente hacia los fertilizantes, los cuales representan entre el 40 y 50 % de los costos totales de producción.

Por los daños socioambientales que genera el modelo intensivo, diversos movimientos sociales han impugnado esta forma de producción, al tiempo que promueven la revalorización del maíz nativo y el cúmulo de conocimiento tradicionales ligados a dicho grano (Hernández-Rodríguez et al., 2020). Las razas nativas de maíz y las diversas prácticas de ahorro y conservación campesina, están siendo consideradas como una alternativa agroecológica que permite la difusión de conocimientos tradicionales entre las comunidades (Pizaña Vidal et al.,

2023). Altieri (2003) sostiene que los maíces nativos son fundamentales para el desarrollo de formas de agricultura sostenibles, ya que son el eje de prácticas como la milpa, un sistema dinámico de recursos genéticos de régimen pluvial conformado por un policultivo en el que la “triada mesoamericana” –maíz, frijol y calabaza– se siembra junto con otras especies, cuyo manejo implica una dimensión en términos territoriales más amplia. Todas estas especies que coexisten en la milpa dan opción a una variedad de alimentos nutritivos, proteínas de origen vegetal, verduras y tubérculos (Pizaña Vidal *et al.*, 2023). Además, la mayor variabilidad característica de la milpa, cuya base es el maíz nativo, contribuye a conservar la fertilidad de los suelos, es independiente de agroquímicos y tolera mejor las plagas y el cambio climático.

Cabe señalar que los movimientos por la agroecología propugnan la redefinición del sistema agroalimentario global sobre bases sostenibles y territoriales. La agroecología es un paradigma científico, práctico y social (Wezel *et al.*, 2009) donde se aplican los principios de la ecología y la agronomía al entendimiento y desarrollo de los agroecosistemas, pero además impulsa la recuperación de la producción campesina, la reducción o eliminación de insumos sintéticos y el reforzamiento de la soberanía alimentaria desde y para lo local.

En los últimos años la agroecología se ha convertido en la principal alternativa opuesta al modelo industrial en la agricultura; ha tomado un amplio reconocimiento social y político como alternativa capaz de hacer frente a los problemas socioecológicos que viene heredando a la sociedad el sistema agrícola industrial (Holt-Giménez y Altieri, 2013). Es importante matizar que la agroecología, como técnica y como factor de diferenciación en el mercado, está siendo acaparada por empresas transnacionales que ven aquí un segmento de mercado con alto crecimiento y rentabilidad económica por los sobreprecios que llegan a alcanzar estos productos. Estas empresas pretenden reducir los daños ecológicos mediante enfoques que se “pintan de verde”, pero que, en el fondo, no cuestionan la dependencia de los productores para con las cadenas de suministro de insumos del agronegocio, como tampoco las prácticas intensivas (Holt-Giménez y Altieri, 2013; Rosset y Altieri, 2018).

En cuanto a la literatura científica, relacionada al maíz nativo, diversos estudios han caracterizado su morfología (Godina-Rodríguez *et al.*, 2020; Martínez-Sánchez *et al.*, 2017), así como aspectos agronómicos, fisiológicos, niveles de rendimientos y caracteres fenotípicos (Conceição dos Santos *et al.*, 2019; María-Ramírez *et al.*, 2017; Martínez-Sánchez *et al.*, 2018; Tadeo-Robledo *et al.*, 2015). Tales experimentos han tenido un manejo agronómico con el uso de insumos químicos para el control de malezas, plagas, enfermedades y fertilización. Sin embargo, este tipo de investigaciones desestiman el efecto negativo tanto en la salud de los campesinos como en los ecosistemas y consumidores de los recursos externos utilizados.

El objetivo del presente trabajo es documentar una evaluación sin uso de agroquímicos, realizada para medir los rendimientos y las características morfológicas de cinco poblaciones de maíces nativos: Tuxpeño, Olotillo, As, Campeón y Oaxaqueño. Los agroquímicos fueron reemplazados por bioinsumos elaborados con extractos vegetales, jabón potásico, guano de murciélago y lixiviado de lombriz. El estudio de caracterización morfológica nos aporta información para diseñar estrategias de conservación y aprovechamiento (Martínez-Sánchez *et al.*, 2017) que, aunado al manejo agronómico sin agroquímicos, constituyen una estrategia para valorar el potencial productivo de los maíces locales que se estudian. Se sostiene que el cultivo de semillas nativas sin agroquímicos sigue y se adhiere a los principios de la agroecología (Alianza Biodiversidad, 2020). Las semillas nativas mismas son un bien colectivo, esto es, un recurso biocultural para la vida humana (Gárgano, 2020). Este aspecto relaciona las semillas con la soberanía alimentaria, ya que el maíz es el principal sostén de muchas comunidades indígenas y campesinas (García-López, 2020; Pertierra Lazo, 2020), sobre todo de aquellas cuyo acceso a insumos externos se ve limitado.

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el campo agrícola experimental del Centro Académico Regional Chiapas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Cintalapa, municipio del estado de Chiapas, al sur de México (Figura 1). Sus coordenadas geográficas son 16° 39' latitud norte y 93° 44' longitud oeste. Cintalapa se sitúa en una zona relativamente baja, a una altura de 540 m s. n. m., cualidad que le otorga un clima tropical semicálido-subhúmedo y una temperatura media anual que ronda los 24,5 °C. La precipitación pluvial oscila en promedio entre los 800 y 1.200 mm anualmente. De acuerdo con los criterios de la NOM-021-SEMARNAT-2000, la textura del suelo donde se estableció el experimento es arcillosa.

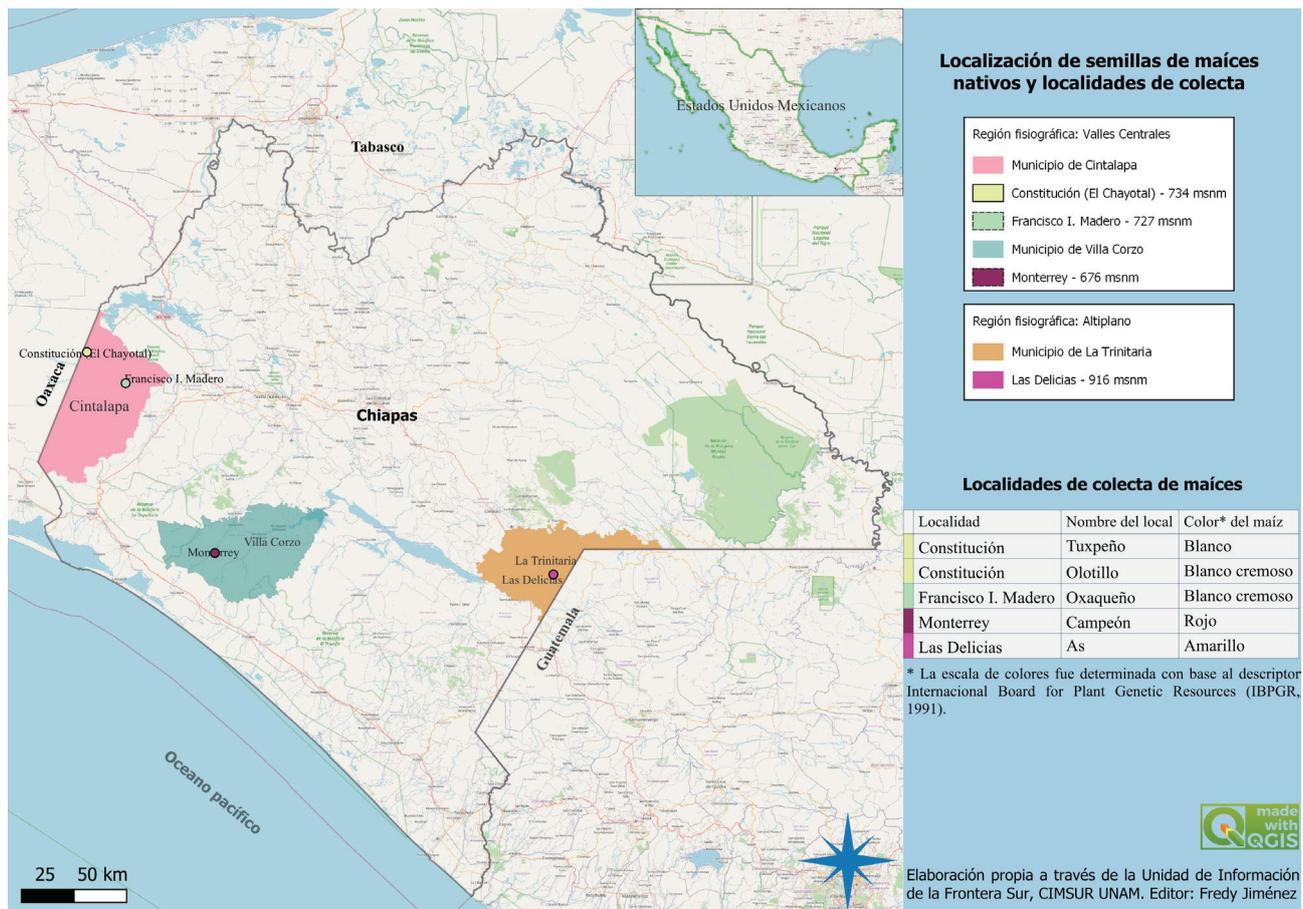


Figura 1. Ubicación de las localidades donde se colectaron los maíces.

Figure 1. Location of the localities where the maize was collected.

2.2. Materiales genéticos

Las semillas de maíces nativos fueron otorgadas por campesinos de localidades de tres municipios de Chiapas: Cintalapa y Villa Corzo, que se encuentran en la región fisiográfica de los valles centrales, y La Trinitaria, en el altiplano chiapaneco (Tabla 1 y Figura 2). Cabe señalar que se solicitó el consentimiento verbal de los campesinos para poder utilizar las semillas para su evaluación en campo. Durante más de cinco años los autores que suscriben han realizado investigación etnográfica en estos territorios; la recopilación de estos recursos genéticos y bioculturales se llevó a cabo a través de varios recorridos de campo efectuados en estas zonas del estado de Chiapas.

Tabla 1. Semillas de maíces nativos y localidades de colecta.

Table 1. Populations of native maize and collection locations.

Nombre local	Región fisiográfica	Localidad	Municipio	Altitud (m s.n.m.)	Color*
Tuxpeño	Valles centrales	Constitución	Cintalapa	734	Blanco
Olotillo		Constitución	Cintalapa	734	Blanco cremoso
Oxaqueño		Francisco I. Madero	Cintalapa	727	Blanco cremoso
Campeón		Monterrey	Villa Corzo	676	Rojo
As	Altiplano	Las Delicias	Trinitaria	916	Amarillo

*La escala de colores fue determinada con base en el descriptor International Board for Plant Genetic Resources e International Maize and Wheat Improvement Center (IBPGR e CIMMYT, 1991).

*The color scale was determined based on the International Board for Plant Genetic Resources and International Maize and Wheat Improvement Center (IBPGR e CIMMYT, 1991) descriptor.



Figura 2. Maíces nativos evaluados.
Figure 2. Native maize evaluated.

2.3. Conducción del experimento y manejo agronómico

Para la evaluación de los materiales genéticos se dispuso de un área de aproximadamente 60 m² dentro del campo experimental del Centro Académico Regional de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Los materiales genéticos se establecieron en cinco parcelas, cada una de las cuales corresponden a dos surcos de 12 m de longitud, con una distancia entre surcos de 0,8 m y 0,25 m entre planta; datos que extrapolados reportan una densidad de 50.000 plantas ha⁻¹.

La preparación del terreno se hizo de forma mecánica; consistió en un paso de rastra con tractor. Para la siembra se replicaron algunas prácticas campesinas utilizando una macana y empleando la técnica “tapa pie”. Dicha técnica se empleó para depositar una semilla de maíz en un pequeño agujero, cada 25 cm. El agujero se abrió con la macana (también conocida como bacana), herramienta tradicional hecha con ramas de guayabillo (*Psidium sartorianum*), especie arbórea de la región de madera sólida y duradera.

El ensayo se estableció el 22 de febrero de 2021, se cultivaron los maíces denominados localmente como Tuxpeño, Olotillo, Oaxaqueño, As y Campeón. El experimento se condujo bajo condiciones de riego por goteo. El control de malezas se efectuó en dos ocasiones de forma manual con el uso de la coa. La primera a los 15 días después de la siembra [DDS] y la segunda 40 DDS. La presencia de plagas se previno y controló con cinco aplicaciones (una vez por semana) de jabón potásico y extracto de neem en presentación comercial; se mezclaron 20 ml de este bioinsecticida por litro de agua. Además, se elaboró un biopreparado que se aplicó en dos ocasiones para repeler insectos (pulgones, minadores, mosca blanca y ácaros) que provocan daños al cultivo. Este fue elaborado a base de una mezcla de ajo, chile habanero y pimienta. El proceso de preparación fue licuar 60 gr de ajo, 100 gr de chile habanero y 50 gr de pimienta negra, disueltos en una fase líquida de agua y alcohol al 50 %. Posteriormente, se dejó reposar la mezcla durante 24 horas. La dosis de aplicación fue un litro de biopreparado en 20 l de agua.

Por otra parte, la fertilización se realizó a partir del lixiviado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) obtenido a nivel local y el producto orgánico comercial guanafol, formulado con guano de murciélago. La fertilización con lixiviado se realizó de forma foliar a los 20 y 30 DDS. Posteriormente, se efectuaron dos aplicaciones de forma directa con una mezcla de un litro de lixiviado, 100 ml de guanafol y 20 l de agua.

La cosecha se realizó de forma manual en la primera semana de junio, definida por la madurez fisiológica de los materiales biológicos evaluados.

2.4. Bioinsumos y su influencia en la producción

El uso de biofertilizantes permite generar recursos alternativos para impulsar sistemas agrícolas que no perjudiquen al medio natural y la salud humana. Al mismo tiempo, abre la posibilidad para crear estrategias productivas que mantengan o eleven los rendimientos del maíz, minimicen los costos de producción y la dependencia al mercado de agroquímicos tóxicos (Martínez- Reyes et al., 2018). El biopreparado para repeler los insectos que se utilizó en el experimento aquí documentado puede ser elaborado por los agricultores mismos a base del procesamiento de materia vegetal que es de muy fácil acceso y económico. La mezcla de ajo, chile y pimienta contiene aceites esenciales para controlar insectos; sus potentes efectos eliminan pulgones al inhibir su sistema respiratorio. Entre las ventajas de este biopreparado se encontró:

1. No producen residuos peligrosos que afecten la salud del suelo, medio ambiente y personas.
2. No afectan la fauna benéfica (insectos y otros organismos que naturalmente actúan controlando a plagas y enfermedades).
3. No generan resistencia en las plagas como sucede con los insecticidas y fungicidas químicos.
4. Los extractos son 100 % biodegradables (Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [INIFAP], 2021a).

Asimismo, el fertilizante orgánico basado en el lixiviado de lombriz se puede producir en pequeños módulos de lombricomposta que no requieren un elevado financiamiento¹. De acuerdo con Prado García (2021), los lixiviados provenientes de la materia orgánica trabajada por las lombrices incluyen macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio; los mismos que contienen el humus que derivan del vermicompostaje. Esta última es la técnica que posteriormente permite la producción de abonos y lixiviados en los módulos. Los nutrientes que acá se obtienen de manera natural son esenciales para mantener un suelo fértil y propicio para el crecimiento de las plantas. Entre otras, algunas ventajas de los lixiviados son:

1. Alcanza una producción mínima al año de 3.000 l m⁻³.
2. Los ingredientes son locales y económicos (estiércol bovino, hojas secas y tierra).
3. Su aplicación foliar es sencilla.
4. Es un insumo propicio para generar procesos de transición agroecológica hacia sistemas sustentables, resilientes y productivos.
5. Reduce los costos de producción de manera importante, al eliminar o minimizar el uso de fertilizantes químicos.
6. Se puede aplicar en cualquier etapa fenológica del maíz.
7. Evita la concentración y acumulación de sales en el suelo.
8. Promueve la proliferación de microorganismos benéficos: bacterias, hongos, etc. (INIFAP, 2021b)

Por otro lado, el guano que se empleó es un fertilizante natural que proviene del excremento de murciélagos; de acuerdo con Hernández Hernández (2017) es una buena fuente de energía debido a su alto contenido de nitrógeno y fósforo. Asimismo, mejora los suelos y protege las plantas de plagas y enfermedades.

En cuanto a la mezcla de jabón potásico y extracto de neem tiene un amplio espectro de acción que contribuye al manejo integral de plagas (López Díaz y Estrada Ortíz, 2005). Los compuestos plaguicidas del neem, principalmente la azadirachtina que se extrae de la semilla, tienen un efecto repelente sobre una multiplicidad de insectos; más de cuatrocientas especies pueden ser controladas con este bioplaguicida (Morgan, 2004, p. 24). También, Morgan (2004) explica que la azadirachtina es solo un compuesto de la semilla. En realidad, los

¹ Aproximadamente un módulo de 3 m por 1 m, suficiente para proveer de fertilizantes naturales a una unidad familiar campesina, tiene un costo de MXN 6.000 (alrededor de 322 dólares al 12 de febrero de 2023).

compuestos importantes para la acción insecticida del extracto de semilla de neem son un grupo de limonoides altamente oxidados. De ahí su acción como insecticida.

Estos dos bioinsumos, el guano de murciélago y la mezcla de jabón potásico con neem, se consiguieron en el mercado y sus costos fueron accesibles: el primero tuvo un precio de MXN 200 por litro (alrededor de 5,3 dólares al 31 de enero de 2020) y el segundo en MXN 100 por litro (alrededor de 10,6 dólares al 31 de enero de 2020). Se sugiere que el guano de murciélago se puede reemplazar por el humus de lombriz y la mezcla, en su momento, puede ser elaborada por los mismos productores.

2.5 Registro de datos

Se registraron los caracteres vegetativos y agronómicos de 20 plantas seleccionadas aleatoriamente de cada población (100 en total), con base en el descriptor para maíz del IBPGR e CIMMYT (1991). A continuación, se detallan tales caracteres y se precisan las abreviaturas que se emplearon en el apartado de resultados y discusión.

- I. Días de floración masculina y femenina [DFM, DFF]: se estimó desde el día que se realizó la siembra hasta que el 50 % de las plantas liberaron polen o emitieron estigmas.
- II. Alturas de planta y mazorca [AP, AM]: se midieron las longitudes tomadas desde la superficie del suelo a la base de la espiga y nudo de la inserción de la mazorca.
- III. Para determinar el rendimiento se cuantificaron: a) longitud de la mazorca [LM]; b) diámetro de la mazorca [DM]; c) número de hileras por mazorca [NHM], y d) número de granos por hilera [NGH]. Posteriormente, se procedió al secado de las mazorcas al aire y sombra, hasta que su estado de humedad (alrededor del 14 %) permitiera su desgrane manual. Esta técnica se utiliza cuando no se cuenta con un medidor de humedad (María-Ramírez et al., 2017). El peso del grano seco se extrapoló para estimar el rendimiento en ton ha⁻¹, tomando como base una densidad de 50.000 plantas y una mazorca por planta (Sánchez-Hernández et al., 2015).

2.6 Análisis de datos

Los datos se analizaron con cuadros de salida y estadística descriptiva. Las variables se ingresaron al paquete estadístico SAS Studio[®] para estimar promedios, mínimo y máximo. También se estimó la desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación que se presentan como evidencia del comportamiento de dispersión de las variables estudiadas; se considera pertinente continuar la investigación de campo con análisis multivariado.

3. Resultados y Discusión

3.1 Días de floración masculina y femenina

Los DFM fluctuaron de 62 a 76 días, mientras que el rango de los DFF osciló de 64 a 78 días (Tabla 2). Se observaron poblaciones con diferentes ciclos de producción; el Oaxaqueño (con 72 DFM y 74 DFF) y As (76 DFM y 78 DFF) obtuvieron valores por encima de la media, superando los 67,8 DFM y 69,8 DFF. En este sentido, se pueden considerar poblaciones con etapas de floración tardías. Las medias de ambas variables estudiadas en esta tabla son muy similares aritméticamente y su coeficiente de variación indica la estabilidad de cada uno de los maíces estudiados.

Tabla 2. Promedios de DFM y DFF* después de la siembra, media total, mínimo, máximo y coeficiente de variación de maíces nativos evaluados.
Table 2. Averages of DFM and DFF after sowing, total mean, minimum, maximum and coefficient of variation of native maize evaluated.*

Variable	Tuxpeño	Olotillo	Oaxaqueño	Campeón	As	Media total	Mínimo	Máximo	Coef. de variación
DFM	62	64	72	65	76	67,8	62	76	7,86
DFF	64	66	74	67	78	69,8	64	78	7,64

* DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina.

* DFM = Days to male flowering; DFF = days to female flowering.

En la Tabla 2 se observa que el Tuxpeño presentó las etapas de floración más precoces, con 62 DFM y 64 DFF. Esta precocidad es propia de este maíz y los datos presentados aquí son similares a los de Martínez-Sánchez et al. (2017), quienes, para la misma raza, registraron intervalos menores de 60 DFM a 61 DFF². El hecho de que su ciclo sea corto le permite completar su desarrollo vegetativo con una menor cantidad de agua (Ramírez, 2013), por lo que también se usa en regiones con bajos niveles de precipitación pluvial o donde los períodos de lluvia son más cortos. Su siembra predomina en zonas bajas tropicales bajo temporal, durante el período primavera-verano³.

Conviene señalar que los agricultores cultivan en sus parcelas maíces nativos de diferentes ciclos vegetativos, ajustando las fechas de siembra de acuerdo con el comportamiento de las lluvias (Martínez-Sánchez et al., 2017). En localidades de los municipios de Cintalapa, Villaflores y Villa Corzo, cuyos territorios abarcan una buena parte de los valles centrales de Chiapas (también conocida como depresión central), se observó que los campesinos siembran hasta cinco diferentes poblaciones de maíz, utilizando distintos diseños y arreglos de sistemas agrícolas, en función de la duración de su ciclo productivo y condiciones climáticas (Caballero Salinas et al., 2023; Pizaña Vidal y Caballero Salinas, 2020). Aquí, vale la pena mencionar una anécdota del maestro Hernández-Xolocotzi (1971, p. 6), que refleja el amplio conocimiento que los campesinos tienen sobre los maíces nativos, su ciclo vegetativo y su vínculo con la naturaleza (la lluvia); expresa, además, el sabio manejo local del tiempo y de los riesgos de la variabilidad del clima que hoy se identifican como cambio climático.

Cuenta que durante la recolección de maíz en Tlaxcala encontró a un agricultor viejo y su familia durante la siembra de su parcela. Les solicitó ver la semilla que usaban y al sacar una muestra encontró una mezcla de maíz amarillo, maíz morado, maíz blanco y una revoltura de frijol. He aquí el diálogo entre el investigador y el campesino:

“¿Cuál de estos maíces es más breve? –pregunté.

Dijo el viejo, canoso, de piel arrugada y curtida: –El amarillo es de cinco meses, el morado de seis y el blanco de siete.

–¿Y cuál rinde más?

–El amarillo poco, el morado un poco más y el blanco es mejor.

–¡Ah! ¿Y por qué no siembra puro blanco en lugar de esa revoltura?

El viejo sonrió mostrando unos dientes cristalinos y pequeños como los granos del maíz reventador.

–Eso es lo que dijo mi hijo. Pero dígame, señor, ¿cómo van a venir las lluvias este año?

–Óigame, yo soy agrónomo, no adivino.

Ya ve. Solo Tata Dios sabe. Pero sembrando así, si llueve poco, levanto amarillo; si llueve más levanto más, y si llueve bien, pues levanto un poco más de las tres clases”.

3.2. Altura de planta y mazorca

En la Tabla 3 se observa las diferencias numéricas en AM y AP de las cinco poblaciones de maíces estudiados. Se aprecia que la AM osciló en promedio entre 105,6 y 156,4 cm y la AP entre 209,7 a 263,3 cm. Los valores más altos en AP se presentaron para Oaxaqueño (263,3 cm) y Olotillo (260,6 cm), por encima de la media total (234 cm). El porte alto de los maíces nativos son características agronómicas indeseables para algunos sistemas comerciales, por su probabilidad a presentar acame (Ramírez-Díaz et al., 2015); en las poblaciones evaluadas no se observó este problema. En contraparte, el porte alto de estas mismas variedades tiene un elevado potencial forrajero –buenas características de palatabilidad– debido a que proporcionan abundante follaje que se puede utilizar para la alimentación del ganado (Sánchez-Hernández et al., 2015) o para la preparación de compostas y coberturas de la parcela. De las cinco poblaciones, el Tuxpeño registró el porte más bajo (209 cm). También se observa que, en el Oaxaqueño, Olotillo y As, las mazorcas se insertaron por arriba de la altura media del tallo (133,9 cm). Esto reduce los daños por fauna silvestre y los riesgos por inundación cuando se cultivan en zonas bajas (Ramírez-Gómez et al., 2020). Además, la AM estuvo en promedio entre los 105,6 y

² Es probable que la variación en los DFM y DFF se deba a los estratos ambientales de cada nicho agroecológico (Ángeles-Gaspar et al., 2010).

³ En diferentes regiones de Chiapas los agricultores han “acriollado” a través del manejo local a diversas variedades mejoradas derivadas de la raza Tuxpeño (por ejemplo, V-424 y V-524) (Bellon y Risopoulos, 2001). Se sabe que se trata de una raza utilizada para el mejoramiento filogenético del maíz, por su precocidad.

156,4 cm, característica deseable para la cosecha de acuerdo con la experiencia de los campesinos. Los coeficientes de variación para estas variables en el Campeón muestran una menor diferencia (AP: 8,88) acusando menor variabilidad de la AP.

Tabla 3. Promedios y estadísticas descriptivas de AP y AM de poblaciones de maíces nativos.
Table 3. Means and descriptive statistics of AP and AM of native maize populations.

Poblaciones	Variable*	Media (cm)	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar	Coefficiente de variación
Tuxpeño	AP	209,7	34,5	105	270	7,72	16,47
	AM	105,6	16,8	60	134	3,77	15,99
Olotillo	AP	260,6	52,4	168	332	11,72	20,12
	AM	155,0	34,0	89	212	7,60	21,94
Oaxaqueño	AP	263,3	36,6	209	338	8,19	13,91
	AM	156,4	25,3	102	209	5,65	16,17
Campeón	AP	217,7	19,3	185	255	4,32	8,88
	AM	117,0	18,9	90	158	4,23	16,19
As	AP	218,8	31,5	160	270	7,05	14,40
	AM	135,4	26,2	87	176	5,86	19,37
Totales	AP	234,0	42,5	105	338	4,25	18,19
	AM	133,9	31,83	60	212	3,18	23,77

*AP= altura de planta; AM= altura de mazorca.

*PA= plant height; AM= ear height.

3.3. Características de la mazorca

Para las variables que definen las características de las mazorcas (LM, DM, NHM, NGH) también se encontraron diferencias numéricas (Tabla 4). Se observó una diferencia de 5,84 cm entre la raza Olotillo que presentó la mayor LM (esto es, 15,9 cm) y el Tuxpeño cuya LM fue la más corta (con 10,1 cm). Las poblaciones que presentaron valores por abajo o igual que la media total fueron el Tuxpeño y Oaxaqueño, con 10,1 cm y 13,9 cm, respectivamente. Este resultado puede asociarse a que los maíces precoces tienen una duración corta de la fase vegetativa y, por ende, mazorcas pequeñas (Ramírez, 2013). Sin embargo, el Tuxpeño junto con el Campeón mostraron los mayores DM, ambas con 4,5 cm. El coeficiente de variación del Tuxpeño para DM fue el más bajo, además se trató del genotipo de menos AP, lo que podría remitir al largo proceso de selección genética dirigida tanto en el campo experimental donde fue generada la variedad originalmente, como por la subsecuente selección de los campesinos en campo. En orden numérico, les siguieron As, Oaxaqueño y Olotillo. La variedad con mayor LM fue el Olotillo con 15,9 cm. Esta variedad presentó un DM reducido; es decir, se expresa una relación inversa entre las variables LM-DM: a mayor LM menor DM.

Los NHM más altos se presentaron en las poblaciones que alcanzaron un mayor DM, es decir, el Tuxpeño (12,9 NHM) y Campeón (12,8 NHM), cuyos valores rebasan la media de los cinco maíces evaluados (11,2 NHM). Los maíces que mostraron mayor NGH fueron también los que presentaron altos valores en LM. Aquí destaca el Olotillo que obtuvo 30,7 NGH y alcanzó la LM más alta. El Campeón también consiguió estimaciones importantes con 28,1 NGH y 14,4 LM. Los datos que se obtuvieron aquí para el Olotillo son consistentes con los de Martínez-Sánchez et al. (2017) en una investigación realizada en Chiapas.

Las diferencias numéricas encontradas en las poblaciones evaluadas demuestran la existencia de una diversidad genética. Algunos autores, como Ángeles-Gaspar et al. (2010) y Delgado-Ruiz et al. (2018) atribuyen esta diversidad a la selección empírica de los campesinos de acuerdo con sus usos y nichos ecológicos. Los resultados confirman que los maíces nativos constituyen un sistema agrícola dinámico que, mediante su polinización abierta (movimiento de genes) y el intercambio constante de semillas por parte de los productores, hacen posible la variabilidad con un alto número de combinaciones que permite crear nuevas variedades con características y atributos agronómicos deseables (Cabrera-Toledo et al., 2019).

Tabla 4. Promedios y estadísticas descriptivas de LM, DM, NHM y NGH de poblaciones de maíces nativos.
Table 4. Means and descriptive statistics of LM, DM, NHM and NGH of native maize populations.

Poblaciones	Variable*	Media (cm)	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar	Coefficiente de variación
Tuxpeño	LM	10,1	2,9	3,5	15,5	0,68	28,86
	DM	4,5	0,4	3,6	5,3	0,11	10,38
	NHM	12,9	2,2	10	19	0,52	17,06
	NGH	19,8	8,6	6	36	2,03	43,43
Olotillo	LM	15,9	4,5	8	22	1,01	28,45
	DM	3,8	0,6	2,5	4,5	0,14	16,53
	NHM	9,4	2,3	5	14	0,52	24,87
	NGH	30,7	17,5	8	54	3,91	56,91
Oaxaqueño	LM	13,9	3,2	8	22	0,72	23,47
	DM	4,1	0,8	2,4	5,6	0,18	20,14
	NHM	10,9	1,6	6	14,0	0,37	15,43
	NGH	24,5	4,8	10,7	29,8	1,08	19,76
Campeón	LM	14,4	2,7	10	19	0,60	18,78
	DM	4,5	0,5	2,8	5,2	0,11	11,48
	NHM	12,8	1,9	8	16	0,43	15,20
	NGH	28,1	6,9	6,3	38	1,55	24,68
As	LM	14,8	1,8	10	18	0,44	12,74
	DM	4,2	0,67	2,8	5,4	0,16	15,89
	NHM	10,3	2,4	5	14	0,57	23,70
	NGH	21,6	10,2	5	39	2,40	47,12
Totales	LM	13,9	3,7	3,5	22	0,37	26,63
	DM	4,2	0,6	2,4	5,6	0,07	16,23
	NHM	11,2	2,5	5	19	0,25	22,30
	NGH	25,1	11,1	5	54	1,13	44,19

*LM = longitud de mazorca; DM = diámetro de mazorca; NHM = número de hileras por mazorca; NGH = número de granos por hilera.

*LM = ear length; DM = ear diameter; NHM = number of rows per ear; NGH = number of kernels per row.

3.4. Rendimientos de las poblaciones evaluadas

En la Tabla 5 se muestran los rendimientos estimados con base en la extrapolación de 50.000 plantas ha⁻¹. Se observó que los maíces Campeón, Olotillo y Oaxaqueño mostraron rendimientos por arriba de la media total (3,72 ton ha⁻¹). Sobresalen Campeón y Olotillo con rendimientos respectivos de 5,37 ton ha⁻¹ y 4,40 ton ha⁻¹, que son valores por encima o igual al rendimiento promedio de maíz bajo la modalidad de riego en el estado de Chiapas para el ciclo agrícola 2021 (SIAP, 2022).

El maíz Tuxpeño, detrás del Oaxaqueño y As, fue la tercera población que presentó el valor de mayor peso de los 100 granos (0,038 kg). Sin embargo, mostró el menor rendimiento por hectárea (2,47 ton ha⁻¹), lo cual puede atribuirse a que fue la variedad que tuvo los menores valores de LM y NGH (Tabla 4), esto se refleja en el peso de mazorcas, debido que obtuvo el registro más bajo (1,3 kg). Probablemente, una explicación del bajo rendimiento del Tuxpeño (2,47 ton ha⁻¹) se debe a que es un maíz mejorado en campo experimental con un manejo dependiendo del uso de agroquímicos. Por su parte, el As ofreció el valor más

Tabla 5. Rendimiento de grano de poblaciones de maíces nativos.
Table 5. Grain yield of native maize populations.

Poblaciones	Peso de mazorcas* (kg)	Peso de granos (kg)	Peso de 100 granos (kg)	Porcentaje de olote (%)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)**
Tuxpeño	1,3	0,99	0,038	23,85	2.470
Olotillo	2,1	1,76	0,032	16,19	4.400
Oaxaqueño	2	1,53	0,040	23,4	3.820
Campeón	2,7	2,15	0,036	20,22	5.370
As	1,6	1,02	0,044	36,5	2.550
Media	1,94	1,49	0,038	24,032	3.720
Desviación. estándar	0,53	0,50	0,004	7,61	1.240
Mínimo	1,3	0,99	0,032	16,19	2.470
Máximo	2,7	2,15	0,044	36,5	5.370

*Peso de mazorcas cosechadas en las 20 plantas muestreadas de forma aleatoria.

**Extrapolación a 50.000 plantas ha⁻¹ de acuerdo con la densidad de siembra establecida en las parcelas.

*Weight of cobs harvested in the 20 randomly sampled plants.

**Extrapolation to 50,000 plants per hectare according to the planting density established in the plots.

alto en el peso de 100 granos; no obstante, su rendimiento estuvo por debajo del promedio total, debido a que tuvo el mayor porcentaje de olote (36,50 %).

Destaca el Olotillo, que mostró el segundo menor peso en los 100 granos (0,032 kg), pero el segundo en rendimiento por hectárea. Lo anterior puede adjudicarse a la LM y el menor porcentaje de olote (16,19 %), de ahí se deriva su nombre por el grosor del olote. En cuanto al rendimiento de grano extrapolado por hectárea es importante resaltar que algunas poblaciones estudiadas en esta investigación son similares a la de Martínez-Sánchez et al. (2018) que utilizaron insumos químicos en su manejo agronómico, por ejemplo, Tuxpeño 2,8 ton ha⁻¹. Por lo tanto, los resultados muestran que el uso de biofertilizantes favorece el rendimiento del maíz por el efecto de los microorganismos benéficos (Martínez-Reyes et al., 2018).

4. Conclusiones

Las diferencias morfológicas identificadas en las poblaciones de maíces nativos ayudaron a evidenciar la diversidad genética que existe en Chiapas, tanto en la morfología de la planta como en la mazorca. Esta diversidad no es resultado de un proceso biológico aislado, sino de la interacción y adaptación cultural de las sociedades campesinas con su medio natural. Aunque este proceso no fue descrito en esta investigación porque rebasa los propósitos de esta, otros trabajos han demostrado que las prácticas de domesticación y selección de maíces van definiendo las características morfológicas de las plantas y mazorcas según una multiplicidad de criterios que los mismos campesinos valoran como relevantes: altura, tamaño, color, rendimiento, sabor, entre otros (Delgado-Ruiz et al., 2018).

En este trabajo se demostró que los maíces nativos cultivados sin agroquímicos son recursos que aportan rendimientos promedios como los que se registran oficialmente para el estado (4,40 toneladas, según estimaciones del SIAP). El Olotillo, por ejemplo, alcanzó las 4,40 ton ha⁻¹ y el Campeón rebasó las 5 ton ha⁻¹.

Este hecho es significativo considerando que en el experimento se utilizaron biofertilizantes y extractos vegetales en lugar de fertilizantes sintéticos y otros agroquímicos que causan importantes daños a los ecosistemas y la salud humana.

Así, se resalta la importancia de las prácticas agrícolas sin agroquímicos y la necesidad de disminuir la dependencia de las cadenas de suministro de la agroindustria. De hecho, la producción del lixiviado y de los extractos puede constituirse en un proceso abanderado por los productores locales. Ellos mismos pueden producir los biofertilizantes y reducir con ello los impactos del alza en los precios de los insumos agrícolas.

Contribuciones de los autores

- Juan Carlos Caballero Salinas: conceptualización, análisis de datos, investigación, metodología, supervisión, visualización, redacción – borrador original.
- Hugo Adrián Pizaña Vidal: conceptualización, análisis de datos, visualización, redacción – revisión y edición.
- Alma Amalia González Cabañas: conceptualización, análisis de datos, redacción - revisión.
- Erasmo Núñez Ramos: análisis de datos, investigación, metodología
- Fabian Aguilar Cruz: investigación, metodología.
- Emmanuel Ovando Salinas: investigación, metodología.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- Alianza Biodiversidad. (2020). ¿Semillas registradas y certificadas o semillas campesinas, nativas y criollas? *Cuadernos Biodiversidad*, (4), 1-4. <https://www.biodiversidadla.org/Agencia-de-Noticias-Biodiversidadla/Cuadernos-Biodiversidad-del-1-al-4-Defender-nuestras-semillas>
- Altieri, M. A. (2003). *Aspectos socioculturales de la diversidad del maíz nativo*. Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/alt.contam-maiz.pdf>
- Altieri, M. A., Funes-Monzote, F. R., y Petersen, P. (2012). Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Journal Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0065-6>
- Ángeles-Gaspar, E., Ortiz-Torres, E., López, P. A., y López-Romero, G. (2010). Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 287-296. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/33-4/2r.pdf>
- Bejarano González, F. (ed.). (2017). *Plaguicidas altamente peligrosos en México*. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México A.C. <https://www.rapam.org/wp-content/uploads/2017/09/Libro-Plaguicidas-Final-14-agst-2017sin-portada.pdf>
- Bellon, M. R., Adato, M., Becerril, J., y Mindek, D. (2006). Poor farmers perceived benefits from different types of maize germplasm: The case of creolization in lowland tropical Mexico. *World Development*, 34(1), 113-129. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.05.012>
- Bellon, M. R., y Risopoulos, J. (2001). Small-scale farmers expand the benefits of improved maize germplasm: a case study from Chiapas, Mexico. *World Development*, 29(5), 799-811. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00013-4)
- Caballero Salinas, J. C., Pizaña Vidal, H. A., y González Cabañas, A. A. (2023). *Conocimiento campesino de los valles centrales de Cintalapa. Un manual para el manejo agroecológico de arvenses*. Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas. <https://redinvestiga.chiapas.gob.mx/archivos/Manualarvensesfinal20230118T155151.pdf>
- Cabrera-Toledo, J. M., Carballo-Carballo, A., Mejía-Contreras, J. A., García-de los Santos, G., y Vaquera-Huerta, H. (2019). Caracterización de poblaciones sobresalientes de maíz de la raza zapalote chico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(3), 269-279. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/42-3/10a.pdf>
- Carrillo Trueba, C. (2009). El origen del maíz. Naturaleza y cultura en Mesoamérica. *Ciencias*, 92(092), 4-13. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/14823>

- Conceição dos Santos, L. F., Garruña, R., Andueza-Noh, R., Latournerie-Moreno, L., Mijangos-Cortés, J., y Pineda-Doporto, A. (2019). Comportamiento agronómico y fisiológico de maíces nativos del sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1247-1258. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.908>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT]. (2020). *Expediente científico sobre glifosato y los cultivos GM*. <https://conacyt.mx/expediente-cientifico-sobre-el-glifosato-y-los-cultivos-gm/>
- Coutiño-Estrada, B., Vidal-Martínez, V. A., Cruz-Vázquez, C., y Gómez-González, M. (2015). Características eloteras y de grano de variedades nativas de maíz de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1119-1127. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i5.603>
- Delgado-Ruiz, F., Guevara-Hernández, F., y Acosta-Roca, R. (2018). Criterios campesinos para la selección de maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores y Villa Corzo, Chiapas, México. *CienciaUAT*, 13(1), 123-134. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i1.985>
- García-López, V. (2020). La construcción de una soberanía de semillas en Latinoamérica. En R. Intriago Barreno, y L. Saura Cargallo (comp.), *Agroecología: ciencia, práctica y movimiento para alcanzar la soberanía alimentaria* (pp. 25-34). Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología [SOCLA], Empresa de Desarrollo Económico de Cuenca [EDEC]. <https://revistaecociencias.cl/wp-content/uploads/2020/12/LIBRO-AGROECOLOG%C3%8DA.pdf>
- Gárgano, C. (2020). ¿Para qué y para quiénes se organizan las agendas de investigación rural? Producción de conocimientos y semillas (o apuntes en favor de una teoría crítica de la ciencia). En E. Lazos Chavero (coord.). *Retos latinoamericanos en la lucha por los comunes. Historias a compartir* (pp. 37-60). CLACSO. <https://www.clacso.org/retos-latinoamericanos-en-la-lucha-por-los-comunes/>
- Godina-Rodríguez, J. E., Garay-Martínez, J. R., Mendoza-Pedroza, S. I., Joaquín-Cancino, S., Rocandio-Rodríguez, M., y Lucio-Ruiz, F. (2020). Rendimiento de forraje y composición morfológica de maíces nativos en condiciones semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (24), 59-68. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2358>
- González-Amaro, R. M., Figueroa-Cárdenas, J. de D., Perales, H., y Velés-Medina, J. J. (2017). Physicochemical and nutritional properties of different maize races on toasted tortillas. *Cereal Chemistry*, 94(3), 451-457. <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM-05-16-0138-R>
- Hernández Hernández, B. E. (2017). *Producción y rendimiento de calabacita cultivada con diferentes dosis de guano*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/43088>
- Hernández Rodríguez, C., Perales Rivera, H., y Jaffee, D. (2020). Emociones, semillas nativas y cambio climático: el movimiento de soberanía de las semillas en Chiapas, México. *Estudios de Cultura Maya*, 56, 227-259. <https://doi.org/10.19130/iifl.ecm.2020.56.2.0009>
- Hernández Xolocotzi, E. (1971). *Exploración etnobotánica y su metodología*. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura SAG.
- Holt-Giménez, E., y Altieri, M. A. (2013). Agroecología, soberanía alimentaria y la nueva revolución verde. *Agroecología*, 8(2), 65-72. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/212201>
- International Board for Plant Genetic Resources [IBPGR], e International Maize and Wheat Improvement Center [CIMMYT]. (1991). *Descriptors for maize*. International Board for Plant Genetic Resources. <https://hdl.handle.net/10568/72886>
- Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [INIFAP]. (2021a). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. 10. Extractos vegetales*. Estrategia de Acompañamiento Técnico. INIFAP. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737322/10_Extractos_vegetales.pdf
- Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [INIFAP]. (2021b). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. 15. Lixiviado de lombriz*. Estrategia de Acompañamiento Técnico. INIFAP. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15_Lixiviado_de_lombriz.pdf
- López Díaz, M. T., y Estrada Ortiz, J. (2015). Los bioinsecticidas de nim en el control de plagas en cultivos económicos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 37(2), 41-50. <http://bdigital.uncu.edu.ar/782>
- María-Ramírez, A., Volke-Haller, V. H., y Guevara-Romero, M. L. (2017). Estimación de rendimiento de variedades nativas de maíz en el estado de Tlaxcala. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 13(1), 8-14. <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/259>
- Martínez Sánchez, J., Espinosa Paz, N., Ramírez Córdoba, A. L., Camas Gómez, R., y Villegas Aparicio, Y. (2018). Expresión fenotípica y estabilidad en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5(1), 1-11. https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/1-RMAE_2018-12-Maiz-To-edit.pdf

- Martínez-Reyes, L., Aguilar-Jiménez, C. E., Carcaño-Montiel, M. G., Galdámez-Galdámez, J., Morales-Cabrera, J. A., Martínez-Aguilar, F. B., Llaven-Martínez, J., y Gómez-Padilla, E. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra*, 5(1), 026-037. <https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1425>
- Martínez-Sánchez, J., Espinosa-Paz, N., y Cadena-Iñiguez, P. (2017). Caracterización morfológica de poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) en Chiapas, México. *Agro Productividad*, 10(9), 26-33. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/186>
- Morgan, E. D. (2004). The Place of Neem among Modern Natural Pesticides. En O. Koul, y S. Wahab (eds.), *Neem: Today and in the New Millennium* (pp. 21-32). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-2596-3_2
- Norma Oficial Mexicana NOM-021- SEMARNAT -2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2002.
- Perales, H., Brush, S. B., y Qualset, C. O. (2003). Landraces of maize in Central Mexico: an altitudinal transect. *Economic Botany*, 57(1), 7-20. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2003\)057\[0007:LOMICM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2003)057[0007:LOMICM]2.0.CO;2)
- Perales, H., y Hernández-Casillas, J. M. (2005). Diversidad del maíz en Chiapas. En M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial, y L. Ruiz-Montoya (coords.), *Diversidad biológica en Chiapas* (pp. 419-440). Plaza y Valdés S.A. de C.V., El Colegio de la Frontera Sur [ECOSUR], COCYTECH.
- Pertierra Lazo, R. (2020). Conservación de las semillas para la soberanía alimentaria. En R. Intriago Barreno, y L. Saura Cargallo (comp.), *Agroecología: ciencia, práctica y movimiento para alcanzar la soberanía alimentaria* (pp. 35-48). Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología [SOCLA], Empresa de Desarrollo Económico de Cuenca [EDEC]. <https://revistaecociencias.cl/wp-content/uploads/2020/12/LIBRO-AGROECOLOG%C3%8DA.pdf>
- Pizaña Vidal, H. A., Fletes Ocón, H. B., González Cabañas, A. A., y Caballero Salinas, J. C. (2023). Los maiceros. Procesos de exclusión y sus alternativas agroecológicas. En A. A. González Cabañas, y H. B. Fletes Ocón (coords.), *La Fraileasca, «el granero de Chiapas»: destrozos y alternativas* (pp. 183-230). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.cimsur.unam.mx/index.php/publicacion/obra/177>
- Pizaña Vidal, H. A., y Caballero Salinas, J. C. (2020). Revalorizar las prácticas campesinas. Maíces nativos y la milpa en Francisco I. Madero, Cintalapa, Chiapas. *Tehuacan*, (3), 6-9. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.35028.73602>
- Prado García, D. (2021). Lombrices de tierra, ¿asquerosas o milagrosas? *Ecofronteras*, 25(71), 5-7. <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/article/view/1955>
- Puyana, A. (2012). Mexican agriculture and NAFTA: A 20-year balance sheet. *Review of agrarian studies*, 2(1), 1-43. https://ras.org.in/mexican_agriculture_and_nafta
- Ramírez, C. A. (2013). Selección de maíces criollos de ciclo corto como estrategia frente al cambio climático en Michoacán. *Avances en investigación agropecuaria*, 17(2), 7-21. <http://ww.ucol.mx/revai/portal/pdf/2013/mayo/1.pdf>
- Ramírez-Díaz, J. L., Ledesma-Miramontes, A., Vidal-Martínez, V. A., Gómez-Montiel, N. O., Ruiz-Corral, J. A., Velázquez-Cardelas, G. A., Ron-Parra, J., Salinas-Moreno, Y., y Nájera-Calvo, L. A. (2015). Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(2), 119-131. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/38-2/2r.pdf>
- Ramírez-Gómez, J. S., Rosa-Santamaría, R., Miranda-Colín, S., García-Zavala, J. J., Mejía-Contreras, J. A., García-Velázquez, A., y Vargas-Villamil, L. M. (2020). Comportamiento agronómico del maíz tropical dosmesano nativo de Tabasco, México bajo diferentes densidades de siembra. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(3), 251-258. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.251>
- Rosset, P., y Altieri, M. A. (2018). *Agroecología. Ciencia y política*. Perspectivas agroecológicas, 19. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología [SOCLA]. <https://www.biodiversidadla.org/Documentos/Libro-Agroecologia-ciencia-y-politica>
- Sánchez-Hernández, E., Cruz-Lázaro, E., y Sánchez-Hernández, R. (2015). Productividad y caracterización varietal de maíces nativos (*Zea mays* L.) colectados en Tabasco, México. *Acta agrícola y pecuaria*, 1(1), 7-15. <http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/2>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2022). *Producción Agrícola*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Tadeo-Robledo, M., Zamudio-González, B., Espinosa-Calderón, A., Turrent-Fernández, A., Cárdenas-Marcelo, A. A., López-López, C., Arteaga-Escamilla, I., y Valdivia-Bernal, R. (2015). Rendimiento de maíces nativos

e híbridos en diferente fecha de siembra y sus unidades calor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 33-43. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i1.737>

- Torres Torres, F. (2018). La seguridad alimentaria en la estructura del desarrollo en México. En F. Torres Torres (coord.). *Implicaciones regionales de la seguridad alimentaria en la estructura del desarrollo económico de México* (pp. 19-50). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas. <https://doi.org/10.22201/iiiec.9786073006590e.2018>
- Velázquez-Cardelas, G. A., González-Huerta, A., Pérez-López, D. de J., y Castillo-González, F. (2018). Comportamiento de mestizos de maíz en tres localidades del centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(6), 1217-1231. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i6.1586>
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., y David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4), 503-515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>
- Yúnez Naude, A. (2006). Liberalización y reformas al agro: lecciones de México. *Economía agraria y recursos naturales*, 6(12), 47-67. <https://recyt.fecyt.es/index.php/ECAGRN/article/view/14326>