

Capítulo 5

Territorios dorados: El maíz y la herencia campesina e indígena del Pacífico Sur¹

Paola Andrea Mejia-Zuluaga^{2}, Patricia Ortega Fernández²*

Resumen

El maíz, esencial para la dieta y cultura de México, se manifiesta de manera especial en el Pacífico Sur como una herencia biocultural que refleja la rica diversidad del país. Este capítulo ofrece una mirada profunda a través de un análisis geoespacial y territorial sobre la importancia del maíz en la identidad de la región. A pesar de las influencias modernas en la dieta, las variedades nativas son valoradas por sus propiedades únicas en la gastronomía tradicional. Más allá de ser un alimento, el maíz nativo es un testimonio de las prácticas agrícolas ancestrales y de la diversidad cultural. Enfrentando el avance de las variedades híbridas, este estudio resalta la imperante necesidad de conservar y promover el maíz nativo en el Pacífico Sur y México.

Palabras clave: Agrobiodiversidad, conservación biocultural, maíz nativo, territorio

Antes de adentrarte en la riqueza agrícola y cultural del maíz en la región Pacífico Sur, te invitamos a complementar tu lectura con el MICROSITIO de “Territorios de Maíz”, en la Plataforma Pacífico Sur. A lo largo del capítulo encontrarás enlaces a recursos en línea que te llevarán a mapas dinámicos, infografías y material complementario.

Explora en http://plataformapacificosur.mx/cms/territorios_maiz para una experiencia ampliada.

¹ <https://doi.org/10.5281/zenodo.13177970>

² Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (CentroGeo), Contoy 137, Lomas de Padilla, Ciudad de México, México 14240 * pmejia@centrogeo.edu.mx.

Introducción

El maíz, desde sus orígenes en México, ha sido un pilar fundamental en la evolución de las civilizaciones mesoamericanas, siendo no sólo una fuente esencial de alimento, sino también un elemento intrínseco en ceremonias, mitos y culturas. La rica cantidad de variedades de maíz existentes hoy es testimonio de la profunda conexión entre este grano y las comunidades que lo han cultivado durante milenios.

Para entender realmente la importancia del maíz, debemos adentrarnos en el concepto de “territorios de maíz”. Un territorio de maíz no es simplemente una región geográfica donde se cultiva este grano; es una amalgama de factores biológicos, ecológicos, culturales y sociales que convergen, creando un espacio donde el maíz y la comunidad coexisten y se influencian mutuamente (Escobar *et.al.*, 1997). Estos territorios reflejan la historia, diversidad genética, prácticas agrícolas tradicionales y la identidad cultural de la población que los habita.

Estudiar los territorios de maíz es crucial por varias razones:

- *Biodiversidad y Seguridad Alimentaria:* La diversidad genética del maíz es una garantía contra enfermedades, plagas y cambios climáticos. Asegura una producción estable y resiliente frente a adversidades (Altieri *et al.*, 1987).
- *Cultura e Identidad:* El maíz es central en rituales, tradiciones y la dieta de muchas comunidades. Proteger los territorios de maíz es proteger la identidad y la cultura (Perales *et al.*, 2005).
- *Innovación y Conocimiento Tradicional:* Los sistemas agrícolas tradicionales, como la milpa, ofrecen soluciones sostenibles y resilientes a los desafíos modernos (Gliessman *et al.*, 1981).

La región del Pacífico Sur, con su rica biodiversidad y profunda historia cultural, es un lienzo perfecto para explorar, entender y apreciar la complejidad y la riqueza de estos territorios de maíz.

El maíz en Pacífico Sur: Un viaje a través del tiempo y el espacio

La historia del maíz en el Pacífico Sur es un reflejo de la historia del maíz en México. Desde las antiguas civilizaciones hasta las comunidades actuales, el maíz ha sido la constante que ha unido a la gente de esta región (Hernández *et.al.*, 1988).

La variedad y diversidad de maíz en el Pacífico Sur es asombrosa. Variedades como el Chalqueño, Elotes Cónicos y el Celaya, que han coexistido y evolucionado con comunidades indígenas, son testimonio de la adaptabilidad y resiliencia de este grano (Bellon *et al.*, 1994). Pero para entender cómo estas variedades llegaron a ser relevantes en la agricultura campesina, debemos adentrarnos en el sistema de cultivo más emblemático de Mesoamérica: la milpa.

La relación entre el maíz y las comunidades del Pacífico Sur es simbiótica. Mientras que las comunidades han cultivado, seleccionado y conservado las variedades de maíz, este grano ha sustentado, nutrido y formado parte integral de sus tradiciones y festividades. Festivales como el “Día del Maíz” en Oaxaca y las danzas tradicionales en Guerrero son un homenaje vivo a la importancia del maíz en la vida diaria (Morales *et al.*, 2002).

La influencia del maíz va más allá de la cultura y la tradición. Económicamente el maíz ha sido un pilar para las comunidades agrícolas, ofreciendo sustento y oportunidades comerciales. La exportación de variedades únicas y productos derivados del maíz, como las tortillas y tamales, ha posicionado a la región del Pacífico Sur como un epicentro de gastronomía y biodiversidad (Serratos *et al.*, 2016).

Sin embargo, no todo ha sido positivo. La incursión de variedades modificadas y la modernización agrícola han puesto en riesgo la biodiversidad del maíz en la región (Bellon *et al.*, 1994). Las prácticas tradicionales, que una vez garantizaron la conservación del suelo y de las variedades endémicas, ahora enfrentan desafíos en un mundo en rápida evolución.

Por lo tanto, el estudio de los territorios de maíz en el Pacífico Sur no es sólo una exploración académica; es una llamada a la acción. Reconocer, valorar y proteger estos territorios es esencial para garantizar que las futuras generaciones puedan disfrutar y beneficiarse del legado del maíz, legado

que se ve reflejado en la base de la cocina tradicional mesoamericana, en la diversidad tecnológica aportando técnicas de cultivo sustentables como la milpa y el conocimiento indígena para la selección genética; al igual que el impacto cultural y social a partir del cual se cohesionan comunidades alrededor de este patrimonio gastronómico y un legado económico para el abastecimiento de muchas familias.. A medida que avanzamos en este capítulo, nos sumergiremos en una exploración detallada de estos territorios, comprendiendo su singularidad, su interacción con las comunidades indígenas y la riqueza que representan para la región y el país.

La milpa: lenguaje territorial y patrimonio agrícola

La milpa, que epistemológicamente viene del náhuatl *milli* ‘heredad’ y *pan* ‘en, sobre’ y significa “Terreno que es dedicado al maíz y a otras semillas”, es mucho más que un campo de cultivo; es un sistema integrado que ha sostenido a las civilizaciones mesoamericanas durante milenios. En su esencia, la milpa es una policultura que combina maíz, frijol, calabaza y, en ocasiones, otros cultivos y plantas asociadas (Gliessman *et al.*, 1981). Juntos, estos cultivos no sólo optimizan el uso del suelo y los recursos, sino que también ofrecen una dieta equilibrada y sostenible.

El concepto de la milpa va más allá de la simple agricultura; es una filosofía de vida que refleja la relación simbiótica entre la tierra, las plantas y las personas. El maíz es el pilar central, pero cada componente de la milpa tiene su lugar y propósito, contribuyendo al bienestar del ecosistema y de las comunidades que lo cultivan.

Análisis territorial

La milpa representa un legado agrícola donde bienes y servicios son producidos tanto para el consumo personal como para la venta. Esta tradición agrícola, arraigada en la rica interacción entre biodiversidad y cultura, tiene al maíz como protagonista, con sus 64 variedades nativas. En su núcleo, la milpa a menudo incorpora la “triada mesoamericana”, que consta de maíz, frijol y calabaza (Boege *et al.*, 2008; Ebel *et al.*, 2017). Estos sistemas

ancestrales sustentan la Agricultura Familiar de Subsistencia, reconocida por su enfoque en cultivos destinados al autoconsumo (SAGARPA-FAO, 2011).

Los agricultores que además de su milpa poseen plantaciones de café o frutas para la venta, se encuadran en la Agricultura Familiar de Transición (SAGARPA-FAO, 2012). Estos agricultores a menudo trabajan en tierras que varían entre 0.5 y 5 hectáreas debido a la limitada disponibilidad de recursos (Gómez *et al.*, 2011). La sabiduría ancestral de la agricultura indígena alimenta estos sistemas tradicionales con innumerables agricultores, empleando variedades nativas y técnicas antiguas (Toledo *et al.*, 2008). Sin embargo, es desolador que estas comunidades indígenas a menudo enfrenten marginación y aislamiento geográfico (Téllez *et al.*, 2016). Para comprender la extensión de la milpa en la actualidad, se mapeó su distribución en el país, considerando una amalgama de factores culturales, socioeconómicos, productivos y medioambientales. El resultado refleja áreas donde maíz y frijol son cultivados en un entorno tradicional.

Metodología

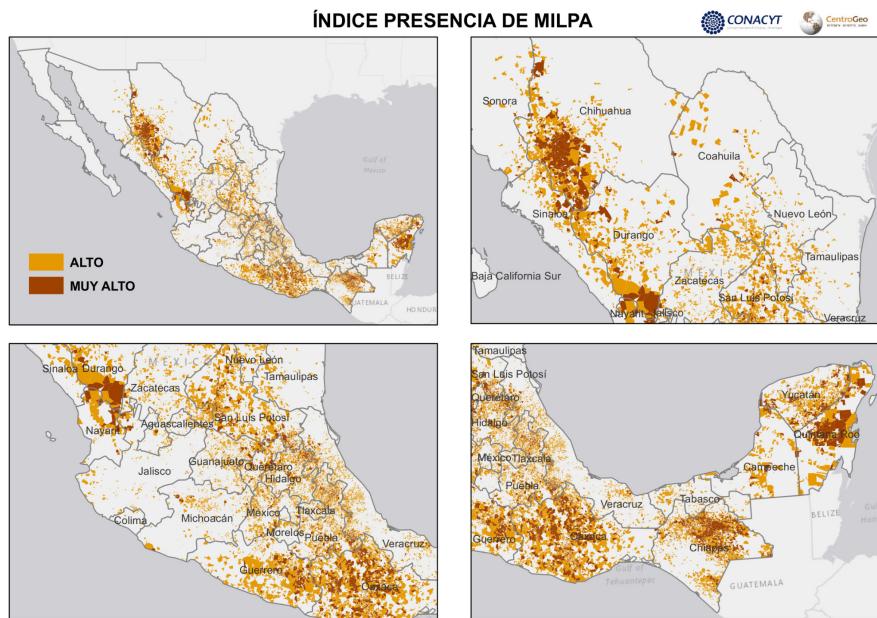
A través de una exhaustiva revisión de literatura se establecieron criterios que, al integrar distintos aspectos emblemáticos del cultivo de la milpa, señalan áreas donde el maíz y el frijol se cultivan bajo prácticas tradicionales. Estos criterios se fundamentan en diversos estudios y publicaciones (CONAPO, 2000, 2012; Toledo *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2014; Bellon *et al.*, 2018). Esencialmente, cada criterio seleccionado tuvo que manifestarse tanto en términos espaciales como temporales. Por cada uno de los criterios definidos, se realizó una superposición espacial (Clave de área de control³ asociada al archivo del criterio) para integrar la información en un archivo. Se realizó la suma de los datos de acuerdo con el valor de cada uno y, se normalizaron a partir del valor máximo de la suma para obtener un índice con valores de 0 a 1. Las categorías finales se definieron como: Alto (entre 0.6 y 0.8) y Muy Alto (0.8 en adelante).

³ Área de control: de acuerdo con INEGI es una superficie delimitada por rasgos físicos naturales y culturales, que puede tener en su interior uno o más terrenos con diferentes tipos de tenencia de la tierra.

Resultados

El mapa de regionalización del índice de Milpa (Figura 1) muestra la distribución de las zonas en donde existe un alto índice (color mostaza) y un muy alto índice de milpa (rojo), las cuales se destacan a partir del análisis geoespacial realizado sobre las áreas de control en todo el país.

Figura 1. Mapa del índice de presencia de milpa en áreas de control (polígonos) a escala nacional y regional



Los estados con la mayor extensión territorial donde predomina la práctica de la milpa, basado en áreas categorizadas como Alta y Muy Alta, incluyen Chihuahua, Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo, Durango, Guerrero y San Luis Potosí. Cabe aclarar que esta extensión no refleja la superficie agrícola total ni la proporción respecto a la superficie total del estado, más bien señala áreas donde la información de las unidades de producción fue

espacialmente agregada, conforme a las geometrías del Censo. La distribución territorial con alta presencia de milpa reveló estados con núcleos concentrados de agricultura tradicional y áreas dispersas circundantes. Chihuahua, Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo y Durango destacaron por sus extensas zonas núcleo, mientras que Oaxaca, San Luis Potosí, Puebla, Guerrero, Hidalgo y México presentaron zonas más dispersas.

En la región del Pacífico Sur los estados cuentan con una significativa extensión de territorios de milpa, formando una continuidad geográfica (Tabla 1). Oaxaca sobresale como el estado con la mayor área de milpa, concentrándose principalmente en las regiones de la Mixteca, Sierra Sur, Valles Centrales y Sierra Norte. Chiapas sigue en la lista con una vasta zona núcleo en áreas como los Altos Tsotsil Tseltal, Selva Lacandona, Tulija Tseltal Chol, Meseta y De Los Bosques. Guerrero, por otro lado, cuenta con amplias zonas dispersas de milpa y regiones núcleo en áreas como el Centro y La Montaña.

Tabla 1. Superficie de zona milpera (índice de milpa: Alto y Muy Alto) por estados

Estado	Superficie (ha) alto	Superficie (ha) muy alto
Guerrero	2 860 244	570 619
Oaxaca	4 195 387	2 417 773
Chiapas	2 190 775	1 493 556

En México todavía prevalecen vastas áreas dedicadas a la práctica agrícola ancestral. Muchos de estos territorios representan núcleos donde el saber y las técnicas campesinas protegen la diversidad agrícola que sustenta la vida de millones de productores en situaciones de marginación. Es crucial entender la disposición y concentración de estas áreas ya que, desde una perspectiva territorial, nos permite discernir las dinámicas que afectan o impulsan la continuidad de estos sistemas tradicionales.

Para una visión más detallada y enriquecedora sobre las prácticas tradicionales de Milpa en la región Pacífico Sur visita: http://plataformapacificosur.mx/cms/multimedia/territorios_maiz/menuSect-31-1596. Ahí podrás encontrar mapas interactivos, análisis y más.

Maíces nativos y pueblos indígenas: Un vínculo territorial

El maíz, desde sus inicios, ha sido mucho más que un simple alimento para las culturas de Mesoamérica. Es una entidad profundamente arraigada en la historia, la cultura y las tradiciones de las comunidades que lo han cultivado. Su diversidad, reflejada en las múltiples variedades nativas que existen, es un testimonio vivo de la adaptabilidad y resistencia de este grano ante diferentes condiciones climáticas, geográficas y culturales. En México, y en particular en el Pacífico Sur, estas variedades no sólo representan una biodiversidad agrícola, sino también una rica variedad cultural, ya que están intrínsecamente ligadas a las prácticas y tradiciones de los pueblos indígenas de la región.

En México, el cultivo de maíz en régimen de temporal no sólo es una fuente esencial de alimento, sino también un legado ancestral, considerado vital para el bienestar de las comunidades rurales más desfavorecidas. Según el reciente censo agropecuario, de los 30 millones de hectáreas cultivables en México, 8.4 millones se dedicaron al maíz, con 7.1 millones de estas en régimen de temporal y 1.3 millones bajo riego.

Además de su relevancia para la producción y el consumo, México es el epicentro de origen y diversificación del maíz (*Zea mays L.*), contando con cerca de 59 variedades según las clasificaciones morfológicas e isoenzimáticas (Sánchez *et al.*, 2000). Esta rica variedad es fruto de antiguas prácticas agrícolas estrechamente ligadas al saber tradicional de las comunidades indígenas mexicanas, custodios primordiales del germoplasma autóctono (Toledo, 2008).

Los territorios habitados por estos grupos indígenas funcionan como espacios bioculturales que promueven y protegen el maíz nativo, apoyándose en técnicas agrícolas tradicionales (Boege *et al.*, 2008; Turrent *et al.*, 2017). Estos agricultores, que operan en pequeñas parcelas (menos de 5 ha) y bajo condiciones de temporal, han encontrado en sistemas como la milpa una solución para superar crisis alimentarias y económicas (Rodríguez *et al.*, 2014). Se estima que alrededor del 76.5% de estos productores usan semilla nativa, cifra que puede llegar hasta el 100% en zonas de agricultura tradicional (Herrera *et al.*, 2002).

La preservación de la biodiversidad global está intrínsecamente ligada a la conservación de la diversidad cultural y viceversa. Esta idea se sustenta en cuatro pilares: (1) La coincidencia geográfica entre biodiversidad y diversidad lingüística; (2) La superposición de territorios indígenas con áreas de gran valor biológico; (3) El papel de las comunidades indígenas en la conservación de paisajes prístinos y (4) La predisposición conservacionista de estas comunidades, reflejada en sus creencias, conocimientos y prácticas (Toledo *et al.*, 2008).

El “maíz criollo” es una designación que los agricultores emplean para distinguir el maíz autóctono o adaptado a las condiciones agroecológicas específicas de una región, en contraste con el maíz resultado de intervenciones de mejoramiento genético. Estas poblaciones de maíz criollo suelen ser heterogéneas y han sido cultivadas y preservadas por generaciones de agricultores mediante selecciones basadas en experiencia, buscando rasgos particulares como textura, color del grano, forma de la mazorca, salud de la planta, duración del ciclo vegetativo y otros. Además, el término “criollo” también puede referirse a poblaciones de maíz que resultan de la combinación entre variedades nativas e híbridas o variedades genéticamente mejoradas. (Aragón *et al.*, 2006)

Esta investigación tuvo como finalidad describir los territorios donde coexisten zonas con presencia de diversos grupos indígenas y áreas de cultivo de maíz nativo. Estas zonas reflejan territorios agrícolas de alto valor biológico, consideradas como el eje central de la implementación de técnicas agrícolas tradicionales. Para lograr lo anterior, fue indispensable considerar la distribución de población por grupo indígena (INEGI, 2010) y el muestreo de variedades de maíz nativo documentada por el Proyecto Global de Maíces Nativos de CONABIO (2011). Con dicha información, se analizó la interacción geográfica de la distribución potencial de cada variedad de maíz nativo con las diversas comunidades indígenas del país. Para culminar, los conjuntos de datos obtenidos de este análisis estarán accesibles en una plataforma tecnológica diseñada para investigar, concientizar, difundir y poner de manifiesto los elementos clave de la agricultura tradicional desde una perspectiva geográfica.

Metodología

Para trazar la distribución de las variedades de maíz nativo en México se desarrollaron mapas de distribución probabilística para cada variedad utilizando ubicaciones georreferenciadas y datos bioclimáticos de la base de datos global WorldClim⁴, ajustados a una resolución de 1 km. Se empleó el Laboratorio Virtual de Biodiversidad y Cambio Climático (BCCVL) para prever la distribución de estas variedades de maíz, seleccionando aquellas con al menos 20 puntos de muestra y utilizando el algoritmo Maxent⁵.

De las 19 variables bioclimáticas consideradas, 10 mostraron una fuerte correlación con otras, por lo que se descartaron. La precisión de los modelos se evaluó mediante el área bajo la curva (AUC) de la característica operativa del receptor, que es un estándar en este tipo de análisis.

Después de procesar los datos en BCCVL⁶, se produjo un mapa para cada variedad de maíz que mostraba probabilidades de distribución, que luego se categorizaron en cinco grupos utilizando ArcGIS. Centrándose en las áreas con probabilidades más altas (60% a 100%), se filtraron los datos y se intersecaron con la información demográfica para identificar la población total en estas áreas y, específicamente, la población indígena. Este análisis se llevó a cabo para 48 variedades de maíz nativo, permitiendo una visión detallada de su distribución y su relación con las comunidades locales.

Aplicación de análisis territorial de maíces nativos

Para abordar la complejidad y riqueza de la información espacial relacionada con la diversidad biológica y cultural del maíz, se creó una herramienta innovadora en colaboración con el departamento de plataformas del Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (CentroGeo). Esta herramienta, ofrece a los usuarios una plataforma interactiva para investigar y divulgar aspectos cruciales de la agricultura tradicional.

Una característica distintiva de esta aplicación es su versatilidad. Los

⁴ <https://www.worldclim.org/>

⁵ Maxent: método para realizar predicción a partir de una muestra.

⁶ www.bccvl.org.au

usuarios pueden explorar la información a través de diferentes enfoques, ya sea por estado, municipio, variedad específica de maíz o grupo indígena. Esta flexibilidad permite una comprensión más profunda y detallada de la distribución y características de las 48 razas de maíz nativo disponibles, basándose en variables bioclimáticas tanto a nivel estatal como municipal (ver Figura 2).

Figura 2. Distribución potencial de las diferentes variedades de maíces nativos en el territorio mexicano



Diseñado para ser intuitivo, el sistema guía a los usuarios a través de tres filtros principales: ubicación geográfica (estado/municipio), variedad de maíz y grupo indígena. Esta estructura permite a los usuarios acceder a información específica y personalizada, facilitando una exploración más

enriquecedora y educativa de la relación entre el maíz, la cultura y la biodiversidad en México.

Resultados

Las variedades de maíz que dadas las condiciones bioclimáticas del terreno podrían abarcar vastas áreas en México, incluyen la Tablilla de Ocho, Celaya, Dulce, Tuxpeño Norteño, Vandeño y Tuxpeño. Sin embargo, existen razas como el Tepecintle, Zapalote Chico, Dzit Bacal y Coscomatapec que se encuentran en zonas más específicas.

A través de un análisis detallado sobre las áreas ideales para el cultivo de 48 razas de maíz nativo se determinó que Oaxaca, Michoacán, Puebla, Chiapas y Guerrero son los estados más ricos en diversidad de maíz. Chiapas alberga 27 distintas, como Bolita y Tehua, y cuenta con una importante representación de 44 grupos indígenas, incluidos los Choles, Kaqchikeles y Tepehuanos del Sur. Guerrero, por otro lado, tiene 27 variedades de maíz, incluidas Tepecintle y Olotón, y es hogar de 40 grupos indígenas, entre los que destacan los Choles y Tepehuanos del Sur. Oaxaca, reconocido por su rica biodiversidad, presenta 35 variedades de maíz y es hogar de 45 grupos indígenas, con una fuerte presencia de Choles, Tepehuanos del Norte y K'ches.

El cruce de información geográfica sobre las razas de maíz nativo con la distribución de grupos indígenas en México ha arrojado datos reveladores. A partir de esta intersección se generó una matriz que muestra la proporción de población indígena asociada con cada raza de maíz. Es destacable que 24 grupos indígenas tienen más del 10% de su población vinculada a una variedad específica de maíz en zonas potenciales. Entre estos grupos, los que presentan mayores asociaciones con diversas razas de maíz son Nahuas, Mixtecos, Tarahumaras, P'urhépechas y Huicholes, por mencionar algunos. Por ejemplo, los Tarahumaras están estrechamente relacionados con las razas Apachito, Azul y Gordo de maíz, mientras que los P'urhépechas se asocian principalmente con razas como Mushito de Michoacán y Zamorano Amarillo.

Este profundo análisis territorial que combina la biodiversidad agrícola con la diversidad cultural de México resalta la importancia de conservar ambas. Se evidencia que una gran proporción del maíz nativo en México se encuentra en territorios indígenas, lo que subraya la interdependencia entre estos grupos y la agrobiodiversidad. Además, gracias a una herramienta digital de consulta, esta valiosa información está ahora al alcance de todos, fortaleciendo la toma de decisiones y las iniciativas de conservación en el país.

El maíz nativo en México no es simplemente una planta; es una parte intrínseca de la identidad cultural y patrimonial del país. A través de este análisis geoespacial no sólo se destaca la rica biodiversidad del maíz en México, sino también la importancia de las comunidades indígenas en su conservación y cultivo.

Es crucial reconocer el papel de estas comunidades en la preservación de la biodiversidad del maíz y en mantener vivas las tradiciones asociadas con su cultivo. A medida que enfrentamos desafíos globales como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, la relación entre el maíz nativo y los pueblos indígenas de México destaca la importancia de proteger tanto la biodiversidad agrícola como el conocimiento tradicional.

Navega a través de la diversidad de maíces nativos en la Aplicación de Análisis Territorial de la Distribución potencial de Maíces Nativos y su relación con Grupos Indígenas:
http://plataformapacificosur.mx/cms/multimedia/territ_vulnerables/menuSect-87-1659. Conoce las variedades únicas del Pacífico Sur Mexicano.

Entre montañas y maíz: La agricultura en ladera

En territorio mexicano, muchas zonas agrícolas se sitúan en laderas expuestas a la erosión por pendientes abruptas, agua y prácticas de agrícolas, siendo comúnmente gestionadas por comunidades campesinas e indígenas. Esta forma de agricultura es predominante en regiones como Puebla, Oaxaca, Chiapas y Guerrero. En estas áreas, fenómenos como deslizamientos de tierra -debido a lluvias intensas y sequías prolongadas- se han vuelto habituales y se intensifican con el cambio climático (Eitzinger *et al.*, 2016).

Según Cortés *et al.* (2005), la agricultura en laderas puede categorizarse basándose en la inclinación del terreno: moderada (8-20%), intensa (20-40%) y muy inclinada (>40%).

Una solución innovadora a estos desafíos es la tecnología conocida como Milpa Intercalada entre Árboles Frutales (MIAF), que se presenta como una opción prometedora para enriquecer y hacer sostenible la agricultura tradicional, especialmente en laderas (Camas *et al.*, 2020) (Turrent *et al.*, 2017). Se calcula que al menos 6 de los 9 millones de hectáreas de tierra cultivable en régimen de temporal pueden beneficiarse de la aplicación de MIAF (Turrent *et al.*, 2014).

El MIAF es un enfoque agroecológico que combina varios cultivos, como el frijol u otras leguminosas y árboles frutales, en coexistencia con el maíz. Estos se disponen en franjas alternas dispuestas de manera perpendicular en el terreno. La finalidad de MIAF es múltiple: busca mejorar el ingreso y empleo familiar, proteger el suelo de la erosión, promover una interacción beneficiosa entre los diferentes cultivos y potenciar la captura de carbono (Turrent, 2014; 2017).

El estudio de la agricultura campesina en laderas a través del análisis espacial pretende identificar y comprender las regiones donde esta práctica es predominante, considerando sus diversas características como inclinación del terreno, variedad de cultivos, técnicas agrícolas y condiciones climáticas. Un punto focal es identificar áreas donde la implementación de la tecnología MIAF es ecológicamente apropiada. Esto proporcionará datos valiosos para dirigir iniciativas que buscan promover prácticas agrícolas sostenibles en terrenos en pendientes con un enfoque territorial.

Metodología

Se efectuó un análisis integral que considera tanto la agricultura en laderas como la regionalización potencial para la implementación de la tecnología MIAF. Esta evaluación se basó en la conjunción de datos espaciales que

incluyen zonas agrícolas, elevaciones terrestres, producción de maíz, registros de precipitación anual y zonas con erosión del suelo.

a) Agricultura en laderas

Se utilizaron los datos del Continuo de Elevación Mexicano⁷, una base de datos en formato raster⁸ para calcular las pendientes del terreno. A través del software ArcMap 10.4 se aplicó el algoritmo *Slope*⁹. Esta herramienta evalúa el grado de inclinación del terreno midiendo la tasa máxima de cambio de altura de un punto en relación con sus vecinos inmediatos. Un valor de pendiente menor indica un terreno más plano, mientras que un valor mayor sugiere una inclinación más pronunciada. Una vez obtenidos los valores de pendiente, se convirtieron en porcentajes. Este cálculo se interpreta como la relación entre el cambio de elevación y la distancia recorrida multiplicada por 100.

Para identificar las áreas de cultivo, específicamente en laderas, se intersectó la frontera agrícola con los datos de pendiente obtenidos. Con los datos resultantes se crearon categorías basadas en la inclinación del terreno. Estas categorías son: pendiente moderada (8-20%), pendiente fuerte (20-40%) y pendiente abrupta (>40%).

Después de calcular la pendiente de las regiones usando el Continuo de Elevación Mexicano y el algoritmo *Slope* en ArcMap 10.4, se intersecó esta información con las zonas agrícolas del país. Utilizando la herramienta *Zonal Statistics as Table* para el cálculo de estadísticas zonales, se determinaron las estadísticas de pendiente dentro de cada zona agrícola. Posteriormente, mediante una función de “unión” se asignaron los datos de pendiente a cada área agrícola, basándose en un identificador único de cada área.

Con los datos combinados se procedió a realizar una consulta en PostGIS para categorizar las áreas según su grado de pendiente como: Plana

⁷ Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM): datos geográficos que representan las elevaciones del territorio, <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>

⁸ Los datos Raster son imágenes formadas por píxeles que representan información geográfica de algún fenómeno.

⁹ Slope: algoritmo geoespacial para el cálculo de pendientes.

o casi plana, Moderada, Fuerte y Abrupta. Sin embargo, para el enfoque de la agricultura en laderas se excluyó la categoría “Plana o casi plana”. De esta manera se pudo identificar con precisión las regiones agrícolas de México que presentan características de ladera, lo que es esencial para considerar intervenciones como la Milpa Intercalada entre Árboles Frutales (MIAF).

b) Regionalización potencial de MIAF:

Para identificar las áreas con potencial para la implementación de la tecnología MIAF (Milpa Intercalada entre Árboles Frutales) se llevó a cabo una colaboración con expertos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y Colegio de Postgraduados (COLPOS), específicamente con el Dr. Antonio Turrent y la Dra. Isabel Cortés. A partir de su conocimiento se establecieron criterios tanto de inclusión como de exclusión para determinar las regiones con características ambientales propicias para el desarrollo de la tecnología MIAF.

Se focalizó en las zonas de cultivo de maíz y, dentro de estas, se buscó la intersección con áreas que reciben precipitaciones superiores a 500 mm al año. Sin embargo, se excluyeron aquellos lugares con erosión severa del suelo. Para realizar este análisis espacial se empleó una función de intersección en PostGIS. Esta herramienta permitió determinar la confluencia de los polígonos que representan áreas de agricultura en laderas con las áreas de control del Censo Agrícola 2016. Mediante una consulta en PostGIS fue posible asignar la superficie en hectáreas de cada área de control al polígono correspondiente de la frontera agrícola.

Para determinar las áreas adecuadas para la implementación de la tecnología MIAF en laderas se llevó a cabo un proceso de intersección espacial. Inicialmente, se intersecó la capa de Agricultura de Laderas con la de Precipitación anual. De allí se obtuvieron los valores mínimos y máximos de precipitación para cada polígono de la frontera agrícola.

A continuación, con base en el conjunto de datos de erosión, se identificaron las zonas a nivel nacional que presentaban erosión laminar y erosión en surcos. Estos dos tipos de erosión son especialmente relevantes, ya que sobre ellos es viable aplicar tratamientos MIAF. Se realizó una

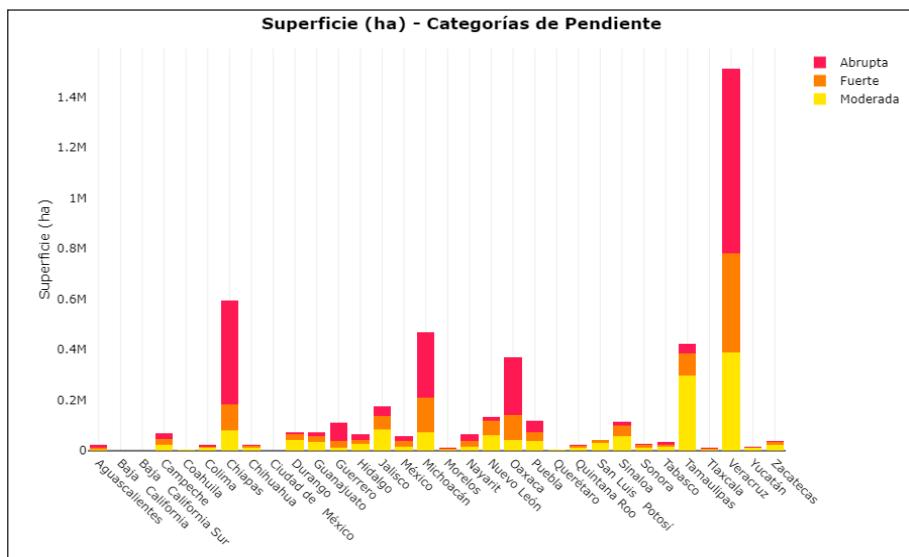
nueva intersección espacial entre la capa delimitada de erosión y la capa de Agricultura de Laderas, asignando las categorías de erosión laminar o en surcos a las respectivas zonas de la frontera agrícola.

Para concluir, se definieron las zonas de Agricultura de Ladera aptas para el dominio potencial de MIAF. La selección consideró las áreas de Agricultura de Ladera que efectivamente tuvieran parcelas sembradas con maíz, una precipitación anual mayor a 500 mm y que estuvieran ubicadas en regiones con erosión laminar o en surcos.

Resultados

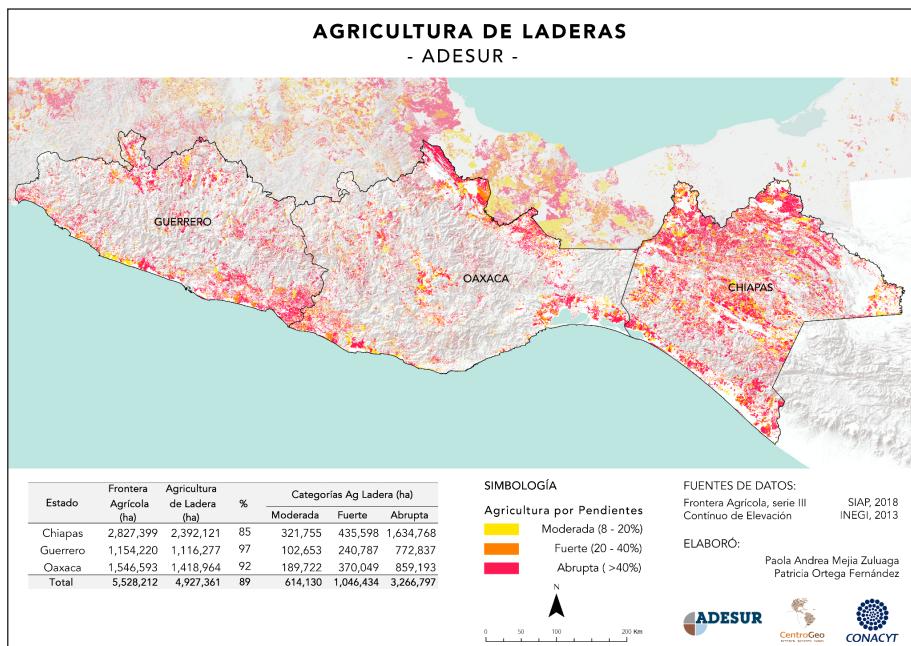
En México, de un total de 30 millones de hectáreas dedicadas a la agricultura, más de la mitad se encuentra en áreas con alguna categoría de pendiente, lo que se conoce como agricultura en ladera (AL). Los estados donde se presenta una mayor extensión de AL son Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Guerrero, Zacatecas, Jalisco y Puebla. Es notable en Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, donde la proporción de AL en relación con la frontera agrícola total de cada estado es muy alta (Figura 3).

Figura 3. Distribución de la agricultura en ladera por estado, categorías: abrupta, fuerte y moderada



En el Pacífico Sur, de las 5.5 millones de hectáreas destinadas a la agricultura, más de 4 millones (es decir el 89%) se encuentran en áreas de pendiente moderada a abrupta. Guerrero destaca por tener el mayor porcentaje de AL en esta región, con el 97% de su agricultura en pendientes que varían de moderadas a abruptas. Las zonas de Costa Chica, Costa Grande y Tierra Caliente en Guerrero son especialmente prominentes en términos de AL. Oaxaca, por su parte, alberga aproximadamente 1.4 millones de hectáreas de AL, lo que significa que el 92% de su agricultura se lleva a cabo en terrenos inclinados, siendo las pendientes abruptas las más comunes. Las áreas de la Sierra Norte, Mixteca, Montaña y Cañada en Oaxaca son las que tienen proporcionalmente la mayor cantidad de agricultura en laderas (Figura 3).

Figura 4. Agricultura en laderas en la región Pacífico Sur (Guerrero, Oaxaca y Chiapas)



En la región del Pacífico Sur, Chiapas destaca al tener la mayor extensión de agricultura en ladera con aproximadamente 2.3 millones de hectáreas, lo que constituye el 85% de toda su superficie agrícola. A pesar de que la AL en Chiapas se encuentra distribuida de manera dispersa a lo largo del estado, existen áreas específicas que concentran una mayor proporción de esta práctica. Las regiones de los Altos Tsotsil Tseltal, los Bosques, los Llanos, la Frailesca y Mezcalapa sobresalen por tener una significativa proporción de su agricultura desarrollándose en áreas inclinadas o laderas.

La práctica de la agricultura en laderas es una constante en México, destacando por su adaptación a las variaciones topográficas, climáticas, sociales y culturales del país. Identificar las áreas donde esta agricultura es predominante y donde la tecnología MIAF puede ser aplicada es crucial. Esta identificación posibilita a diferentes actores la creación de estrategias específicas y adaptadas territorialmente, trabajando de manera interdisciplinaria y transdisciplinaria. El objetivo es mejorar la calidad de vida y las condiciones socioeconómicas de las comunidades campesinas. Al mismo tiempo, se busca revalorizar las prácticas agrícolas tradicionales, preservar el suelo de la degradación, potenciar la infiltración de agua de lluvia y gestionar la biodiversidad de manera sostenible a largo plazo. Esto es esencial ya que la agricultura convencional, tal como se practica actualmente, representa una amenaza ambiental y carece de resiliencia frente al cambio climático.

La agricultura de ladera es una práctica ancestral que ha moldeado el paisaje y las comunidades campesinas e indígenas.

Explora la distribución geográfica de estos territorios:

http://plataformapacificosur.mx/cms/multimedia/territorios_maiz/menuSect-31-1600

Voces de los guardianes del maíz: territorios totikes

El proyecto “Maíces Nativos en el Territorio Totikes, Chiapas” surge de la colaboración entre Asociación Nacional de Empresas Comercializadoras de Productores del Campo (ANEC) y el Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial. Esta plataforma web muestra los resultados y análisis de un cuestionario que se aplicó a 354 agricultores

durante los años 2020 y 2021. Además, se complementa con una serie de infografías detalladas sobre las variedades de maíces nativos (Figura 5), subrayando tanto sus características intrínsecas como las percepciones de los agricultores.

La finalidad principal del cuestionario fue descubrir la esencia productiva y cultural de los productores de maíces nativos, con un enfoque particular en la región de Los Llanos (Chiapas), específicamente en áreas donde la Unión Campesina Totikes tiene presencia. Se buscó recolectar información valiosa acerca de la preservación de saberes, técnicas, preferencias y tradiciones. Además, se exploró cómo han adaptado sus métodos tradicionales ante cambios ambientales y estructurales, como la incorporación de maíces híbridos y el uso variado de agroquímicos.

Nuestro enfoque territorial nos brindó una visión holística que abarca relaciones sociales, instituciones, estructura productiva, identidad y diversidad cultural y étnica. Por lo tanto, los hallazgos del proyecto destacan aspectos esenciales que apoyan la persistencia del cultivo de maíces nativos. Sin embargo, también se hace evidente la coexistencia de métodos de producción combinados, arraigados en muchos agricultores. Estos resultados ofrecen una perspectiva moderna y renovada sobre la situación actual de la producción de maíces nativos.

Figura 5. Postales de voces de las y los productores de maíz nativo



Es esencial reconocer y otorgar visibilidad a los campesinos como custodios y guardianes de los maíces nativos. Gracias a sus prácticas tradicionales han permitido la preservación, reproducción y evolución continua de estas semillas autóctonas. En el panorama actual, donde México contempla adherirse a la UPOV 91, este reconocimiento es más crucial que nunca. Proporciona las bases para validar los derechos colectivos de las comunidades indígenas y campesinas sobre los recursos fitogenéticos que han cultivado y desarrollado durante generaciones, destacando la importancia de su patrimonio biocultural.

Los territorios totikes son una manifestación del profundo vínculo entre la tierra, el maíz y sus habitantes.

Conoce el proyecto de maíces nativos. http://adesur.centrogeo.org.mx/cms/Chiapas_totikes

Descubre las voces de los productores. <http://plataformapacificosur.mx/documents/2627>

Conclusiones

El capítulo “Territorios Dorados: El Maíz y la Herencia Campesina e Indígena del Pacífico Sur” desentraña la compleja trama que une al maíz con las raíces más profundas de México, revelando cómo el grano no sólo sostiene cuerpos, sino también culturas, tradiciones y sistemas ecológicos. Al adentrarnos en los territorios de maíz del Pacífico Sur hemos encontrado la riqueza de una biodiversidad que es custodiada celosamente por comunidades indígenas y campesinas, cuyas prácticas ancestrales representan un bastión frente a la homogeneización agrícola. Pero este capítulo también destaca la urgencia de valorar y salvaguardar el maíz nativo y las formas de vida asociadas con él.

La preservación de un legado biocultural completo, no sólo de una especie, depende del reconocimiento y el apoyo a estas comunidades. Este proyecto no sólo es crucial para México, sino que también es un ejemplo de sostenibilidad y resiliencia en todo el mundo, demostrando que el verdadero progreso radica en el respeto a la diversidad y en la armonía con la naturaleza.

Referencias

- Altieri M. A., & Merrick, L. (1987). *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany*, 41(1), 86-96. <http://www.jstor.org/stable/4254942?origin=JSTOR-pdf>
- Aragón, C. F., Taba, S., Hernández, C. J., Figueroa, C. J., & Serrano, V. y. (2006). *Catálogo de maíces criollos de Oaxaca*. INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPS).
- Bellon M. R., & Brush, S. (1994). Keepers of maize in Chiapas, Mexico. *Economic Botany*, 48(2), 196-209. <https://www.jstor.org/stable/4255617>
- Bellon, M., Mastretta-Yanes, A., Ponce-Mendoza, A., Ortiz-Santamaría, D., Oliveros-Galindo, O., Perales, H., Acevedo, F. & Sarukhán, J. (2018). Evolutionary and food supply implications of ongoing maize domestication by Mexican campesinos. *Proceedings of the Royal Society B. Biological Sciences*, 285(1885). <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1049>
- Boege, E. (2008). *El Patrimonio Biocultural de los Pueblos Indígenas de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia y Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.
- Camas Gómez, R., Turrent Fernández, A., Cortes Flores, J. I., Livera Muñoz, M., González Estrada, A., Villar Sánchez, B., López Martínez, J., Espinoza Paz, N., & Cadena Iñiguez, P. (2012). Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 231-243.
- Consejo Nacional de Población. (2000). *La situación demográfica de México*. Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/La_Situacion_Demografica_de_Mexico_2000
- Consejo Nacional de Población. (2012). *Índice absoluto de marginación 2000-2012*. Obtenido de <http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1755/1/images/01Capítulo.pdf>

- Cortés, F. T. (2005). *Manual para el establecimiento y manejo del sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) en Laderas*. Colegio de Postgraduados.
- Roland, E. Pozas Cárdenas, J. G., Soria Miranda, F., & Cruz González, J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 149-160. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792017000200149&lng=es&tlang=es.
- Eitzinger, A. L. (2016). Assessing high-impact spots of climate change: spatial yield simulations with Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) model. En N. Mimura & F. Wagner (eds.) *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (pp. 743-760). Springer.
- Escobar A., G. I. (1997). Territorios del maíz en México. *Estudios Territoriales*, 34-49.
- Gliessman S. R., García, R. & Amador, M. (1981). The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems. *Agro-Ecosystems*, 7(3), 173-185. [https://doi.org/10.1016/0304-3746\(81\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0304-3746(81)90001-9)
- Gómez, E. (2011). *Maíz, axis mundi. Maíz y sustentabilidad*. Juan Pablo Editor – Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/124/Maiz%20axis%20mundi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kato, T., Mapes, C., Mera, L., Serratos, J., Bye, R. (1988). *El maíz, sus orígenes, su evolución y su dispersión*. Colegio de Postgraduados.
- Herrera-Cabrera, B., Macías-López A., Díaz-Ruiz R., Valadez-Ramírez M., Delgado-Alvarado A. (2002). Uso de semilla criolla y características de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25 (1), 17-23. <https://doi.org/10.35196/rfm.2002.1.17>
- Morales J. F. (2002). *Fiestas y tradiciones de Oaxaca*. Instituto Oaxaqueño de las Culturas.
- Perales, H. R., Benz, B. F., & Brush, S. B. (2005). Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proceedings of the*

- National Academy of Sciences of the United States of America, 102(3), 949–954.* <https://doi.org/10.1073/pnas.0408701102>
- Rodríguez, A. & Arias, L. (2014). La milpa y el maizal: retos al desarrollo rural en México y Perú. *Etnobiología, 12*(39), 76-89. https://www.academia.edu/9847807/La_Milpa_y_el_Maizal_Retos_al_Desarrollo_Rural_en_M%C3%A9xico_y_Per%C3%BA
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural-FAO. (2011). *Diagnóstico del sector rural y pesquero de México*. Obtenido de Diagnóstico del sector rural y pesquero de México: <http://www.fao.org/3/a-bc980s.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural-FAO. (2012). *Agricultura familiar con potencial productivo en México*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-bc944s.pdf>
- Sánchez, J., Goodman, M. M., & Stuber, C. W. (2000). Isozymatic and Morphological Diversity in the Races of Maize of Mexico. *Economic Botany, 54*(1), 43–59. <http://www.jstor.org/stable/4256248>
- Serratos J. A. (2016). Transgénicos en la tortilla. ¿Riesgo para la biodiversidad de maíces en México? *Biodiversidad Mexicana*, 16-21.
- Téllez, V. A. (2016). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2015*. CONAPO.
- Toledo, V. M, Barreras, N. (2008). *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Editorial Icaria.
- Transient Fernández, A., Cortés Flores, J. I., Espinosa Calderón, A., Hernández Romero, E., Camas Gómez, R., Torres Zambrano, J., & Zambada Martínez, A. (2017). MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? *Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8*(5), 1169-1185. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.116>
- Transient Fernández, A., Espinosa Calderón, A., Cortés Flores, J., & Mejía Andrade, H. (2014). Análisis de la estrategia MasAgro-maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5*(8), 1531-1547. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000800016&lng=es&tlang=es.