6. Retos y oportunidades para establecer la Milpa Intercalada con Árboles Frutales en una comunidad de la Mixteca Alta oaxaqueña

6. Challenges and Opportunities to Adapt the Milpa System Interspersed with Fruit Trees in a Community of the Mixteca Alta, Oaxaca

Horacio Santiago Mejía*
Rocío Albino Garduño**
Zeltzin Rubí Sandoval Santiago***

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.227.06

Resumen

La Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) es un sistema alimentario mexicano diseñado para la agricultura campesina, de laderas susceptibles a la erosión, superficies pequeñas y provincias agronómicas con buena productividad. Tlacotepec Plumas es una comunidad de la Mixteca oaxaqueña, los climas que tiene son templado subhúmedo y semiseco templado, está a 2 400 msnm, con 650 mm de precipitación anual, es regida por usos y costumbres y tiene un grado de marginación medio. La MIAF se implementó en

* Doctor en Ciencias Agrícolas con enfoque en Edafología. Profesor-investigador de la Universidad Intercultural del Estado de México. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2768-0985
** Doctora en Ciencias Agrícolas, Edafología. Profesora-investigadora, Universidad Intercultural del Estado de México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5420-8788
*** Ingeniera Agrónoma Especialista en Fitotecnia. Coordinadora del Proyecto Protección Campesina de maíces nativos en Tlacotepec Plumas, Oaxaca, Universidad Universidad Autónoma Chapingo, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6051-4439

Tlacotepec Plumas, Oaxaca, a través del programa Sembrando Vida, en marzo del año 2019. El objetivo de este trabajo fue analizar los retos y las oportunidades agrícolas y socioculturales de Tlacotepec Plumas, Oaxaca, para el establecimiento del sistema MIAF a través de comunidades de aprendizaje y análisis cartográfico. Se realizaron 10 sesiones de comunidad de aprendizaje acerca de la tecnología MIAF, entre noviembre de 2020 y abril de 2022. Durante las sesiones se identificaron colectivamente retos y oportunidades agrícolas y socioculturales para el desarrollo de la MIAF. La información se complementó con el análisis cartográfico usando Datum WGS84 (INEGI) y el Sistemas de Información Geográfica ArcGIS v. 10.7 para delimitar zonas de uso agrícola. El análisis cartográfico evidenció que 535 ha de Tlacotepec Plumas tienen condiciones para el establecimiento de la MIAF. Se identificaron 10 especies frutales que pueden usarse como epicultivo de la MIAF, dos especies que pueden acompañar al maíz en mesocultivo y cinco como sotocultivo con potencial para la implementación. La organización social en usos y costumbres favorece la implementación de la MIAF. La situación plantea innovar la tecnología en: densidad de plantación de los árboles frutales, especies de árboles frutales, porta-injertos, arreglos topológicos de las especies componentes de la milpa, dosis y fuentes de fertilización, formación y conducción de los árboles frutales, riegos auxiliares y acolchado. Tlacotepec Plumas, municipio de la mixteca alta oaxaqueña, tiene condiciones biofísicas y socioculturales para establecer la MIAF, aunque requiere de varias innovaciones que se adecuen a su clima, suelo y agrobiodiversidad.

Palabras clave: *Programa Sembrando Vida, maíz cajete, árboles frutales, sistema alimentario, MIAF.*

Abstract

The milpa system interspersed with fruit trees (MIAF) is a Mexican food system designed for peasant agriculture, on slopes susceptible to erosion, small surfaces, and agronomic provinces with good productivity. Tlacotepec Plumas is a community of the Mixteca Alta in Oaxaca, its climates are sub-humid temperate and semi-dry temperate, it is located at 2400 mamsl, with 650 mm

of annual precipitation, it is governed by uses and customs and has a medium degree of marginalization. The MIAF was implemented in Tlacotepec Plumas Oaxaca through the Sembrando Vida program, in March 2019. The objective of this work was to analyze the agricultural and sociocultural challenges and opportunities of Tlacotepec Plumas, Oaxaca, for the establishment of the MIAF system through community learning and cartographic analysis. 10 community learning sessions on MIAF technology were held between November 2020 and April 2022. During the sessions, agricultural and sociocultural challenges and opportunities for the development of the MIAF were collectively identified. The information was complemented with cartographic analysis using Datum WGS84 (INEGI) and Geographic Information Systems ArcGIS v. 10.7 to delimit areas for agricultural use. The cartographic analysis showed that 535 ha of Tlacotepec Plumas have conditions for the establishment of the MIAF system. 10 fruit species were identified that can be used as epiculture of the MIAF, two species that can be associated with maize in mesoculture, and five species as sotoculture with implementation potential. The social organization in uses and customs favors the implementation of the MIAF. This situation requires innovative technology in: fruit planting density, fruit species, rootstocks, topological arrangements of the species that make up the milpa, doses and sources of fertilization, formation and conduction of fruit trees, auxiliary irrigation and mulch. Tlacotepec Plumas, a municipality in the Mixteca Alta of Oaxaca, has biophysical and sociocultural conditions to establish the MIAF, although it requires several innovations that are adapted to its climate, soil, and agrobiodiversity.

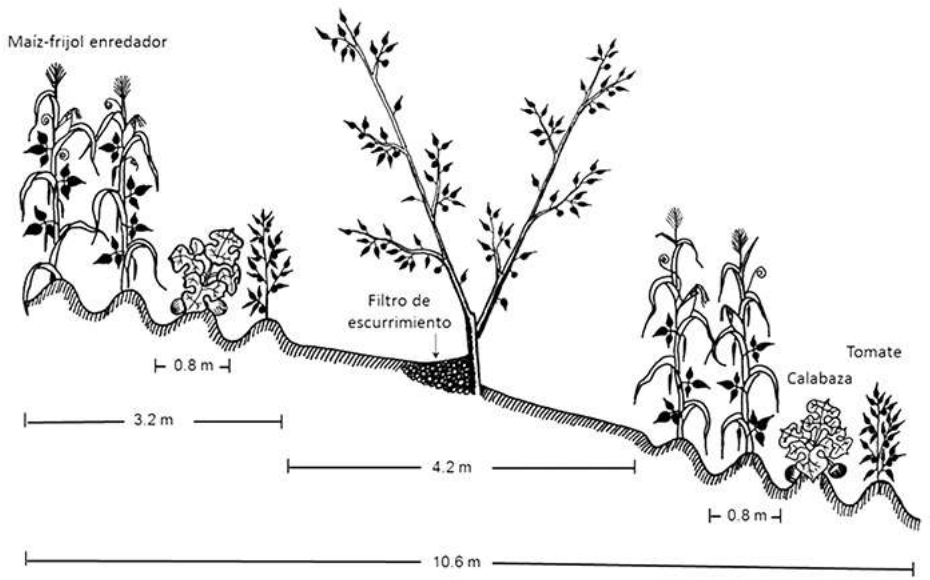
Keywords: *Sembrando Vida Program, cajete maize, fruit tres, food system, MIAF.*

Introducción

El sistema de Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) es un sistema alimentario mexicano, diseñado por instituciones públicas de investigación agrícola y comunidades campesinas (Albino *et al.,* 2021). Este es un sistema de policultivo que tiene al maíz nativo (mesocultivo) como especie principal

del sistema, por razones de seguridad alimentaria. Las franjas de maíz están intercaladas con surcos de especies comestibles de porte bajo (sotocultivo) e hileras de árboles frutales (mesocultivo). En terrenos de ladera (pendiente mayor al 20%) cada módulo MIAF mide 10.6 m de ancho (y de largo tanto como permita el terreno) y tiene ocho surcos disponibles para la milpa con especies anuales. Los surcos están alineados de forma paralela a la hilera de árboles y perpendicular a la pendiente del terreno (figura 1) (Albino *et al.*, 2021). Para terrenos en planicie o con pendiente menor al 20% cada módulo MIAF tiene seis surcos dedicados a la hilera de árboles frutales y doce surcos para la milpa (seis para el maíz y seis para los sotocultivos); todos los surcos contiguos le dan una dimensión de 14.4 m. Al intercalar los surcos de las especies anuales, la diferencia en alturas permite la entrada de radiación solar a toda el área foliar de las plantas de maíz, incrementando su rendimiento. El incremento en el rendimiento también se atribuye a la distribución de las raíces en diferentes profundidades cuando las especies están intercaladas (Cortés *et al.*, 2014).

Figura 1. *Vista lateral de un módulo MIAF en ladera, compuesto por maíz nativo intercalado asociado con frijol e intercalado con calabaza italiana y tomate de cáscara*



Fuente: Albino *et al.* (2021).

La MIAF como tecnología campesina es clave para retomar procesos de transición agroecológica; ya sea en aquellos sistemas en que se está perdiendo la agrobiodiversidad o en donde existen procesos de deterioro ambiental. Ya que es una tecnología que promueve el policultivo, usa barreras vivas para evitar la erosión del suelo, no usa herbicidas, promueve la seguridad alimentaria y la agrobiodiversidad local a través de la milpa, e incrementa los ingresos de las familias campesinas con la producción de fruta.

Con el diseño de la MIAF, en cada región del país se adaptan cultivos de interés local. Se ha experimentado con distintas especies y variedades de árboles: en Oaxaca con manzanos (Torres, 2016) y duraznos (Ruíz *et al.,* 2012); en el Estado de México duraznos (Santiago *et al.*, 2021) y tejocote, ciruela, pera y nogal (Santiago-Mejía *et al.,* 2021). En Chiapas se ha implementado el MIAF con guayaba (Camas *et al.*, 2012), limón y aguacate (Hernández, 2014). Las especies de sotocultivo que se han probado intercaladas en MIAF son frijol arbustivo ('Negro 8025') (Albino *et al.*, 2015), tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm 'Manzano'), calabaza de mata (*Cucurbita pepo* L. 'Grey Zuchinni') y cempasúchil (*Tagetes erecta* L.) (Albino *et al.*, 2021).

La evaluación de este sistema se ha realizado principalmente en campos experimentales del INIFAP y COLPOS (Salvador, 2013; Santiago, 2014; Albino, 2014) y en parcelas campesinas de Chiapas, Oaxaca, Puebla y Estado de México (Camas, 2012; García, 2015; Torres, 2016; Aquimin, 2020; Tapia-Hernández *et al.*, 2021; Albino *et al.*, 2021). Las parcelas han sido establecidas en provincias agronómicas de muy buena y buena productividad; en esta condición productiva está el 33% de la superficie agrícola mexicana, considerando el espesor del suelo, la precipitación anual y la evaporación del sitio (Turrent *et al.*, 1999). La MIAF es una tecnología preventiva, no promueve la apertura de nuevas tierras de labor sino el aprovechamiento de provincias agronómicas de buena productividad.

La MIAF es un rediseño de la milpa histórica, en constante adaptación, basado en principios agronómicos, la inclusión de la agrobiodiversidad funcional local, prácticas agrícolas sustentables y los conocimientos y preferencias de las familias campesinas (Albino *et al.,* 2021). Las especificaciones

técnicas de cada práctica agrícola en la MIAF han sido probadas experimentalmente en las condiciones de la agricultura campesina; por ejemplo, la poda, injerto (Santiago, 2014), el trazado de curvas a nivel, las densidades de plantación, el manejo del filtro de escurrimientos (Camas, 2012), arreglos topológicos, la fertilización y el manejo de las especies anuales en el sistema (García, 2015; Tapia-Hernández *et al.*, 2021; Albino *et al.,* 2021).

Existen evidencias de la adopción y adaptación del sistema MIAF, debido a sus beneficios alimenticios y bioculturales. Las comunidades Mixe de Oaxaca adoptaron nuevas prácticas como la poda, injerto, trazos de curvas a nivel, siembra de la milpa dentro del sistema MIAF y la no quema del rastrojo (Ruíz *et al.,* 2012). En los aspectos sociales, se ha mostrado que el sistema MIAF no transgrede la cultura y cosmovisión de la comunidad mazahua pues la prevalencia del modo de vida tradicional campesino gira en torno a la milpa (Pillado *et al.*, 2021). El efecto de la tecnología se atribuye a la organización social que la soporta y al seguimiento técnico. La combinación de organización social y seguimiento técnico en la implementación del MIAF ha promovido la inclusión de mujeres en la toma de decisiones (Cadena-Iñiguez *et al.,* 2018). Son múltiples las evidencias del incremento en el rendimiento e ingresos de las especies en MIAF, aunque ocurre a partir del tercer año (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2018). El estudio de Camas (2011) mostró que se pierde tres veces menos suelo por erosión hídrica con el sistema MIAF (5.7 ton/ha) comparado con la labranza cero con pastoreo (16.8 ton/ha), durante el periodo de lluvias anual; mientras que la infiltración de agua de lluvia se incrementa (12%) por efecto de la barrera viva (árboles frutales) en el sistema MIAF. El sistema MIAF contribuye a la seguridad alimentaria de las familias campesinas, pues el intercalado de meso y sotocultivo (tomate de cáscara y calabaza de mata) podría abastecer con 2.1 salarios mínimos y la producción podría alimentar a siete familias de cinco miembros promedio (Padilla *et al.*, 2022). Adicionalmente la oportunidad de empleo cambia de 40 jornales ha^{-1} en el cultivo simple de maíz a alrededor de 180 jornales ha^{-1} MIAF (Cortés *et al.*, 2014).

En años recientes, la difusión y el codiseño de la tecnología se ha hecho a través de escuelas campesinas (Orozco *et al.*, 2009; Trejo-Sosa *et al.*,

2021) y comunidades de aprendizaje (Santiago-Mejía *et al.,* 2021). La comunidad de aprendizaje es la integración de sujetos sociales quienes establecen relaciones de reciprocidad y mantienen un diálogo de saberes que les permite aprender unos de otros. En el proceso dialógico los actores construyen una comunidad epistémica, solidaria y empática (González, 2018, p. 30).

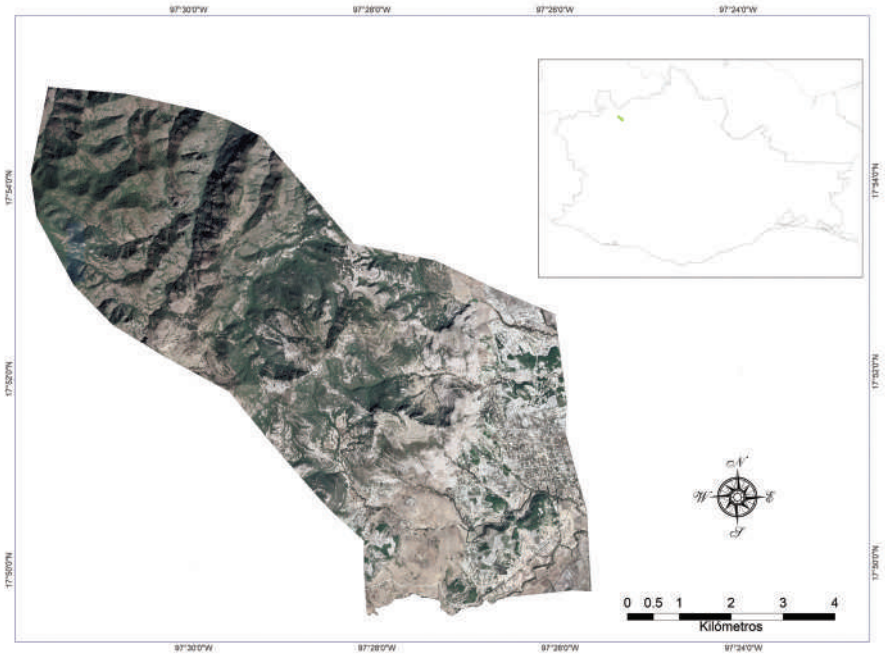
El nicho ideal de la MIAF son las parcelas campesinas dedicadas a la agricultura, con cultivo de maíz nativo, superficies pequeñas, en ladera, sitios con buen temporal y buena productividad. En estas condiciones se ha experimentado con la MIAF; sin embargo, en la actualidad ha sido implementado en 21 estados de la República Mexicana con el programa Sembrando Vida (Secretaría de Bienestar, 2020). Con este programa también se implementa la MIAF en la región mixteca de Oaxaca, sin una evaluación previa de las condiciones que favorezcan las prácticas agroecológicas para su establecimiento. Por tanto, el presente trabajo tiene por objetivo analizar los retos y las oportunidades agrícolas y socioculturales de Tlacotepec Plumas, Oaxaca, para el establecimiento del sistema MIAF a través de comunidades de aprendizaje y análisis cartográfico.

Metodología

Sitio de acción

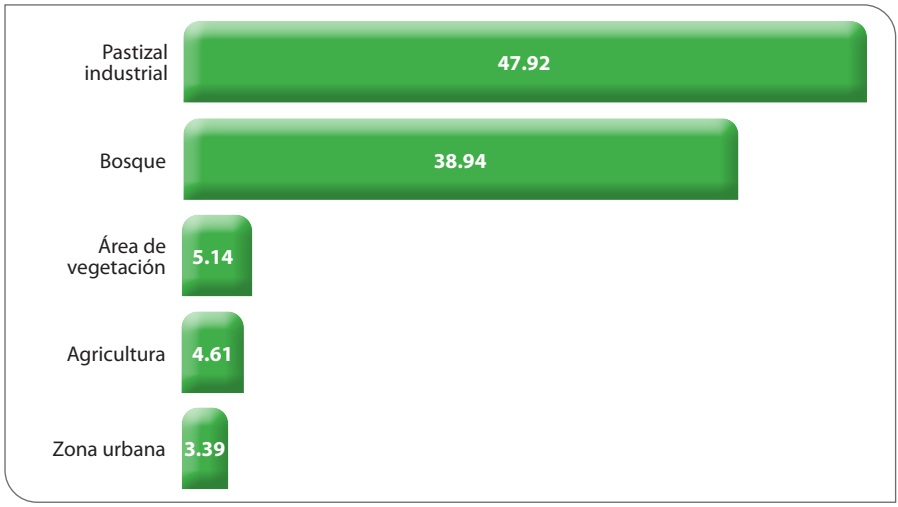
Tlacotepec Plumas es un municipio perteneciente al distrito de Coixtlahuaca, Oaxaca. El municipio se ubica entre los paralelos 17°49' y 17°56' de latitud norte; los meridianos 97°25' y 97°32' de longitud oeste; altitud entre 1 900 y 2 900 m.s.n.m (figura 2). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (96.52%) y semiseco templado (3.48%), el intervalo promedio de temperatura es de 14 –18°C y precipitación de 600–700 mm anuales y 4.6 del territorio municipal es de uso agrícola (figura 3) (Digepo, 2015). El establecimiento de la MIAF inició en marzo del año 2019 a través del programa gubernamental Sembrando Vida.

Figura 2. *Localización de Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca, Oaxaca*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. *Uso del suelo en Tlacotepec Plumas, Oaxaca*



Fuente: Elaboración propia con datos de Digepo (2015).

Población objetivo

La población del municipio es de 410 personas, de las cuales el 51% son mujeres y el 49 % son hombres. La población tiene un grado de marginación medio (Secretaría de Bienestar, 2022). En el proyecto participaron 29 personas: 14 de ellos hombres y 15 mujeres. Uno de los coautores es originario de Tlacotepec Plumas y a partir de su especialización en MIAF la comunidad solicitó, en septiembre de 2020, su asesoría para el establecimiento del sistema en sus parcelas, como parte del programa Sembrando Vida.

Comunidades de aprendizaje

Se realizaron 10 sesiones de comunidades de aprendizaje, acerca de la tecnología MIAF, en las que participaron 29 habitantes (participantes y no participantes del Programa Sembrando Vida) de Tlacotepec Plumas, Oaxaca, dos profesores de la Universidad Intercultural del Estado de México y una estudiante de la ingeniería en Agronomía (Fitotecnia) de la Universidad Autónoma Chapingo. Previo a la conformación final de la comunidad de aprendizaje de 29 personas se llevaron a cabo dos talleres con 45 sembradores del programa Sembrando Vida (SV). Sin embargo, los técnicos de SV decidieron no hacer obligatoria la capacitación de los campesinos por parte de esta iniciativa; por lo tanto, sólo se quedaron los sembradores interesados y campesinos que no participan en SV.

Las 10 sesiones de comunidades de aprendizaje se realizaron entre el 20 de noviembre de 2020 al 13 de abril de 2022. Las sesiones incluyeron el análisis de las bases del sistema MIAF, las prácticas de manejo agrícola y la reflexión colectiva del proceso. La temática de las comunidades de aprendizaje fue: (1) propagación de árboles frutales (colecta, escarificación y estratificación de semillas, elaboración de sustratos, injertación); (2) diseño y establecimiento de un sistema MIAF; (3) nutrición de los árboles frutales y la milpa bajo el sistema MIAF; (4) conducción y poda de los árboles frutales en el sistema MIAF; (5) identificación de estructuras florales y vegetativas de las principales especies de árboles frutales de clima templado; (6) identificación de retos de la adaptación de la MIAF, y (7) rediseño y

oportunidades de la MIAF con especies locales y en las condiciones edafoclimáticas de Tlacotepec Plumas. De cada sesión se recuperaron las observaciones, inquietudes y comentarios de los asistentes. A partir de este diálogo con los integrantes de las comunidades de aprendizaje y de la observación participante se realizó una matriz de los retos y oportunidades para su interpretación.

Análisis cartográfico

Para realizar el análisis cartográfico de Tlacotepec Plumas se utilizó información geográfica de referencia: Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum WGS84, del INEGI (2019). El archivo base del análisis fue tierras Parceladas de Oaxaca (RAN, 2019). Se delimitaron zonas de terraceo, zanjas bordo y zanjas bordo-terraceo, con el software de Sistemas de Información Geográfica ArcGIS v. 10.7. Se realizó la proyección del archivo formato *shapefile* "Tierras parceladas de Oaxaca" y la proyección de la imagen satelital descargada con el programa SAS Planet v.2020. Con esta información se editaron los polígonos de acuerdo con el uso actual del suelo y se generó el archivo *shapefile*, incluyendo información de tipo de actividad y superficie en hectáreas.

Resultados y discusión

Retos para establecer la MIAF

Entre los retos identificados colectivamente en las comunidades de aprendizaje, para establecer la MIAF están la baja fertilidad de los suelos, precipitación limitada, conocimiento campesino limitado en el manejo de los árboles frutales, formación técnica limitada de los facilitadores respecto a sistemas intensivos o en sistemas agroforestales, investigación limitada de sistemas agroforestales o intensivos en provincias agronómicas marginales como la mixteca alta oaxaqueña y falta de mano de obra en las etapas iniciales del establecimiento de la tecnología (figura 4).

Figura 4. *Retos y propuestas para el establecimiento de la MIAF en Tlacotepec Plumas, Oaxaca, México*



Fuente: Elaboración propia.

Aproximadamente el 90 % de la superficie con potencial agrícola de Tlacotepec Plumas está con suelo regosol (Digepo, 2015); este suelo se caracteriza por ser somero y con baja fertilidad. El regosol es un suelo poco desarrollado en material sedimentario no consolidado, es característico en tierras erosionadas, zonas de acumulación y particularmente de zonas áridas y semiáridas (WRB, 2015). Y el 10%, aproximadamente, de la superficie agrícola es de vertisoles que se ubican en las zonas bajas o de acumulación. Estos suelos permiten enraizamiento limitado debido a condiciones alternas de humedad-sequía, sedimentos de arcilla de expansión-retracción, y forman profundas y anchas grietas (WRB, 2015). Para solucionar esta situación de fertilidad, los campesinos han adecuado prácticas que incrementan la fertilidad del suelo o han desarrollado especies que se adaptan a este tipo de suelo

(cuadro 1). Sin embargo, los cambios bruscos en los periodos de lluvia (por lo general se han desplazado) y en los regímenes de temperatura (más cálidos) hacen necesario reforzar las tecnologías y los conocimientos campesinos con investigación-acción-participativa. Los campesinos de la comunidad de aprendizaje mencionaron que ahora se requiere de mayores cantidades de materia orgánica o de otras fuentes de fertilización que logren la sobrevivencia, el crecimiento adecuado y los rendimientos de las especies cultivadas para satisfacer las necesidades de sus familias. Para ello se requiere generar investigación bajo el sistema MIAF que deriven en fuentes, dosis y oportunidad de fertilización en las diferentes especies de la milpa y de árboles frutales.

Cuadro 1. *Tecnologías campesinas adaptadas a los tipos de suelo en Tlacotepec Plumas, Oaxaca*

Tipo de suelo	***Tecnología campesina***
Regosol	Incorporación de materia orgánica (MO)
	Zanja bordo a curvas a nivel rellenadas con MO, *lama* y estiércoles.
	Siembra de maíz nativo tipo temporal, frijoles de guía y calabazas de guía.
	Labranza del suelo con tractor
Vertisol	Establecimiento de milpa con el sistema lama-bordo Labranza del suelo con tracción animal
	Siembra de maíz nativo tipo cajete
	Barreras muertas con piedras (pretiles)

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que la superficie con potencial agrícola está con obras (tradicionales y contemporáneas) que conservan el suelo y el agua, la precipitación media anual, 600 a 700 mm anuales y por las altas temperaturas en los años recientes, es insuficiente para satisfacer el uso consuntivo de las diferentes especies de árboles frutales. Los árboles frutales establecidos en las huertas recientes de Tlacotepec Plumas con demanda en el mercado local, regional y nacional en su mayoría no son nativos, por lo tanto, requieren de riegos auxiliares. Y cuando los periodos de sequía son prolongados, las especies locales también requieren de riegos auxiliares. Esta situación abre un campo de investigación y acción para innovar en los sistemas tradicionales (lama-bordo, pretiles, zanja bordo, terraceo) con sistemas de riego presurizado, porta-injertos y variedades de árboles frutales tolerantes a la sequía, acolchados para conservar la humedad, y tecnologías para almacenar y distribuir el agua de forma eficiente.

Al establecerse la MIAF en parcelas ya terraceadas, con zanja bordo, en lama-bordo o con pretiles, el principio de la formación paulatina de terrazas por la barrera viva de los árboles frutales con su filtro de escurrimientos pasa a segundo término. Bajo esta circunstancia el árbol frutal, quizá sin el filtro de escurrimientos, funcionaría para estabilizar el talud, el bordo o el pretil. La formación y conducción del árbol frutal, en MIAF, *Tatura modificado* (seto en "Y" formado por árboles intercalados, la rama del árbol contiguo se orienta en sentido opuesto al árbol anterior y así sucesivamente) y distancia de plantación a un metro (Cortés *et al.*, 2014) tendrían que replantearse, pues al existir la terraza la función principal del filtro sería la retención de humedad en el árbol, más que la formación paulatina de terrazas. Esta condición abre la posibilidad de evaluar otras formas de conducción (p.e. palmeta, líder central, a un solo tallo) y distanciamientos para facilitar el manejo, el riego y la cosecha de los frutos.

Por un lado, de 10 especies de árboles frutales identificados en Tlacotepec Plumas con potencial agronómico 8 (Manzanos [*Malus domestica* Borkh.], duraznos [*Prunus persica* L.], membrillos [*Cydonia oblonga* Mill.], nísperos [*Eriobotrya japónica* Lindl.], granada china [*Punica granatum* L.], ciruelos [*Prunus salicina* Lindl.], higos [*Ficus carica* L.] y peras [*Pyrus malus* L.]) son originarios del "viejo mundo" (Casas *et al.*, 2007). Los campesinos manejan estas especies introducidas en los traspatios, o imbricados en bajas densidades en sus sistemas tradicionales, pero desconocen su manejo en sistemas intensivos como lo propone la MIAF. En cambio, dominan el sistema milpa y sus aportaciones (saberes en el manejo de especies locales, fechas de siembra, labranza, fertilización, conservación y mejoramiento de semillas) en su rediseño son muy valiosas. Por otra parte, los técnicos que capacitan acerca del manejo del árbol frutal desconocen o no dominan la tecnología MIAF; por lo general, desconocen el manejo de los árboles frutales en altas densidades o en sistemas agroforestales. Las asignaturas e investigaciones relacionadas a la fruticultura desarrolladas en las universidades agrícolas o instituciones similares, en su mayoría, son bajo el paradigma monocultivo, en agricultura extensiva y manejo convencional. Por esto, se requiere reforzar los programas educativos y las investigaciones con el paradigma de la agricultura campesina mexicana, en policultivo, en pequeñas superficies y en tierras marginales. Los esquemas de plantación, conducción y formación, poda, fertilización, riego

cambiarían a los convencionales y se darían mejores respuestas a las problemáticas en este tipo de agricultura.

Otro reto al que se puede enfrentar la tecnología MIAF en su etapa inicial es la falta de mano de obra; ya que Tlacotepec Plumas, así como las comunidades de la mixteca alta oaxaqueña se caracterizan por una disminución en la actividad agrícola debido a la alta migración de campesinos en edad productiva (Bocco *et al.*, 2019; Sandoval-García *et al.*, 2021). Además, la MIAF se caracteriza por una demanda alta en jornales para su establecimiento o manejo, hasta 180 jornales ha año^{-1} (Cortés *et al.*, 2014); de no existir esta mano de obra complicaría su escalamiento. En Tlacotepec Plumas, de acuerdo con el censo de 2020, el 52 % de la población son mujeres y el 25 % corresponde a personas mayores a 65 años (Secretaría de Bienestar, 2022). Esta tendencia también se reflejó en la comunidad de aprendizaje MIAF ya que, de 29 integrantes, el 53% son mujeres y el 57 % de todos los integrantes tienen una edad mayor de 50 años. Lo anterior indica que el trabajo que demanda el establecimiento la tecnología MIAF recae principalmente en las mujeres o en personas mayores a 50 años. Sin embargo,

> […] la MIAF al ser una alternativa campesina que incrementa la producción de alimentos básicos y los ingresos económicos a través de la producción de frutas hace que los campesinos de comunidades del municipio de Rayón, Chiapas ya no migren a las grandes ciudades de México o al extranjero. [María Cristina Díaz Jiménez,[1] comunicación personal, 15 de marzo de 2023]

Se espera que en Tlacotepec Plumas la MIAF sea una fuente de empleo y regresen las personas en edad productiva que han migrado o evite la migración de jóvenes residentes en la comunidad.

Oportunidades para establecer el sistema MIAF

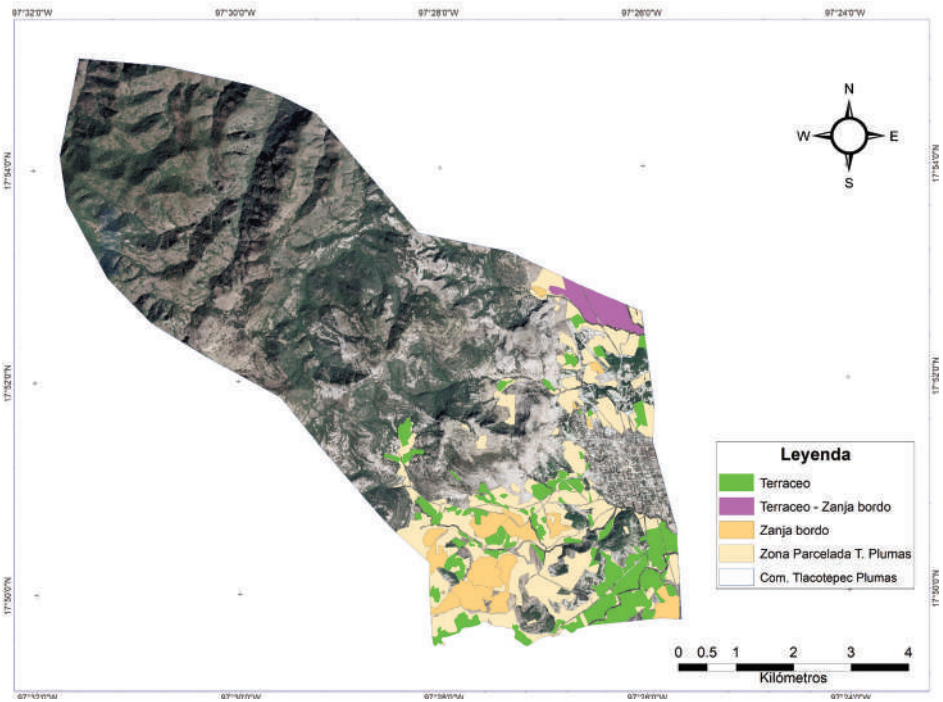
Los aspectos identificados que favorecen el establecimiento del sistema MIAF son: la superficie agrícola disponible (terraceada, con zanja bordo, bajo el

[1] Integrante del colectivo ISITAME A. C. y facilitadora social del Programa Sembrando Vida en los municipios de Rayón, Pantepec y Bochil, Chiapas, México.

sistema lama-bordo o con pretiles); germoplasma local de cultivos anuales y árboles frutales; saberes campesinos en el manejo de la milpa local; y organización social bajo usos y costumbres. Estos se analizan a continuación.

El análisis cartográfico indica que el municipio de Tlacotepec Plumas tiene una superficie total de 5,726 hectáreas, de las cuales 1,037 (18.1%) están parceladas. Se identificó que 535.71 ha (9.4%) tienen potencial agrícola; de las cuales actualmente 303.18 ha (5.3%) están terraceadas, 58.59 ha (1%) están en combinación de terraceo y zanja bordo y 173.74 ha (3%) con prácticas que evitan la erosión como el sistema lama-bordo o pretiles (figura 5). De las 1,037 ha parceladas, 454.29 hectáreas no tienen uso agrícola han sido reforestadas, están en desuso o se reconvirtieron a pastizal. Esta situación de abandono o cambio de uso de suelo pudiera deberse a la migración o cambio de activd como fuente principal de ingresos por parte de los habitantes de Tlacotepec Plumas. Caso contrario a lo que

Figura 5. *Mapa de Tlacotepec Plumas, Oaxaca con superficie parcelada, terraceada, con terraceo-zanja bordo o con sistemas tradicionales que conservan el suelo y la humedad*



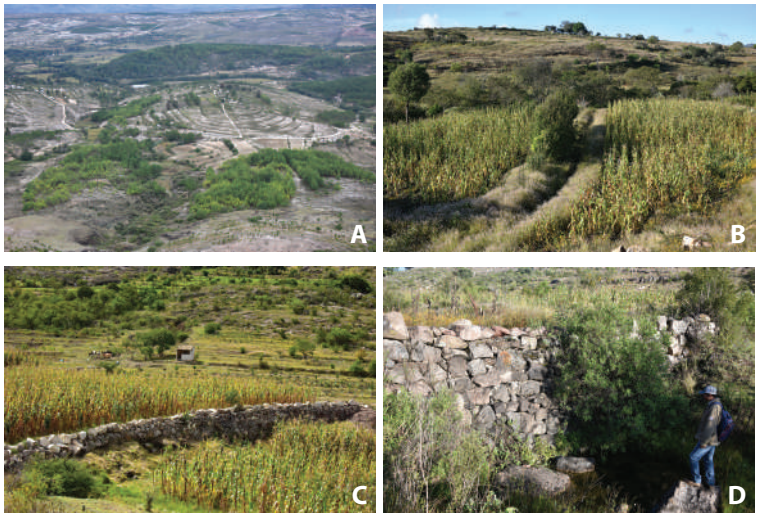
Fuente: Elaboración propia.

reporta la Digepo (2015), se identificó que Tlacotepec Plumas tiene una superficie potencial agrícola de 9.5 % (535.71 ha) en vez de 6.82 % (390.5 ha) reportado. Este incremento se debe al esfuerzo comunitario para realizar obras de conservación de suelo y agua, ya que desde el año 1966 la Comisión del Papaloapan y habitantes de Tlacotepec instalaron viveros comunitarios y terracearon alrededor de 400 hectáreas (PMD, 2011). A partir de entonces, la comunidad reforesta anualmente y los campesinos construyen zanjas bordo o zanjas trinchera en sus parcelas.

Se estima que la superficie terraceada, con zanja bordo o con el sistema tradicional de lama-bordo [conjunto de terrazas prehispánicas establecidas en los cauces naturales, formadas por muros de piedra acomodada o tierra compactada que permiten la acumulación de humedad y la retención de sedimento acarreado de las partes altas (Santiago-Mejía *et al.*, 2018; Bocco *et al.*, 2019)], favorece el establecimiento de la MIAF, ya que estas tecnologías conservan el suelo y la humedad en suelos superficiales en zonas áridas como la mixteca oaxaqueña (figura 6). En la superficie parcelada con uso agrícola se encuentran los regosoles derivados de material parental sedimentario, aquí los campesinos construyen las zanjas bordo a curvas a nivel. Para mejorar los suelos, los campesinos rellenan las zanjas con azolves (*lama)* de arroyos, estiércoles (caprino, ovino, vacuno, equino, aviar y cunícola), tierra de monte y residuos orgánicos de las colonias de la hormiga arriera (*Atta mexicana* Smith); después establecen exitosamente árboles frutales, cultivos anuales y hortalizas.

En las comunidades de aprendizaje se identificó que el germoplasma agrícola local con el que cuenta Tlacotepec Plumas es vasto para establecer la milpa rediseñada que requiere la MIAF. Entre las especies nativas de árboles frutales con potencial como epicultivo se encuentran el tejocote (Crataegus spp.) y capulín (*Prunus serotina* Ehrh); estas especies pueden usarse como porta-injertos de variedades mejoradas o como árboles de fruta fresca con demanda local. Además, existen variedades mejoradas adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la localidad que podrían implementarse a la MIAF, como el tejocote navideño (figura 7A), manzanos con bajo requerimiento de frío (p.e. cv ´Agua Nueva´ o tipo ´Golden´) (figura 7B), duraznos priscos y de hueso pegado a la pulpa, membrillos, nísperos, granada china, ciruelos, higos y peras.

Figura 6. *Parcelas con tecnologías de conservación de suelos y agua, terraceadas (A), terraceada y con zanja bordo (B), lama-bordo (C) y con pretiles con potencial para establecer el sistema MIAF en Tlacotepec Plumas, Oaxaca*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. *Agrobiodiversidad adoptada a las condiciones edafoclimáticas de Tlacotepec Plumas, Oaxaca; tejocote navideño (A), manzano "Agua Nueva", maíz cajete con frijol enredador (Phaseolus vulgaris L.) (C) y diferentes quelites (D)*



Fuente: Elaboración propia.

Las especies anuales nativas actualmente cultivadas en Tlacotepec Plumas con potencial para mesocultivo son: maíz (*Zea mays* L.) tipo cajete (figura 7C), maíz de temporal blanco, azul, amarillo y pinto; frijol enredador negro, rojo, morado y pinto; frijol enredador violento rojo; frijol enredador negro ovalado de vaina dura; frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) y amaranto (*Amaranthus* spp.). La especie nativa que puede usarse como sotocultivo es el frijol negro de mata. Entre las especies anuales introducidas adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la localidad y que pueden usarse en el sotocultivo están haba (*Vicia faba* L.), alfergón (*Pisum sativum* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L). También existen quelites nativos (figura 7D) que pueden usarse en el sotocultivo como quintonil (*Amaranthus* spp.), verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), quelite de manteca (*Chenopodium berlandieri* L.), quelite de guajolote (*Chenopodium* spp.). También se cultivan en milpa calabazas nativas de guía que podrían incorporarse a la MIAF: calabaza amarilla (*Cucurbita pepo* L.) y chilacayota (*Cucurbita ficifolia* Bouché); éstas pueden sembrarse alrededor de la milpa o en los extremos de las franjas de los árboles frutales. El destino de la producción de las especies anuales de la milpa es el autoconsumo y los excedentes en venta local. Los sembradores del Programa Sembrando Vida cultivan las franjas de la milpa sin los intercalados de un surco de mesocultivo con uno de sotocultivo o de dos surcos de cada uno. Por lo tanto, la adaptación de estas especies tendría que evaluarse en el sistema MIAF bajo las condiciones de Tlacotepec Plumas.

El saber campesino es otro aspecto fundamental que facilita el establecimiento de la milpa en el sistema MIAF en las condiciones de la agricultura campesina en la mixteca alta oaxaqueña. Los colaboradores mostraron que este saber se manifiesta en las fechas de siembra relacionadas a cada tipo de suelo, el 2 de febrero para la siembra del maíz cajete. El maíz nativo cajete lo desarrollaron los campesinos de esta región exclusivamente para el sistema lama-bordo, es de ciclo largo y se siembra con la humedad residual; por lo que su fecha de siembra es crucial para culminar exitosamente su ciclo. Los campesinos también han desarrollado el maíz de temporal, éste lo siembran a principios de junio (inicio del periodo de lluvias) y los asocian con los frijoles de guía; en este cultivo establecen calabazas de guía amarillas en las orillas de las parcelas para evitar el acame del maíz. La labranza del

suelo es otro aspecto del saber campesino, la realizan con tracción animal o mecánica; barbechan y rastrean para mullir el suelo y conservar la humedad, labran (primera escarda) y encajonan (segunda escarda) para manejar arvenses, nutrición de los cultivos y para evitar el acame de los maíces. Los campesinos de Tlacotepec Plumas no utilizan fertilizantes minerales de síntesis química, ellos manejan diferentes fuentes de fertilización orgánica como estiércoles precomposteados de sus animales de traspatio (vacas, cabras, ovejas, burros, caballos, gallinas, guajolotes y conejos); azolves o lama de ríos y presas; tierra de monte, cenizas y residuos de materia orgánica de la hormiga arriera (figura 8). La cantidad de estos fertilizantes varían dependiendo de la disponibilidad de ellos y de mano de obra para aplicarlos. La fertilización es gradual a través de cada ciclo agrícola, los campesinos fertilizan sólo una superficie y en los siguientes avanzan hasta cubrir toda la parcela. Las fechas de fertilización se hacen antes del barbecho, en la primera y segunda escarda.

Figura 8. *Fertilización campesina en Tlacotepec Plumas, Oaxaca; zanja bordo rellena con lama de río, tierra de monte y estiércol para el establecimiento de árboles frutales (A), milpa fertilizada con residuos orgánicos de colonias de hormiga arriera (B)*



Fuente: Elaboración propia.

La organización social basada en usos y costumbres (Mendoza, 2008; Inali, 2021) es otro factor que favorece el establecimiento de la MIAF en comunidades de la mixteca alta oaxaqueña. El tequio es una acción comunitaria que consiste en trabajo colaborativo no remunerado para hacer obras de bien común (reforestación, construcción de caminos, edificios públicos, obras de agua potable, limpiezas de espacios públicos). Las mayordomías son otra forma de organización comunitaria que organiza las

fiestas religiosas de Tlacotepec Plumas. El *ofrecimiento* consiste en una contribución voluntaria en dinero, especie o con trabajo; se practica principalmente para eventos a nivel familiar: sepelios, bodas, quinceaños, colados, etc. El pueblo Ngigua lleva estas formas de organización comunitaria a tres niveles de solidaridad espontánea y recíproca: familiar, comunitario y circunvecino; se brinda apoyo para las labores agrícolas y para el mejoramiento de los terrenos de cultivo (Pérez, 2021). Las *yesas*, otra forma de ayuda mutua, comentó el señor Jacinto Santiago Zacarías[2]

> […] la familia y los vecinos, hacíamos grupos y hoy se iban con uno, mañana con otro y así hasta terminar el trabajo de todos los integrantes y así no se gastaba dinero; todos teníamos yunta y cuando había mucho trabajo nos organizábamos en *yesas*, sobre todo en las tareas agrícolas que demandan mucho trabajo, en la labranza, cosecha de maíz y frijol, y en el corte de trigo. [Comunicación personal con Jacinto Santiago Zacarías]

Aunque las *yesas* se están perdiendo, los integrantes de la comunidad de aprendizaje MIAF se ayudan para las diferentes labores culturales que requieren la milpa o los árboles frutales.

Conclusiones

Los retos a los que se enfrenta la población de Tlacotepec Plumas para el establecimiento de la MIAF: suelos con baja fertilidad, precipitación limitada, conocimiento limitado en el manejo de los árboles frutales, formación técnica limitada sobre sistemas intensivos y sistemas agroforestales, información agrícola limitada para provincias agronómicas marginales como la mixteca alta oaxaqueña y la migración. Por la precipitación que ocurre en Tlacotepec Plumas, se requieren riegos de auxilio, no disponibles en la actualidad, para el establecimiento de árboles frutales y sotocultivos.

[2] Información personal del señor Jacinto Santiago Zacarías, integrante de la comunidad de aprendizaje MIAF de la comunidad de Tlacotepec Plumas.

En Tlacotepec Plumas, Oaxaca, la MIAF podría establecerse en el 9.5% (535.71 ha) de la superficie total, en terrenos de cultivo, terraceados, con lama bordo, zanja-bordo y pretiles. La comunidad cuenta con germoplasma local de cultivos anuales y árboles frutales que pueden adaptarse en la MIAF. La población tiene organización social bajo usos y costumbres, y una base de saberes campesinos en el manejo de la milpa local que puede aprovecharse para el establecimiento de la MIAF. La reciprocidad (*yesas* y ofrecimiento) pueden recuperarse en el manejo agrícola.

Bibliografía

Albino, G. R., Santiago, M. H., Turrent, F. A., Cortés, F. J. I. y Muñoz, R. E. (2021). *Adaptación de especies anuales de clima templado en la MIAF: maíz nativo, tomate de cáscara, calabaza de mata y quelites*. Universidad Intercultural del Estado de México.

Albino-Garduño, R., Turrent-Fernández, A., Cortés-Flores, J. I., Livera-Muñoz, M. y Mendoza-Castilla, M. C. (2015). Root distribution and solar radiation in maize-bean intercropping systems. *Agrociencia*, *49*(5), 513-531.

Bocco, G., Solís, B., Orozco, Q. y Ortega, A. (2019). La agricultura de terrazas en la adaptación a la variabilidad climática en la Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Journal of Latin American Geography*, *18*(1), 141-168. https://doi.org/10.1353/lag.2019.0006

Cadena-Iñiguez, P., Camas-Gómez, R., López-Báez, W., López-Gómez, D. C. y González-Cifuentes, J. H. (2018). El MIAF, una alternativa viable para laderas en áreas marginadas del sureste de México: caso de estudio en Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *9*(7), 1351-1361.

Camas, R., Turrent, A., Cortés, I., Livera, M., González, A., Villar, S., López, J., Espinoza, N. y Cadena, 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.

Camas, R. (2011). *Erosión hídrica, productividad, captura de carbono y uso de la radiación solar y agua en tres sistemas de manejo, para la agricultura de ladera en el trópico subhúmedo de México.* Tesis de Doctorado, Colegio de Postgraduados, Texcoco Estado de México; pp. 171. Recuperado de http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/543

Casas, A., Otero A., Pérez N. y Valiente B. (2007). In situ Management and Domestication of Plants in Mesoamerica. *Annals of Botany,* 100: 1101–1115.

Cortés, I., Turrent, A., Hernández, E., Francisco, N., Zambada, A., Torres, P., Camas, R., Albino, R. y Santiago, H. (2014). *La milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) un sistema multiobjetivo para las pequeñas unidades de producción.* Colegio de Postgraduados. pp. 18. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/333521242_La_

Milpa_Intercalada_con_Arboles_Frutales_MIAF_Un_sistema_agricola_multiobjetivo_para_las_pequenas_unidades_de_produccion

Dirección General de Población (2015). *Libro demográfico Tlacotepec Plumas*. Gobierno del Estado de Oaxaca.

González, M. V. (2018). Escuelas campesinas agroecológicas: estrategia de educación popular al integrar comunidades de aprendizaje. En M. V. González, M. E. Patlán y V. D. Delgado. (Eds.), *Escuelas campesinas XV años de caminar en la construcción de saberes colectivos*. Estado de México, México. Universidad Autónoma Chapingo.

INALI (2021). *Planificación Lingüística Comunitaria de la Lengua Ngigua/Ngiba*. Instituto Nacional de las Lenguas Indígenas. Recuperado de https://site.inali.gob.mx/Micrositios/FLIN_2021/pdf/Cuadernillo_Ngigua-Ngiba.pdf

INEGI (2019). *Tierras parceladas SHAPE Entidad Federativa Oaxaca*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Recuperado de https://datos.gob.mx/busca/dataset/zonas-de-tierras-parceladas--formato-shape/resource/1765e9c2-2cbf-46a2-9d56-747c89cf208d

IUSS Working Group WRB (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos.* Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma, Italia. Recuperado de https://www.fao.org/3/i3794es/I3794es.pdf

Mendoza García, J. E. (2008). De condueñazgo a municipio. El caso de Tlacotepec Plumas, Oaxaca, 1863-1901. En. A. Escobar, M. Sánchez, y A. M. Gutiérrez (Eds.). *Agua y tierra en México, siglos XIX y XX*. Zamora, Michoacán, México. El Colegio de Michoacán, El Colegio de San Luis, pp. 187-208.

Orozco, C., Ramírez, V. B., Ariza, F. R., Jiménez, S. L., Chulim, E., Peña, O. B., Ramos, S. A. y Morales, G. M. (2009). Impacto do conhecimento tecnológico sobre a adoção de tecnologia agrícola em camponeses indígenas do México. *Interciencia*, *34*(8), pp. 551-555.

Padilla, V., Albino, R., Santiago, H., Turrent, A., Ronquillo, I., y González, L. (2022). Intensificación de la milpa en el Estado de México: Ingresos netos, seguridad alimentaria y eficiencia relativa de la tierra. *Agrociencia*, *56*(4), 1405-3195.

Pérez M. P. (2021). *Pueblo Ngiwa o Chocoholteco*. Coordinación General de Patrimonio Cultural, Investigación y Educación Indígena del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI). Primera edición electrónica, México. 110 p. Consultado el 07 de marzo de 2023 en https://www.inpi.gob.mx/dmdocuments/chocholteco.pdf

Pillado-Albarrán, K. V., Albino-Garduño, R., Santiago-Mejía, H. y Pedraza-Mandujano, J. (2021). MIAF con motor de desarrollo sustentable en la región mazahua del norponiente del Estado de México. *Estudios Sociales, 32*(60), pp.51-55.

PMD (2011). *Plan Municipal de Desarrollo 2011-2013. Santiago Ihuitlan Plumas, Coixtlahuaca, Oaxaca*. Recuperado de https://finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/464.pdf

RAN (2019). *Tierras Parceladas Entidad Federativa de Oaxaca. Gobierno de México. Registro Agrario Nacional*. Recuperado de https://datos.gob.mx/busca/dataset/zonas-de-tierras-parceladas--formato-shape/resource/1765e9c2-2cbf-46a2-9d56-747c89cf208d

Ruiz, A. D., Jiménez, S. L., Figueroa, O. L. y Morales, M. (2012). Adopción del sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales por cinco municipios mixes del estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *3*(8), 1605-1621.

Sandoval-García, R., González, C. R. y Jiménez, P. J. (2021). Análisis multitemporal del cambio en la cobertura del suelo en la Mixteca Alta Oaxaqueña. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales,12*(66), 96-121. https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.816

Santiago, H. (2014). *El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): composición varietal del árbol y fertilización de durazno en condiciones de heladas* (Tesis Doctoral). Colegio de Postgraduados, 90p. Recuperado de http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2437/Santiago_Mejia_H_DC_Edafologia_2014.pdf?sequence=1

Santiago, H., González, L. y Albino, R. (2021). Comunidad de aprendizaje en dos pueblos originarios del Estado de México. En Alejandro, S., Herrera, F., y Reynoso, M. A. Menéndez, C. R., López, L. A., Brunett, L., López, F., Espinoza, V., Salas, C., Guzmán, R., Ramírez, L. F., Leyte, A., Elías, D. R., Calzontzi, J., Pérez, L., Valdés, J., Galindo, J., Rangel, M., Cárdenas, I., Santiago, H., González, L., Albino, R. y Bastida, M. (Eds.), *Caminos alternativos para la sostenibilidad y el buen vivir.* pp. 197-311. Toluca Estado de México, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. http://hdl.handle.net/20.500.11799/111796

Santiago-Mejía, B. E., Martínez-Menez, M. R., Rubio-Granados, E., Vaquera-Huerta, H. y Sánchez-Escudero, J. (2018). Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema lama-bordo en la Mixteca Alta de Oaxaca, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, *15*(2), 275-288. https://doi.org/10.22231/asyd.v15i2.796

Santiago-Mejía, H., Cortés-Flores, J. I., Turrent-Fernández, A., Albino-Garduño, R., Volke-Haller, V. H. y Zavaleta-Mancera, H. A. (2021). Rendimiento y calidad del fruto de duraznero bi-varietal en un sistema MIAF expuesto a heladas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *44*(1), 107–113. https://doi.org/10.35196/rfm.2021.1.107

Secretaría de Bienestar (2020, Noviembre 6). Programa Sembrando Vida, Busca contribuir al bienestar social de sembradoras y sembradores a través del impulso de la autosuficiencia alimentaria. Recuperado de https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-sembrando-vida#:~:text=Sembrando%20Vida%20es%20un%20programa%20integral%20que%20busca%20lograr%20comunidades,-Componentes%20Sociales%2C%20Econ%C3%B3micos%20y%20Ambientales

— (2022). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2022*. Unidad de Planeación y Evaluación de Programas para el Desarrollo. Oaxaca, Tlacotepec Plumas. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/697788/20_552_OAX_Tlacotepec_Plumas.pdf

Salvador Martínez, T. (2003). *Respuesta del manzano 'agua nueva' a distintas dosis de NPK bajo el sistema de cultivos intercalados*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgra-

duados, 97 pp. Recuperado de http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2047

Torres, P. (2016). *El Sistema agrícola Milpa Intercalada con Árboles Frutales en una ladera de la sierra Mixe de Oaxaca: interacciones agronómicas y productividad en un suelo con humedad residual.* Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Texcoco Estado de México, 85 pp. Recuperado de http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/3737

Trejo-Sosa, M. G., Santiago-Mejía, H., González-Pablo, L., Albino-Garduño, R. y Pedraza-Mandujano, J. (2021). Escuelas campesinas para la difusión de la tecnología milpa intercalada con árboles frutales en Acambay, Estado de México. En M. de O. E. Román (Ed.), *Experiencias e investigaciones en los procesos de desarrollo rural*. pp. 198-218. Morelos, México. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Turrent, A., Camacho, R., Francisco, N., Gómez, U. Cortés, J. I. y Mendoza, R. (1999). Posibilidades técnicas de lograr la soberanía alimentaria de origen vegetal en México. *Terra Latinoamericana*, *17*(1), 59-76.