

Guía práctica: Milpa intercalada con árboles frutales - MIAF- en sistemas agroecológicos para adaptarse al Cambio Climático.





MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



Ramírez Ochoa, F., H. Chávez, T. Fuentes, G. Vidriales. 2022. CityAdapt. Guía práctica: Milpa intercalada con árboles frutales -MIAF- en sistemas agroecológicos para adaptarse al Cambio Climático. Programa de Naciones Unidas – Medio Ambiente. Xalapa, Veracruz, México. ISBN: En trámite

Autores

Ing, Agroecólogo Fabio Iván Ramírez Ochoa

Lic. En Agroecología Humberto Chávez Durán

Mtro. Tajín Fuentes Pangtay

MDRS Georgina Vidriales Chan

Diseño, diagramación y corrección de estilo

MDRS Georgina Vidriales Chan

Iris Hernández Rosales

Foto Portada 1. Milpa intercalada con árboles frutales en Micoxtla, Xico, Veracruz. Fuente: Sendas, 2021.

“Desde hace 5 años comencé con el sistema MIAF, aquí lo trabajo a mi gusto, al zacate para forraje le dimos tres cortes, con mis terrazas si se viene el agua ya no arroya la tierra, voy a podar algunos árboles... no sé si te acuerdes, la primera vez le heche faena al terreno, la segunda ya no, y en el tercer año llegaron ustedes y me dijeron que mejor sembrara con el MIAF, ahora de aquí sale para comer, así tengo pera, manzana, membrillo, aguacate hass, zarzamora, granadas chinas, además de maíz, frijol y comida saludable para la familia”.

Testimonio de Verónico Lozada; Miccoxtla, Xico.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	5
INDICE DE FIGURAS	6
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	6
INTRODUCCIÓN	7
El área de trabajo y retos del cambio climático.....	7
Manejo integral de cuenca; delimitación del área de trabajo y selección de participantes en el proyecto MIAF.....	9
La milpa y el cambio climático.....	11
1. SISTEMA DE MILPA INTERCALADO CON ARBOLES FRUTALES (MIAF)	13
¿Qué es el sistema MIAF?.....	13
¿Qué ventajas tiene utilizar el sistema MIAF?.....	14
¿Qué retos implica?.....	15
2. ¿CÓMO IMPLEMENTAR UN SISTEMA MIAF?	15
PASO 1. Identificar el objetivo de un sistema MIAF en una parcela.....	15
PASO 2. Caracterización de la parcela.....	16
PASO 3. Diseño de la parcela.....	16
PASO 4. Obras de conservación.....	21
3. TRAZADO DE CURVAS DE NIVEL MEDIANTE EL APARATO "A"	23

Manejo del aparato "A"	24
Identificación de línea clave	26
Líneas paralelas	27
4. SIEMBRA DE ÁRBOLES FRUTALES	29
Manejo de árboles (manejo de plagas, podas, fertilización foliar, etc.).....	30
Calendario de actividades para cada actividad	31
5. COSTOS DE PRODUCCIÓN	33
BIBLIOGRAFÍA	36
GLOSARIO	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Especies recomendadas para los diseños agroforestales del sistema MIAF	20
Cuadro 2. Porcentajes de pendiente y distancias sugeridas entre hileras para las curvas de nivel y la plantación de los árboles frutales.	22
Cuadro 3. Ejemplo de Bitácora de gastos.....	33
Cuadro 4. Ejemplos de amenazas climáticas y acciones para reducción de daños con sistema MIAF	34
Cuadro 5.- Propuesta de indicadores para el monitoreo y evaluación.....	35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.. Localización de los módulos MIAF en las subcuencas del Pixquiac y Sordo. Fuente: SENDAS 2021.	10
Figura 2. Ubicación de módulos agrosilvopastoriles-MIAF y zonas de vulnerabilidad AbE.	10
Figura 3. Croquis del contexto de una parcela productiva en la comunidad de San Martín Cerro Coquito, Oaxaca (Fuentes P. & Vidriales Ch., 2004)	16
Figura 4. Manejo del aparato "A", Trazo Topográfico (Guerrero, 2021).....	24
Figura 5. Trazado de curvas de nivel. (INTA, 2004).....	25
Figura 6. Identificación de Línea Madre (Guerrero, 2021)	26
Figura 7. Calendario agrícola MIAF. (Elaboración propia, Sendas A.C., 2022).....	31

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AbE	Adaptación basada en Ecosistemas
ANP	Área Natural Protegida
BMM	Bosque Mesófilo de Montaña
CARA	Cuencas Alta del río La Antigua
MIAF	Milpa intercalada con árboles frutales
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INECOL	Instituto de Ecología A.C.
INTA	Instituto de Tecnología Agropecuaria
ONU	Organización de Naciones Unidas
SEDEMA	Secretaría de Medio Ambiente

INTRODUCCIÓN

Esta Guía se enmarca en el proyecto CityAdapt: *Construcción de Resiliencia Climática en Sistemas Urbanos mediante la Adaptación basada en Ecosistemas en América Latina y El Caribe* (en adelante, proyecto CityAdapt).

Esta intervención, desarrollado por SENDAS A.C., atiende las problemáticas identificadas por el proyecto CityAdapt, dada la urgencia de reducir la vulnerabilidad de las comunidades locales ante los efectos del cambio climático, y ofrecer alternativas de medios de vida para mejorar el cultivo de milpa (maíz cultivado junto con frijol, calabaza y muchas otras plantas comestibles, medicinales y de ornato) practicado por comunidades locales en la zona periurbana a la ciudad de Xalapa; las cuencas de los ríos Pixquiac y Sordo.

El objetivo de la guía es de facilitar a otros grupos, comunidades e instituciones interesadas en la reorientación del cultivo del maíz hacia modelos que cuiden el balance entre la búsqueda de una producción diversa y sostenible a largo plazo, así como el cuidado de la salud tanto de las personas como del entorno natural; mientras se afrontan los desafíos para la seguridad y la economía causados por el cambio climático. Con esta intención, se presenta la ruta propuesta para promover el cultivo de Milpa Intercalada con árboles frutales (MIAF) cuya premisa el cuidando de la naturaleza -especialmente suelos y agua.

Uno de los objetivos centrales de la adaptación basada en ecosistemas y de la agricultura enfocada en el cuidado del medio ambiente es que las soluciones deben basarse en las condiciones naturales y sociales locales, por esta razón, se insiste en que la ruta, las técnicas y las metodologías presentadas en esta guía son pertinentes para la ciudad de Xalapa y la zona montañosa de la que forma parte, además los principios en los que se basa esta experiencia pueden ser útiles para otras iniciativas y lugares..

El área de trabajo y retos del cambio climático

La subcuenca del río Pixquiac abastece alrededor del 38% del agua de la zona conurbada de Xalapa (Paré *et. al*, 2012), capital del estado de Veracruz, México, una superficie de tiene 10,727 ha. Inicia en las estribaciones del Cofre de Perote y discurre hacia el Golfo de México por su vertiente Oriental; baja abruptamente desde los 3,200 hasta los 1,100 msnm en menos 60 kilómetros desde la cabecera de la subcuenca hasta la parte baja de la misma, en las inmediaciones de la ciudad de Xalapa (*Ibid*). El área de atención del proyecto se ubica en la zona media de la subcuenca (municipios de Acajete, Tlalnelhuayocan y Xalapa), entre los 1,400 msnm y 2,700 msnm, arriba de las presas derivadoras que captan agua para la ciudad de Xalapa. Este rango de altura corresponde a la distribución natural del bosque mesófilo de montaña (BMM). Por su parte,

la subcuenca del río Sordo surge en la misma zona montañosa y discurre hacia abajo colindando con la del río Pixquiac, que es separada únicamente por un parteaguas de montañas, hasta que ambos ríos se unen entre las ciudades de Xalapa y Coatepec.

La vegetación original del BMM ha sido ampliamente perturbada y se encuentra restringida principalmente a las cañadas intercaladas con pastizales inducidos, milpas, cultivos de papa y en menor medida, cafetal de sombra en el área más baja de la zona de trabajo. Además, se observa una creciente tendencia al abandono de las actividades del campo a hacia empleos en la zona conurbada de Xalapa, lo que ocasiona una fuerte urbanización en la parte baja del Pixquiac y gran parte del río Sordo. La propiedad de la tierra en el área atendida por el proyecto es privada y ejidal¹, aproximadamente el 70% corresponde a pequeñas extensiones de entre 2 y 4 hectáreas.

El clima de la zona corresponde al C (fm) W'b (i')² g, es decir, templado húmedo, con lluvias que antes de los efectos del cambio climático solían repartirse uniformemente durante todo el año (promedio de 1490 mm al año), con poca oscilación de temperatura media anual de 18 °C. Sin embargo, el estudio de vulnerabilidad ante el cambio climático en Xalapa y Tlalnahuayocan, Veracruz (CityAdapt - ONU Medio Ambiente, 2020) estableció escenarios de cambio climático en los que se indica que, en 2039, la precipitación podría ascender en gradiente altitudinal para distribuirse entre 1700 a 1900 mm anuales. Las mismas proyecciones indicaron que las lluvias intensas se presentarán en periodos de tiempo más cortos, lo que puede exacerbar sequía, erosión, inundaciones, derrumbes y deslizamiento de laderas, como ya se han presentado en los últimos años en esa área (Diario de Xalapa 21 08 2021)³. Además, los rangos de temperatura que podrían presentarse prevén un aumento de hasta 2°C en la zona de trabajo.

Con relación a la mitigación de los efectos del cambio climático, Liebman (1999) documentó que puede haber una compensación productiva entre los componentes del policultivo ((MIAF), en el caso si uno de éstos falla a consecuencia de una sequía, u otro factor adverso, se podría compensar al aumentar la productividad del otro componente. Otros estudios señalan que la mayor variedad de cosechas proporciona el

¹ El ejido es una forma de propiedad colectiva de la tierra promovido formalmente por el Estado de México tras la revolución social de 1910-1920.

² Clasificación de Köppen.

³ Las afectaciones por lluvias inusualmente fuertes han aumentado en los últimos años; en el otoño de 2021, mientras se desarrollaba este proyecto, una tromba ocasionó el deslizamiento de una montaña en la ciudad de Xalapa, muy cerca del área de trabajo, causando la muerte de una familia entera.

hábitat para más especies, por lo que aumenta la biodiversidad local y la conservación de la fertilidad del suelo, mayor eficiencia entre los factores de crecimiento, se reduce la evaporación del agua de la superficie del suelo, y con la presencia de cultivos de leguminosas se puede fijar nitrógeno atmosférico al sistema de intercalado (Cruz, 2009; Ebel, Pozas, Soria 2017; Torres *et al.*, 2018. Citados por Regalado-López, *et al.* 2020))

Manejo integral de cuenca; delimitación del área de trabajo y selección de participantes en el proyecto MIAF

El área de atención del proyecto se delimitó a partir de las subcuencas de la zona. Para ello, se contrastó la zona “elegible” señalada por el proyecto CityAdapt, con estudios/instrumentos de gestión territorial aplicables para la zona.⁴ El cruce de información respecto a las actividades recomendadas -milpa con frutales y ganadería silvopastoril-, los instrumentos antes mencionados y el Estudio de vulnerabilidad ante el cambio climático en Xalapa y Tlalnelhuayocan, Veracruz ya referido, confirmaron la pertinencia y necesidad de promover acciones mas apropiadas para revertir el deterioro de los ecosistemas, recuperar sus servicios ambientales y promover actividades productivas que disminuyan algunos de los efectos adversos del cambio climático como son la erosión, movimientos de ladera (deslizamientos y derrumbes), sequías intensas e inundaciones en las zonas urbanas en las cuencas de los ríos Pixquiac y Sordo.

Con base en este ejercicio, se delimitó un área de trabajo localizada en los límites urbanos de la conurbación Xalapa- Tlalnelhuayocan y las áreas prioritarias de provisión de servicios ambientales ubicadas “cuencas arriba” en este último municipio y el de Acajete (véase las figuras 1 y 2).

⁴Los i) el Plan de manejo integral de la cuenca del río Pixquiac (SENDAS-Comité de cuenca del río Pixquiac, 2010); ii) el Ordenamiento ecológico territorial de la región capital, Xalapa (SEDEMA-INECOL 2017); iii) El programa de manejo del Área Natural Protegida en la categoría de Corredor Biológico Multifuncional, denominado “Archipiélago de Bosques y Selvas de la Región Capital del Estado de Veracruz” (SEDEMA 2017), y iv) el Plan de Acción para el Manejo Integral de la Cuenca del río La Antigua (INECC 2018).

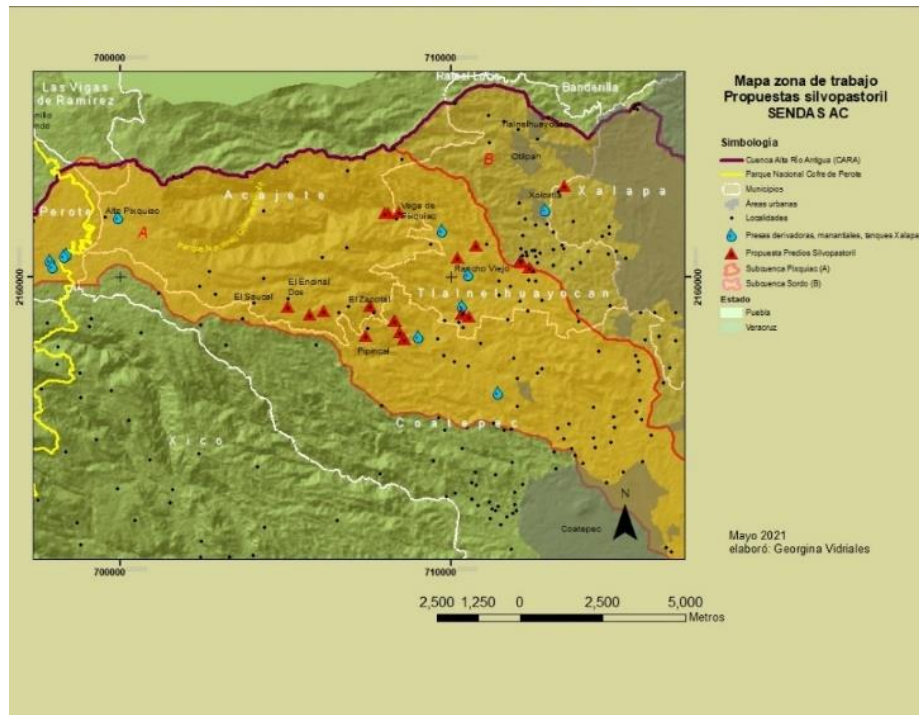


Figura 1.. Localización de los módulos MIAF en las subcuencas del Pixquiaco y Sordo. Fuente: SENDAS 2021.

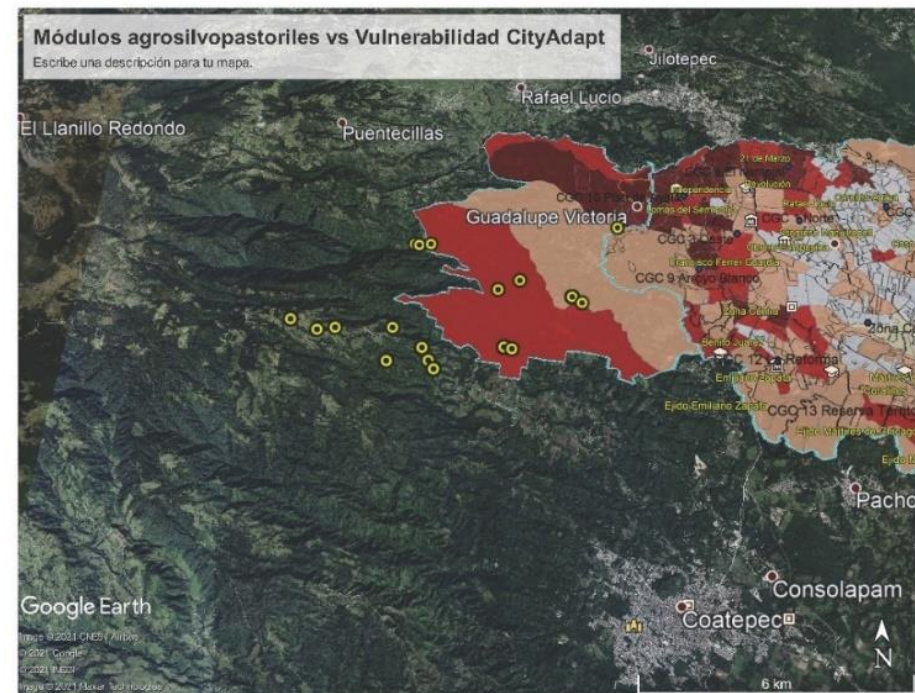


Figura 2. Ubicación de módulos agrosilvopastoriles-MIAF y zonas de vulnerabilidad AbE.

En resumen, los criterios para delimitar el área de trabajo fueron:

- Apoyar en el mantenimiento y regeneración de los servicios que brindan los **ecosistemas**, en especial la provisión de agua para la zona conurbada, principalmente en los predios localizados “cuenca arriba” respecto de las presas derivadoras que abastecen de agua a la ciudad de Xalapa.
- Generar y fortalecer alternativas productivas resilientes que impulsen a los dueños a mantener el uso agropecuario y forestal de sus predios, en lugar de dividirlos en lotes y detonar el crecimiento urbano hacia la zona de provisión de servicios ambientales en los ríos

Pixquiac y Sordo, y sobre los polígonos del Área Natural Protegida (ANP) Archipiélago de Bosques y Selvas de la Región Capital del Estado de Veracruz (Custodios del Archipiélago Xalapa, 2017).

Para la selección de participantes, se identificaron las localidades asentadas en el área delimitada y se invitó a participar en el proyecto a campesinos que viven y desarrollan sus actividades productivas en ella. Una vez definido el grupo de participantes, se realizó un diagnóstico.

De acuerdo con los resultados del estudio de Vulnerabilidad ante el cambio climático, los predios de las familias participantes se localizan en zonas con alto peligro de derrumbes, deslizamientos y una alta susceptibilidad a la erosión por lluvias. Además, este estudio reveló que el área es de categoría alta y muy alta en cuanto a los peligros acumulados para los sistemas naturales y los productivos. Además, el análisis de la capacidad adaptativa basado en los servicios ecosistémicos determinó que la zona presenta una alta capacidad de provisión de agua superficial y alta capacidad de retención de sedimentos, además de una alta capacidad de almacenamiento de carbono.

Lo anterior hace evidente que el ecosistema las actividades productivas y las personas que viven en la zona son vulnerables a los efectos del cambio climático, por lo que, es fundamental su conservación, promoviendo mejores prácticas productivas y medios de vida resilientes para apoyar en la conservación de los múltiples servicios ecosistémicos que sirven a la ciudad.

La milpa y el cambio climático.

Los involucrados en el proyecto son campesinos minifundistas de bajo poder adquisitivo, la superficie de sus propiedades varía entre 2 y 4 hectáreas, y en ellas se practican diversas actividades productivas. El sistema de producción familiar "común" tiene como base la milpa y la ganadería bovina lechera, combinadas con otras actividades productivas que varían de familia en familia: cría de borregos, cabras, aprovechamiento del bosque, cultivos de macadamia y hortalizas, cría de cerdos y aves de traspatio, trabajos en la ciudad, etc.

La milpa nace en el corazón de los pueblos campesinos e indígenas de México como producto de muchas generaciones que han trabajado con la naturaleza, por lo menos desde hace 10,000 años para producir alimentos (Hernández, 1980; Bassols y Toledo, 2008). Se ha adaptado prácticamente a todas las condiciones ambientales del país gracias al trabajo continuo de los y las campesinas, quienes, mediante la agricultura tradicional y un conocimiento profundo del entorno y los ciclos naturales, han logrado mantener este cultivo considerado uno de los pilares de la alimentación del pueblo de México y patrimonio de la humanidad (Boege, 2008).

La milpa es un sistema altamente productivo y eficiente donde se aprovechan al máximo los recursos naturales. El maíz es el cultivo principal, al sembrarlo junto con frijoles, se logra que el nitrógeno (N) -elemento indispensable para el crecimiento del maíz- capturado del aire por esta planta sea fijado hasta las raíces. La presencia de calabaza en el suelo evita la aparición de hierbas y disminuye la erosión del suelo (pérdida de tierra por efecto de la lluvia o el viento) y el estrés hídrico (falta de agua).

En la milpa también se cultivan muchas otras plantas comestibles y medicinales. En el otro extremo se encuentra el cultivo del maíz en un sistema de monocultivo (únicamente maíz), que responde a una agricultura intensiva que para ser productiva necesita inversiones cada vez mayores de insumos industriales, como [fertilizantes químicos](#), [insecticidas](#) y [herbicidas](#). Estos productos dañan gravemente el suelo ya que eliminan una gran variedad de organismos, como insectos y bacterias, cuya función en la naturaleza es descomponer la materia orgánica (hojarasca, tallos, estiércol, etc.) y mantener fértil la tierra (microorganismos). Los plaguicidas pueden llegar a ser altamente venenosos para la naturaleza y para las personas que los usan o consumen los alimentos, de esta manera, en el modelo de agricultura industrial la tierra poco a poco se va degradando, hasta volverse infértil.

La erosión del suelo es un problema central cada vez más grave por la combinación de varios factores: prácticas tradicionales inadecuadas -por ejemplo, hacer surcos y sembrar favor de la pendiente-, pérdida de los cultivos tradicionales que retienen la tierra -como la calabaza, quelites, quintoniles, frijoles y el incremento de lluvias inusualmente concentradas y fuertes como uno de los efectos del cambio climático. Todo esto sucede en una zona de montaña con pendientes abruptas y suelos frágiles, como es el Andosol, sumamente vulnerables ante los efectos del cambio climático. Los suelos cuando se encuentran cubiertos por vegetación juegan un papel determinante en la infiltración y conservación del agua de lluvia, liberándola lentamente durante el estiaje, pero cuando son desprovistos de esta cubierta pierden esa capacidad y el agua drena de forma superficial provocando erosión y arrastre de sedimentos hacia los cauces de los ríos, disminuyendo la fertilidad del suelo y azolvando los cauces de agua.

El proyecto encontró que los principales factores que afectan al cultivo de maíz y milpa en la zona son los siguientes:

- Pendientes fuertes.
- Erosión y pérdida fertilidad en los suelos.
- Disminución del volumen cosechado.

- Pérdida de diversidad de especies y variedades cultivadas.
- Aumento de plagas y enfermedades en los cultivos
- Aumento en los precios de fertilizantes químicos y otros insumos industriales.

Los problemas detectados, requieren de mejores prácticas para evitar los peligros que pueden verse exacerbados por el cambio climático, para ello, existen opciones de agricultura climáticamente inteligente como el del sistema de Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF). Este modelo es atractivo para los campesinos, jóvenes y adultos, ya que, mientras permanecen cultivando el campo, generan medios de vida más resilientes para sus familias ahora y en el largo plazo, adaptándose así al cambio climático.

El sistema MIAF respeta y rescata las prácticas y conocimientos de tradicionales, pero también introduce innovaciones que permiten aprovechar de mejor manera la tierra, cuidando su fertilidad a largo plazo al respetar e imitar los ciclos naturales durante el ciclo productivo.

1. SISTEMA DE MILPA INTERCALADO CON ARBOLES FRUTALES (MIAF)

¿Qué es el sistema MIAF?

La Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) es un sistema de producción **agroforestal** que aprovecha todo el espacio del terreno, tanto en su eje horizontal como en el vertical. Además, permite cultivar una mayor diversidad de especies comestibles como maíz, frijol, calabaza y aprovechar otras plantas que pueden ser comestibles, medicinales u ornamentales, a la vez que introduce plantas perennes.

En este sistema de producción se genera de manera intencional una asociación con distintas especies de árboles frutales, maderables, nativos, para la obtención y/o conservación de otros recursos (como alimentos y leña), lo cuales producen más diversidad a lo largo del año. El MIAF enfatiza la conservación de suelos, el agua, las semillas nativas, y establece un espacio que sirve como refugio para la **biodiversidad**, como pueden ser aves, mamíferos, reptiles, anfibios, insectos y otros seres vivos. Al mismo tiempo, logra disminuir las amenazas ante el cambio

climático por la acción de los diversos cultivos y árboles que generan una mayor protección a los ecosistemas de los que forman parte, como los bosques.

¿Qué ventajas tiene utilizar el sistema MIAF?

El sistema MIAF ofrece muchas ventajas, por ejemplo, la optimización y aprovechamiento del terreno en sus dimensiones espacial y temporal, ya que emplea los diferentes estratos (alturas) de un agroecosistema y permite una producción escalonada y constante. Además, favorece la producción de alimentos e ingresos a través de la obtención de frutas y otros productos a lo largo del año: aguacate hass, macadamia, naranja, limón, durazno, capulín, manzana, ciruela, y zarzamora, entre muchos otros que se pueden adaptar a cada zona, además de los cultivos anuales como el maíz, frijol, calabazas, habas, chícharos, papas, quelites y otras plantas.

El sistema MIAF constituye una forma productiva **agroecológica** (agricultura ecológica, basada en el conocimiento, respeto e imitación de los ciclos naturales) que atiende problemáticas identificadas en la región: pérdida de suelo por el efecto de las lluvias intensas en periodos cortos que arrastran la tierra y azolvan los cauces provocando inundaciones en las zonas urbanas y partes bajas de las cuencas, baja producción por la tendencia a los monocultivos, abuso en la utilización de herbicidas industriales, dependencia de la fertilización con fertilizantes químicos que elevan los costos de producción.

Una parcela MIAF promueve la conservación, diversificación y producción de manera equilibrada, eficiente y constante.

El cuidado del suelo es la base del cultivo MIAF, por eso, todas las formas de trabajo y las actividades están orientadas a incrementar la fertilidad de la tierra de manera natural, y controlar la erosión en terrenos de ladera (Juárez *et al.* 2008). Los surcos o hileras para cultivar la milpa, así como los frutales, se diseñan siguiendo las curvas de nivel (líneas o franjas transversales a la pendiente del terreno). También, se implementan obras de conservación de suelos, como el acomodo de barreras muertas, incorporación de rastrojos, siembra de forrajes como barreras vivas

que disminuyen la velocidad y el impacto del agua en el suelo; promueven el aumento de materia orgánica que mejora la disponibilidad y reciclaje de nutrientes para las plantas y la actividad de organismos vivos que controlan plagas y enfermedades.

¿Qué retos implica?

Un sistema MIAF un conocimiento de lo que se puede producir en la región, cuáles son los cultivos con mayor potencial ecológico y económico, y proponer un balance en el aprovechamiento de los recursos locales.

Con esto en mente, el siguiente paso es diseñar el sistema, las distancias de siembra, las fechas de plantación, el abonado, las podas, la aplicación de [biopreparados](#). Esto se puede llevar a cabo mediante asesoría técnica o con el intercambio de experiencias campesinas. Después, se debe presupuestar el costo de la inversión para la compra de árboles frutales adaptados a las condiciones climáticas que prevén los escenarios de cambio climático, mano de obra e insumos necesarios para la implementación, pero esto depende de la superficie destinada al sistema MIAF y el objetivo al que se oriente.

2. ¿CÓMO IMPLEMENTAR UN SISTEMA MIAF?

PASO 1. Identificar el objetivo de un sistema MIAF en una parcela

Lo primero es identificar las necesidades, intereses y aspiraciones de las familias campesinas, es decir, el objetivo del sistema MIAF. Si el propósito es ser un sistema de producción orientado a uno o dos productos con mayor rentabilidad o diversificación, o dirigido más hacia el autoconsumo. Como ejemplos, la producción de macadamia con milpa, la producción de aguacate con milpa y la producción de múltiples especies como durazno, capulín, ciruelo, pera, manzana, zarzamora, etc. con milpa, son tres modelos que se pueden implementar bajo este método.

PASO 2. Caracterización de la parcela

De manera general, se deben identificar las características del relieve: la pendiente del terreno, si es muy escarpado, si está en ladera pero es transitable, si es terreno en lomeríos o si está plano. También hay que definir si el terreno de cultivo va a ser utilizado para la milpa en forma permanente o si solo se va a cultivar milpa unos años y luego se destinará para huerta de frutales.

También, se deben ubicar los sitios con mayor peligro de erosión, así como los lugares por donde transita el agua, las pendientes y las diferentes especies de plantas que crecen de manera natural. Es recomendable dibujar un mapa del terreno que contenga los siguientes elementos: cuerpos de agua, pendientes, caminos, cultivos, acceso de los animales a la parcela, cercos o linderos, galeras y distancia a la casa. Lo anterior servirá para que la familia decida el diseño del modelo MIAF (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), considerando además los peligros climáticos a los que está expuesta la parcela ante el cambio climático actuales y futuros.

PASO 3. Diseño de la parcela

Una vez establecido el panorama de la parcela a trabajar, se definen los diseños a implementar, como las franjas de árboles frutales adaptados a las condiciones climáticas actuales y futuras, las prácticas de conservación del suelo, las distancias de siembra y los acomodos de las plantas. Todo esto en un dibujo que permita visualizar cómo quedará el agroecosistema en un futuro:

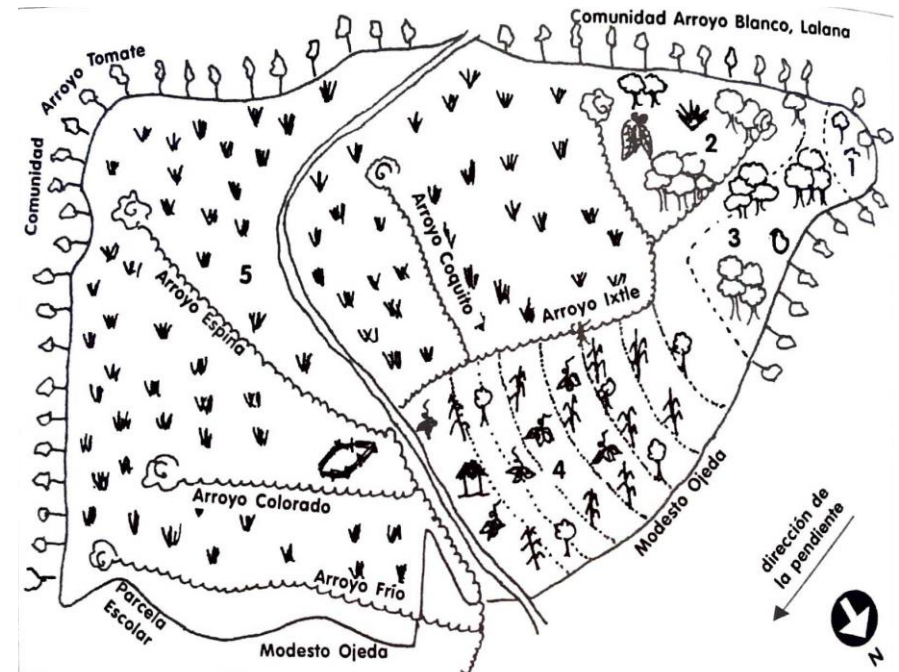


Figura 3. Croquis del contexto de una parcela productiva en la comunidad de San Martín Cerro Coquito, Oaxaca (Fuentes P. & Vidriales Ch., 2004)

- Para sembrar árboles grandes como aguacate y macadamia, se recomienda que tengan entre 6 y 10 metros de distancia entre cada uno. Es importante mencionar que, en caso de que se siembren los árboles antes mencionados, tardarán 5 años en empezar a producir, por lo que se sugiere aprovechar los espacios intermedios. Podrían plantarse árboles frutales o especies arbustivas de ciclo corto, como durazno, ciruela, zarzamora, frambuesa, para utilizar el espacio en las hileras, además de cumplir con la conservación de los suelos.
- Si son árboles más pequeños como duraznos, capulines, manzanas, cítricos, entre otros, se recomienda sembrar a una distancia de 4 metros entre cada uno.

El propósito de diseñar la parcela es incluir los cultivos más adecuados a las condiciones de la zona, y al objetivo del productor, con base en el aprovechamiento de los estratos o “alturas” que las plantas determinan con su crecimiento, las cuales se pueden clasificar en:

- **Rastreras que crecen a nivel de suelo:** como las calabazas, los camotes, los cacahuates, entre otros.
- **Porte bajo, menores de 1 metro:** las que crecen de manera espontánea o que son fomentadas o cultivadas dentro de la milpa, como los quelites; plantas medicinales como zacate limón, zacate vetiver, jengibre, cúrcuma; e incluso hortalizas como lechugas, coles, cilantro, acelgas, frijoles, chiles, chícharos, habas y/o papas, también se pueden incluir a este estrato las plantas ornamentales como las azucenas, y los alcatraces (conocidos en la región como cartuchos), por nombrar algunas.
- **Porte bajo, de 1 a 2 metros de altura:** en esta categoría están incluidos arbustos como la zarzamora, la frambuesa, los cafetos, e incluso tubérculos como la malanga, la yuca y algunas variedades de maíz.
- **Porte medio, de 2 a 4 metros de altura:** algunas variedades de maíz, pero también árboles frutales como duraznos, capulines, perones, ciruelas, cítricos, entre otros. También, pueden incluirse plantas fáciles de encontrar en la región, como pueden ser el gigantón (*Tithonia tubaeformis*), margaritón (*Tithonia diversifolia*), saúco (*Sambucus sp.*), florifundio (*Brugmansia sp.*), zacate King Grass, entre otros.

- **Porte alto, de 4 a 8 metros de altura:** plantas cultivadas o fomentadas perennes (que duran más de cinco años) o semi-perennes (que duran de 2 a 4 años). En esta categoría entran todos los frutales, como la macadamia, el aguacate hass, el jinicuil.



Foto 2. Sistema de terrazas y cultivos en el altepecoyotl, Xico. Foto: Fabio Iván Ramírez Ochoa.

Funciones de los distintos tipos de plantas, de acuerdo con Cañadas (2018) que pudieran implementarse en un sistema MIAF:

- **Plantas fijadoras de nitrógeno (N):** todas las leguminosas ya sea en planta frijol, haba, chícharo, cacahuete o árbol jinicuil (*Inga sp*), guaje (*Leucaena sp*). o huizache (*Vachellia sp*), son algunos ejemplos. También algunos árboles como el ilite (*Alnus acuminata*), que mantienen asociaciones en simbiosis con microorganismos del género *Rhizobium spp.*; *Frankia spp.* muy importantes, ya que pueden fijar hasta 120 kg de nitrógeno (N) al año, para favorecer el crecimiento de los cultivos. El ilite puede establecerse en los linderos de la parcela o incluso como árboles dispersos en la milpa y, es una especie que bien manejada, puede ser un buen elemento para el agroecosistema.
- **Plantas productoras de biomasa (hojas, tallos):** muchas plantas que abonan el suelo con su materia orgánica, como la hojarasca de los árboles, pero principalmente plantas de crecimiento rápido que permiten las podas y ser incorporadas al suelo. Aquí se incluyen los gigantones, margaritones, plátanos, zacate king grass, entre muchas otras.
- **Plantas extractoras de nutrientes:** Estas plantas movilizan nutrientes que generalmente no son disponibles, como el gigantón, que ayuda a solubilizar el fósforo. La lengua de vaca (*Rumex obtusifolium*) es otra planta que también extrae nutrientes.
- **Plantas melíferas:** Las que atraen polinizadores, como abejas, mariposas e insectos benéficos que ayudan a controlar plagas en los cultivos. Algunas plantas importantes son los girasoles sembrados con el maíz.

Nota: A menor distancia de siembra, deberá tener mayor intensidad de podas y manejo, lo cual implica mayor tiempo e inversión.

En el Las distancias entre hileras de árboles están recomendadas con base en el siguiente cuadro. Se considera que, a menor pendiente, mayor distancia debe dejarse entre las hileras de árboles y viceversa, es decir, a mayor pendiente menor distancia entre las hileras de los árboles.

CUADRO 1 ESPECIES RECOMENDADAS PARA LOS DISEÑOS AGROFORESTALES DEL SISTEMA MIAF se presentan las distancias de siembra de acuerdo con el porcentaje de pendiente.

Las distancias entre hileras de árboles están recomendadas con base en el siguiente cuadro. Se considera que, a menor pendiente, mayor distancia debe dejarse entre las hileras de árboles y viceversa, es decir, a mayor pendiente menor distancia entre las hileras de los árboles.

Cuadro 1 Especies recomendadas para los diseños agroforestales del sistema MIAF

Estrato	Especies	Distancia lineal entre árboles	Ancho de las hileras de frutales al inicio del sistema MIAF	Ancho de las hileras de frutales a 5 años del sistema MIAF
Árboles y plantas grandes de 4 a 8 metros de altura	Aguacate y macadamia	8 metros	1.60 metros	4 metros
Árboles y plantas medianas de 2 a 4 metros de altura	Durazno, capulín, manzana, ciruela, peras, limón, naranja, mandarina, plátano, entre otros	4 metros	1.60 metros	3 metros
Arbustos y plantas de 1 a 2 metros de altura	Zarzamora, frambuesas, cardamomo, yuca, gigantón, saúco, floripondio	1 metro	1 metro	5 metros
Plantas de 1 metro de altura	King Grass, cartuchos	0.5 metros	1 metros	5 metros

NOTA: Estas recomendaciones se adaptaron del *Manual para la construcción de técnicas en la conservación y recuperación de agua y suelo* (Martínez, 2017) a la zona de incidencia del proyecto, junto con la práctica y experiencia de los campesinos, quienes las han llevado a cabo en su parcela.

PASO 4. Obras de conservación

Las obras de conservación de suelos son fundamentales para que los agroecosistemas mantengan mayor estabilidad, resistencia y capacidad de adaptación a las condiciones ambientales actuales y futuras. También, son prácticas que ayudan a conservar el suelo y logran que no se pierda la capa más fértil, sobre todo en terrenos con pendientes elevadas.

Estas prácticas son sencillas de realizar y requieren un conocimiento básico, pero ayudarán a mejorar la infiltración del agua, ya que disminuye su velocidad y, con ello, la erosión y los movimientos de ladera (deslizamientos), cada vez más frecuentes como uno de los efectos de la variabilidad en el patrón

de lluvias, las cuales se han intensificado en periodos cortos de tiempo a la vez que permite aprovechar mejor el terreno haciéndolo más transitable (como en la foto 3). Asimismo, se utiliza para trazar caminos, sembrar forrajes u otras especies que cumplan varios propósitos.



Foto 3. Sistema MIAF con árboles de aguacate hass, cultivado agroecológicamente. Foto: Archivo Sendas, 2018

En el CUADRO 2 se recomienda el establecimiento de obras de conservación del suelo y agua considerando las distintas pendientes mediante las siguientes técnicas, como barreras vivas y muertas, zanjas bordo, caminos al 10% de inclinación, siembras en curvas de nivel, etc. Se inicia con la identificación de los lugares con peligro de erosión, para empezar con las obras de conservación. Dichas obras se basan en trazar las curvas de nivel de un terreno y se pueden obtener con distintas herramientas, como el aparato "A" (explicado a detalle en el siguiente apartado).

Cabe mencionar que, en esta región, las curvas de nivel realizadas por los campesinos no siguen las recomendaciones del Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA; 2004), pues se han adaptado a las condiciones locales de montaña, a la disponibilidad del tiempo, mano de obra y contexto particular, por lo que la propuesta presentada es más flexible y determinada con base en el diseño.

Cuadro 2. Porcentajes de pendiente y distancias sugeridas entre hileras para las curvas de nivel y la plantación de los árboles frutales.

Porcentaje de pendiente	Distancia entre curvas de nivel según nuestra experiencia	Distancia de las curvas de nivel según el INTA (2004)
20%	12 metros	14 metros
30%	10 metros	10 metros
40%	8 metros	6 metros
50%	6 metros	Terrazas individuales
60%	4 metros	Terrazas individuales
>70%	Se recomienda para uso forestal o de conservación	s/d

Fuente: elaboración propia basada en el INTA (2004).

3. TRAZADO DE CURVAS DE NIVEL MEDIANTE EL APARATO "A"

El aparato "A" es un instrumento agrícola de medición de curvas a nivel y a desnivel, utilizado para diseñar parcelas agroecológicas, establecer obras de conservación de suelo, manejo de agua y para trazar líneas clave (o mejor conocidas como Keyline, (Gras, 2010), el conocimiento de las curvas de nivel puede mejorar la plantación de árboles frutales, forestales y ayudar al establecimiento de cultivos anuales.



Foto 4. Uso del aparato "A" para generar curvas de nivel y diseños de manejo agroecológico del suelo y agua. Fuente: Sendas, 2021.

Manejo del aparato "A"

Para el manejo del aparato "A" se deben seguir unos pasos sencillos:

1. Reconocimiento de la parcela donde se establecerán las líneas clave o curvas a nivel.
 - a. Consiste en identificar surcos por erosión de suelo y lugares por donde corre el agua (vertientes), así como distinguir las laderas o panzas en la parcela.
2. Identificación de porcentajes de la pendiente.

Dentro de la parcela se reconocen las áreas superior e inferior, en la parte alta de la parcela se mide con pasos a lo ancho y se marca la mitad. Lo mismo se realiza en la parte baja y se unen las marcas, formando una línea llamada línea imaginaria.

En esta acción, el uso del aparato "A" es muy útil para determinar el porcentaje de la pendiente. Se coloca el aparato "A" sobre la línea imaginaria cada dos metros, que es lo que mide la abertura del aparato. Se utiliza el flexómetro (o lo que se tenga para medir) y, ubicando el aparato "A" a nivel, se toma la medida de la pata del aparato hasta que esté a nivel y se registra la medida. Esta acción se repite hasta llegar a la parte de abajo de la parcela. Después, los datos se enumeran y se saca el porcentaje de la pendiente, el cual se obtiene sumando cada uno de los datos y dividiendo entre el número total de datos. Luego, el resultado se divide nuevamente entre dos, que es la abertura del aparato "A", para que el resultado sea a escala de un metro.

Trazo topográfico

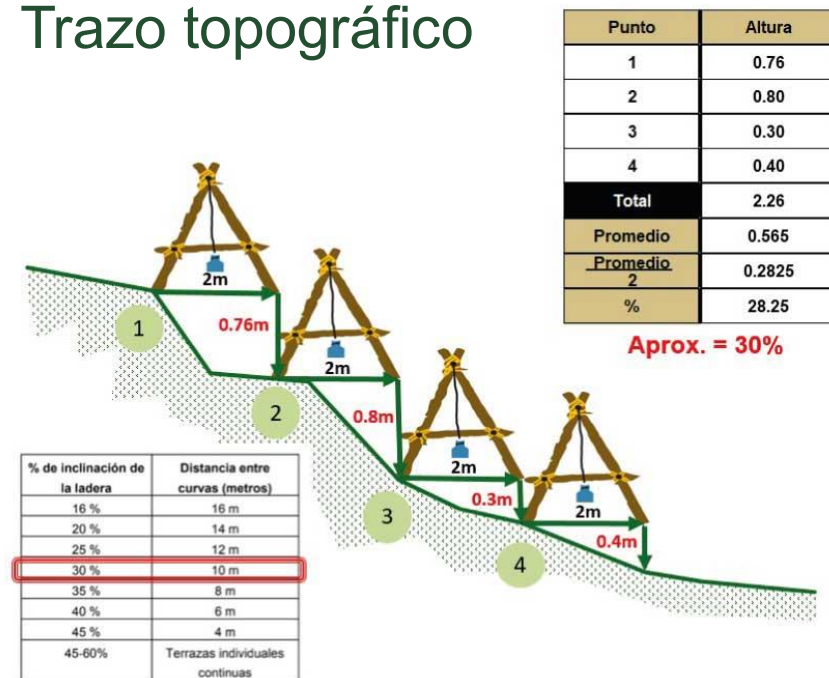


Figura 4. Manejo del aparato "A", Trazo Topográfico (Guerrero, 2021)

NOTA: Se pueden sacar 5 o 10 puntos para promediar y ese resultado será el porcentaje de pendiente del terreno.

Tomando como referencia el ejemplo de la ilustración: Medida: 70 cm de la línea vertical desde la base de la pata al suelo, dividido entre 2 metros que corresponde a la distancia horizontal (abertura del aparato "A"), resulta un 35% de pendiente.

$$\% \text{ Pendiente} = \frac{\text{Distancia (cm)}}{2}$$

El aparato "A" se utiliza colocando una de las patas en algún punto donde se empiece a trazar, después, se colocan las dos patas del aparato de manera que la burbuja o plomada esté a nivel y se colocan dos estacas por delante o por detrás de las patas, siempre colocándolas del mismo lado en todas las marcas. Una vez marcado el primer punto, sólo se recorre el aparato "A" a la siguiente estaca y se vuelve a buscar el nivel. Este proceso se repite hasta terminar de marcar el lindero de la parcela.

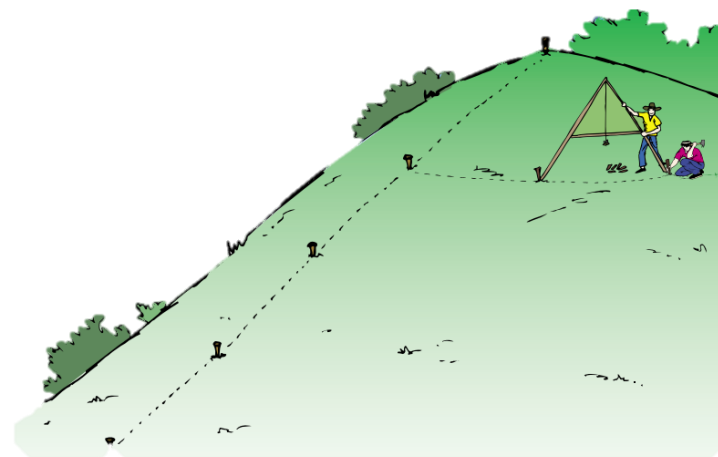


Figura 5. Trazado de curvas de nivel. (INTA, 2004)

Identificación de línea clave

Esta línea se identifica en el terreno encontrando el punto donde el agua se acumula antes de empezar a tomar velocidad (escurrir pendiente abajo). Por lo que desde este punto se empieza a trazar con el aparato "A" la curva a nivel, con la cual se pueden marcar las distancias de siembra de los árboles frutales, las barreras vivas, barreras muertas e incluso zanjas-bordo, que contribuyen a la conservación de los suelos y la disminución de erosión por agua.

Para las obras de conservación se recomienda el uso de los recursos locales, como el aprovechamiento de plantas de crecimiento rápido, de reproducción sencilla, o por semillas, por ejemplo: saúco, gigantón, margaritón, zacate king grass, floripondio, entre otras. El objetivo es que las plantas cumplan más de un propósito, es decir, que además de conservar el suelo, sirvan de forraje de corte, para incorporar acolchados al suelo, aportar materia orgánica, atraer polinizadores y enemigos naturales, obtener alimentos, medicinas, entre otras.

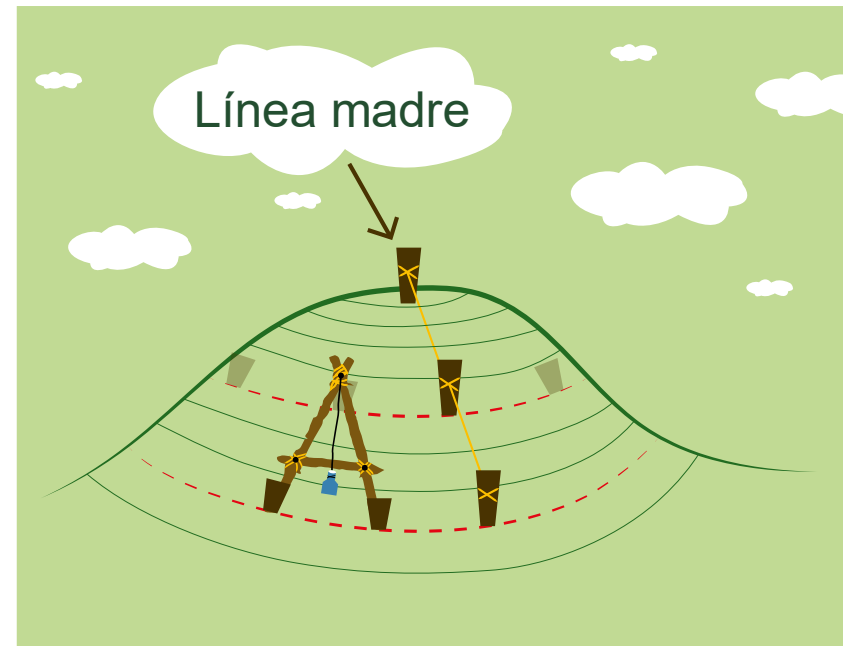


Figura 6. Identificación de Línea Madre (Guerrero, 2021)

Para el sistema MIAF, se inicia con el reconocimiento del terreno y se traza una línea clave de la que derivan las demás líneas paralelas. En esta línea o curva a nivel se establece la primera hilera de frutales, que, de acuerdo con la especie elegida, dependerá la distancia entre cada uno. Por ejemplo, árboles como durazno, capulines, ciruelos, manzanas, peras, guayabos, cítricos y de porte mediano (2-4 metros de altura y 2-4 de ancho de copa), se plantan a una distancia de 4 metros entre cada uno. Árboles grandes como aguacate y macadamias se recomienda una distancia de siembra de 8 metros.



Foto 5. Sistema agroforestal e implementación de barreras muertas en curvas de nivel. Inicio de la plantación y aprovechamiento para milpa. Foto: Fabio Iván Ramírez Ochoa.

Líneas paralelas

Derivan de la línea clave o curva a nivel donde se establecen los diferentes cultivos, consiste en mantener una misma distancia en relación con la línea clave. Aunque no estén en curvas de nivel, siempre mantendrán el mismo patrón de escurrimiento del agua, evitando la erosión del suelo. Estas se obtienen una vez que definamos la distancia de plantación entre las hileras de árboles, dependiendo del porcentaje de pendiente.

Para obtener estas líneas paralelas simplemente se sigue el patrón de la línea madre o curva a nivel para sembrar (ver foto 4). En el caso de los árboles, si se plantan a 6 metros de distancia entre cada uno, se utiliza una cuerda de 6 metros de largo que servirá para trazar a la distancia deseada, y dos cuerdas más se utilizarán en relación con la distancia recomendada con base en la pendiente de la parcela, por lo que se

necesitarán 3 personas para realizar esta actividad, llamada triangulación. Esta acción permite establecer a la distancia adecuada las hileras y entre los frutales.

En caso de que se establezcan los cultivos anuales al mismo tiempo que los árboles frutales, se debe seguir el trazo de la línea clave en forma paralela con el trazado de los surcos o siembra de los cultivos, hasta llegar a la siguiente distancia recomendada para las hileras de los árboles frutales.



Foto 6. Arriba: Marcado de las líneas paralelas por método de triangulación. Fuente: Sendas, 2021.



Foto 7. Marco de plantación por el método de triangulación en líneas paralelas para macadamias dentro de un sistema silvopastoril. Foto: Sendas, 2021.

4. SIEMBRA DE ÁRBOLES FRUTALES

Se recomiendan tres tamaños de cepa dependiendo del árbol, para árboles medianos una cepa de 40x40x40 cm y para árboles grandes de 80x80x80 cm. La tierra rica en materia orgánica (de color oscuro) deberá apartarse a un lado y la segunda capa, de color amarillo, a otro; al momento de la siembra se deberá aplicar de cal combinada con la tierra negra que irá en el fondo del hoyo, también se deberá incluir algún abono orgánico (bocashi, lombricomposta, por ejemplo). Para la elaboración del cajeadado o terraza del árbol se aplicará una combinación de la misma tierra negra, tierra amarilla y abono en la parte superior de la cepa.

Es recomendable abonar con algún material composteado, o precomposteado, nunca aplicar crudo el abono. Pero, en caso de que se utilice abono crudo (cualquier abono que no ha pasado por un proceso de composteado), deberá estar previamente reposado un mes antes de la colocación en la cepa. Si el abono está composteado se puede hacer al momento, aunque lo recomendable es que tenga un reposo mínimo de 15 días en la cepa antes de la plantación, que debe hacerse en temporada de lluvias, de preferencia en luna nueva.

Una vez que se planten los árboles, es necesario aplicar una capa de acolchado con tierra de monte para proteger el suelo del sol y la erosión por lluvia, además de que aportan microorganismos favorables para los árboles.

Manejo de árboles (manejo de plagas, podas, fertilización foliar, etc.)

Para el establecimiento del sistema MIAF, uno de los aspectos más importantes es el manejo continuo y preventivo de los árboles frutales, el cual se obtiene con una buena planificación, una correcta nutrición y la aplicación de biopreparados. En el primer año se realiza el despunte para formar el árbol, esto consiste en cortar alrededor de 20 cm de la rama principal, (deberá realizarse en luna nueva); posteriormente, se realizará una serie de podas para darle la forma deseada, en general se buscan árboles de porte bajo que distribuyan bien la producción de ramas para la fructificación. También debe llevar el corte preliminar de los primeros frutos para que almacene energía para la segunda floración. Un buen manejo puede producir árboles frutales más sanos y productivos.



Foto 8. Elaboración de cepas para el establecimiento de árboles frutales en sistema MIAF.
Foto: Fabio Iván Ramírez Ochoa.

Para la nutrición foliar (vía las hojas), se recomienda aplicar diferentes nutrientes en las etapas que lleve el árbol, por ejemplo: para el crecimiento vegetativo se recomienda nitrógeno, para la floración, el fósforo; para el amarre del fruto, el boro; para el llenado del fruto, el calcio y el potasio. Es recomendable aplicar estos nutrimentos a través del foliar súper magro (un bio preparado de fácil elaboración) , además de otros abonos orgánicos, entre ellos: el bocashi, enriquecido con harinas (polvo) de rocas, harinas de huesos y cenizas. Cualquier persona puede realizar estos biopreparados, los cuales tienen la bondad de restaurar las condiciones de fertilidad de los suelos, no dañar ni al ambiente ni a la salud y mejorar la calidad de los productos en términos de mayor cantidad nutricional.

Se recomienda el uso de biopreparados preventivos para las plagas, como los microorganismos de montaña, activado en fase líquida en el cajete del árbol o aplicación al suelo, los caldos minerales como el sílico sulfocálcico (bio preparado elaborado con estos minerales, muy útil para controlar enfermedades ocasionadas por hongos), caldo bordelés (combinación de sulfato de cobre y cal hidratada), caldo de ceniza, etc. que previenen, nutren y combaten algunos insectos de cuerpo blando, hongos y enfermedades bacterianas en la planta.

Calendario de actividades para cada actividad

Para el sistema MIAF y, en general, para las actividades campesinas agroecológicas es indispensable seguir los ritmos de las estaciones. Por lo que contamos con el calendario agrícola de la región del Bosque de Niebla del centro de Veracruz FIGURA 7 (Regalado-López 2020). En el primer apartado se presenta un círculo (color verde) que plantea de manera general el ciclo de la milpa agroecológica, mientras que en el círculo concéntrico (color turquesa) se presenta el ciclo para el establecimiento del MIAF.

La preparación del terreno inicia en enero y, con el uso del azadón y machete, se deshieren y incorporan los restos de la materia orgánica al suelo. Muchas veces, estos restos son los mismos que quedaron de la milpa del ciclo anterior. Posteriormente, en febrero inicia el **barbecho**, que consiste en aflojar un poco el suelo, para ello, unos surcan con **arado** y **yunta**, otros eligen la siembra con **punzón** o **coamil**.



Figura 7. Calendario agrícola MIAF. (Elaboración propia, Sendas A.C., 2022)

Desde el inicio, es importante realizar prácticas agroecológicas que hagan eficiente el trabajo y economicen los costos de producción, un ejemplo de estas mejores prácticas en el cultivo de maíz son:

1.- Cubrir las semillas con harina de hueso (ver foto 9). Esta práctica consiste en calcinar huesos y molerlos hasta tener un polvo que sirve para cubrir las semillas de maíz, para una mejor adherencia se emplea un adherente natural (melaza o baba de nopal). este proceso permite que las plantas crezcan con reservas basadas principalmente en fósforo, calcio y magnesio que contienen los huesos, así como energía que provee la melaza para los microorganismos. Por su parte, la baba de nopal genera una capa protectora y un olor desagradable para los animales, lo cual provoca que éstos ya no consuman la plántula de maíz ni la semilla.



Foto 9. Cobertura de semillas. Fuente: Sendas, 2019.

2.- La primera labor de limpia del terreno se lleva a cabo en el mes de abril, algunos aprovechan para aplicar abonos como estiércoles o compostas. En los sistemas agroecológicos se recomienda utilizar biopreparados desde el inicio de la germinación. Como ejemplos de biopreparados exitosos están el super magro y los ácidos húmicos desde que germina el maíz; es importante mencionar que este biopreparado deberá tener una aplicación quincenal sólo durante los primeros tres meses, después ya no es necesario aplicarlo.

3.- En la segunda labor de limpia se realiza un aterrado para que las raíces tengan más nutrientes y la planta un mejor soporte para su crecimiento. Posteriormente, se deja que madure el maíz para obtener los primeros elotes, y plantas asociadas (calabacitas, frijoles y quelites), esta actividad se realiza en el mes de agosto. En octubre, se dobla la caña del maíz para esperar el secado de las mazorcas y, por último, la **pisca** (cosecha) en noviembre y diciembre.

5. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para que el agricultor maneje mejor el sistema MIAF, es recomendable tener una bitácora de gastos, pues con estos registros se identificarán los costos de producción a partir de las actividades realizadas, así como los insumos y materiales ocupados. De esa manera, se podrá saber el gasto en un determinado cultivo o de un ciclo de siembra, y se podrá obtener el costo del producto.

Esta actividad es sencilla, consiste en registrar la inversión total, puede incluir plantas, insumos y mano de obra (jornales). La cantidad obtenida se divide entre el número de árboles que se establecieron para saber cuánto se invirtió por árbol, o bien, por la superficie total CUADRO 3:

Cuadro 3. Ejemplo de Bitácora de gastos

Bitácora inicial de gastos. Costo de 0.5 hectárea de MIAF: \$18,500 pesos (USD \$880.95) Costo por árbol: \$462.4 pesos (USD \$22)				
Insumo o material	Unidad de medida	Costo unitario	Cantidad total	Costo total
Aguacate hass	Árbol	\$ 100	40	\$ 4,000
Bocashi	Bulto de 40 kg	\$ 130	100	\$ 13,000
Cepas	Cepa de 80x80x80 cm.	\$ 15	100	\$ 1,500
Subtotal invertido				\$ 18,500

Cuadro 4. Ejemplos de amenazas climáticas y acciones para reducción de daños con sistema MIAF

Amenazas climáticas	Acciones de prevención de daños	Daños que se evitan
Lluvias intensas	<p>Terraceo de las laderas con siembra intercalada de frutales y milpa</p> <p>Limpiar manantiales y arroyos de sedimentos</p> <p>Hacer canales para evitar inundaciones en zonas planas</p>	<p>Erosión y deslizamiento de laderas</p> <p>Inundaciones en la parcela y aguas abajo</p> <p>Pérdidas económicas por destrucción de la plantación</p>
Calor intenso y sequías	<p>Sembrar árboles que brinden sombra y ayuden a la captación e infiltración de agua</p> <p>Sembrar la milpa en el momento más adecuado de acuerdo con el patrón de lluvias (tener en cuenta escenarios climáticos)</p> <p>Reforestar manantiales y cuerpos de agua</p> <p>Captar agua de lluvia para riego y consumo doméstico</p>	<p>Mortalidad de plantas y animales</p> <p>Estrés producido por calor</p> <p>Baja productividad de la plantación</p> <p>Escasez de agua para riego y uso doméstico</p>
Heladas y fríos intensos	<p>Sembrar árboles para reducir heladas en suelos</p> <p>Introducir especies resistentes a frío y heladas (considerar escenarios de cambio climático)</p> <p>Sembrar la milpa en el momento más adecuado de acuerdo con el patrón de frío y heladas</p>	<p>Pérdida de especies por frío</p> <p>Pérdidas económicas por vegetación dañada por frío y heladas</p>
Vientos huracanados	<p>Sembrar árboles nativos en terrazas en las partes altas</p> <p>Construir cercos vivos con árboles</p>	<p>Baja producción de especies de temporal por pérdida de flores o frutos</p>

Cuadro 5.- Propuesta de indicadores para el monitoreo y evaluación.

Ámbito	Impactos	Indicadores	Unidades de medida
Ambiental	Incremento en la retención de suelos y producción de biomasa.	Suelo retenido en predios bajo manejo Superficie bajo manejo MIAF Biomasa producida en predios bajo manejo.	Kg de suelo retenidos/año. ha bajo manejo MIAF Kg/biomasa producida/ha/año
	Incremento de captación y disponibilidad de agua y superficial	Agua superficial disponible en parcelas restauradas bajo prácticas de MIAF	M ³ de agua de lluvia captada
	Incremento de especies locales de fauna y flora conservadas en predios bajo manejo	Flora y fauna conservada en predios bajo manejo	Número de especies de flora local conservada Número de especies de fauna local conservada
	Disminución de la ocurrencia de impactos negativos derivados de peligros climáticos.	Eventos que representan impactos negativos en las parcelas bajo manejo MIAF	Numero de eventos
Productivo y manejo vegetal	Incremento en la producción de las especies sembradas en la milpa	Riqueza y abundancia de especies que produce la milpa (número o peso)	Número de especies de plantas sembradas de la milpa -maiz, frijol, calabaza, etc. Kg de productos por especie cosechados por ciclo de cultivo
	Incremento en la producción de frutales	Diversidad de especies de árboles frutales sembradas Cantidad de frutos producidos (número o volumen)	Número (diversidad) de especies de frutales sembrados -manzana, pera, durazno, etc. Peso (Kg) de frutos cosechados
Económico	Incremento en los medios de vida de las personas en el marco del proyecto	Ingresos adicionales por la venta de productos en superficies bajo manejo MIAF	Dinero adicional obtenido por la venta de productos de la milpa -frutas / vegetales, etc (pesos)

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez-Buylla, R.E. 2013. El maíz en peligro ante los transgénicos. Un análisis integral sobre el caso de México. Universidad Autónoma de México.
- Berlanga, R. H. 2019. Agricultura, alimentación y suelos. En: Crisis ambiental en México: ruta para el cambio. Coord. Leticia Merino Pérez. Universidad Autónoma de México.
- Boege, E., 2007. Protegiendo lo nuestro. Manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América Latina. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Serie Manuales de educación y capacitación ambiental 3. Primera versión para internet.
- Boege, E.2008. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: Hacia la conservación In-situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.
- CityAdapt - ONU Medio Ambiente. (2020). Estudio de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático en Xalapa y Tlalnelhuayocan, Veracruz. Xalapa: ONU Medio Ambiente, Fondo Golfo de México, Fondo Mundial para el Medio Ambiente.
- CONABIO. (19 de Mayo de 2021). Biodiversidad Mexicana. Recuperado el 02 de Enero de 2022, de Quelites: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/quelites>
- Custodios del Archipiélago Xalapa. (5 de Mayo de 2017). Archipiélago de Bosques y Selvas de Xalapa. Obtenido de <http://www.custodiosanpxalapa.org/area-natural-protegida/archipelago-de-bosques-y-selvas>.
- Diario de Xalapa (21 agosto 2021). "Suman siete fallecidos por el derrumbe ocasionado por la tormenta Grace".
- El Colegio de México. (02 de Febrero de 2022). Diccionario del Español en México. Obtenido de DEM: <https://dem.colmex.mx/ver/barbecho>
- Fuentes P., T., & Vidriales Ch., G. (2004). Experiencias en trópico húmedo, cuadernillo número 2. Serie de Cuadernillos de Orientación para el uso de la agricultura de cobertura en México. México: Red de Estudios para el Desarrollo Rural A.C. y Fundación Rockefeller.
- Guerrero, K. N. (2021). Curvas de nivel, trazo topográfico y cómo realizarlo. Escuela Gestalt de Diseño, Xalapa, Veracruz, México.

- Infoagronomo.net. (17 de Agosto de 2019). Infoagronomo. Obtenido de <https://infoagronomo.net/>: <https://infoagronomo.net/que-es-como-se-prepara-y-como-aplicar-el-supermagro/>
- Hernández, X. E. (1980). Agricultura tradicional y desarrollo. En: Xolocotzia: Obras de Efraím Hernández Xolocotzi, Tomo I. Universidad Autónoma Chapingo.
- INECC-FGM. (2018). Plan de Acción para el Manejo Integral de Cuencas Hídricas: Cuenca del río La Antigua. Proyecto: Conservación de Cuencas Costeras en el Contexto del Cambio Climático. 156 pp.
- IPES / FAO (2010). Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana Primera Edición, noviembre de 2010.
- Juárez, R. D.; Fragoso, G.C.; Turrent, F. A.; Ocampo, M.; Sandoval, C. E.; Ocampo, F.I; Ferrera, C. R.; Hernández, R.E. (2008). Mejoramiento del suelo en la milpa intercalada con árboles frutales (MIAF). En: Revista. Leisa. Revista de agroecología. Volumen 24. Número 2. Septiembre. En: <https://drive.google.com/file/d/0B1wDbIWZ8HrTZzk0Y1FEcnZaTIE/edit?resourcekey=0-EuTeOPnqIDHKKvFRDQDFqg>
- Liebman, M. (1999). Sistema de Policultivos. En A. Altieri (Ed.), Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable pp. 191-202. Montevideo, Uruguay: Nordan-Comunidad: Recuperado de <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Paré, L. & Gerez, P. (Coord.) (2012). Al filo del agua: Cogestión de la subcuenca del río Pixquiac, Veracruz. México. SEMARNAT.
- Perroni, M. A. G.; Dorantes, C. J. J.; Amescua, V. G.; Negrete, Y. S.; Núñez, de la M. A.; (2020). Representaciones sociales de la salud infantil en mujeres rurales en Veracruz, México. En: DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy19.rssi>
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (21 de Enero de 2020). UNEP y la UICN lanzan fondo global para la adaptación basada en ecosistemas. Obtenido de <https://www.unenvironment.org/>: <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/unep-y-la-uicn-lanzan-fondo-global-para-la-adaptacion>
- Regalado-López, Castellanos-Alanis, Pérez-Ramírez, Méndez-Espinoza, Hernández-Romero. 2020. Modelo asociativo y de organización para transferir la tecnología milpa intercalada en árboles frutales (MIAF). Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional Volumen 30, Número 56. Julio - diciembre 2020 Revista Electrónica. ISSN: 2395-9169.
- RAPAM (5 de octubre 2016). Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México. Obtenido de Plaguicidas: <http://www.rapam.org/plaguicidas-2/>

Toledo, V.M y Barrera, B.N. (2008): La memoria biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Barcelona, España. Icaria.

UICN. (14 de Julio de 2017). ¿Qué son las Soluciones Basadas en la Naturaleza? Obtenido de <https://www.iucn.org>:
<https://www.iucn.org/node/28778>

GLOSARIO

Ácidos húmicos: Ácido húmico es el nombre genérico de una familia de compuestos orgánicos que forman parte de las sustancias húmicas. Poseen diversos grupos funcionales, entre los que se pueden mencionar los carboxílicos, los fenólicos, los anillos tipo azúcares, las quinonas y los derivados de aminoácidos.

Adaptación basada en Ecosistemas (AbE): La Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), se refiere al conjunto de enfoques que involucran la gestión de la naturaleza para reducir la vulnerabilidad de las comunidades humanas al cambio climático. La restauración de manglares y arrecifes de coral, por ejemplo, protege las áreas costeras del aumento del nivel del mar, mientras que la plantación y restauración de vegetación en laderas y montañas evita la erosión y los deslizamientos de tierra en caso de lluvias extremas (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2020)

Agroecología. Disciplina científica que estudia y aplica el estudio de la agricultura desde una visión ecológica. Desarrolla la agricultura desde una perspectiva alternativa, con los conocimientos ambientales de campesinos e indígenas, que intentan proporcionar un medio ambiente balanceado, un rendimiento y mejoramiento de la fertilidad del suelo, control natural de plagas, y el diseño de agroecosistemas diversificados, así como el empleo de tecnologías no destructivas, suaves y locales con base en el reciclamiento de los recursos. Las estrategias se apoyan en conceptos ecológicos, de tal manera que el manejo da como resultado el óptimo reciclaje de nutrientes y materia orgánica, uso preferente de la energía solar frente a la fósil. Desde el punto de vista de la agroecología, y del manejo de las selvas y bosques naturales, es importante la incorporación de la productividad ecológica a las estrategias productivas. Por ello, es necesario diseñar agroecosistemas que imiten los ciclos no destructivos de la selva o el bosque. Por ejemplo, si hay que hacer una barrera rompeviento para mejorar la humedad de la parcela, así como para evitar la erosión tanto por arrastre de agua como por viento, se deben aprovechar las especies nativas para conservar parte de la biodiversidad. Esto implica una reducción de plagas por el aumento de sus enemigos naturales. Si originalmente el área de bosques naturales recarga los mantos acuíferos de una cuenca, se procura que los aprovechamientos forestales sigan contribuyendo a la infiltración del agua. Si la vegetación original mejora en textura y composición biológica con desechos orgánicos se pretende desarrollar una agricultura con funciones similares. Cuidar los suelos como parte de la estrategia productiva significa usar, por ejemplo, cobertura con abonos verdes, barreras vivas de contención y terrazo en curvas de nivel, agroforestería, cero labranza o mínima. Asimismo, un buen manejo del agua, bien distribuida en el año, es una excelente forma de aumentar la productividad ecológica de un agroecosistema. La agricultura y las plantaciones industriales desdeñan el concepto de productividad ecológica y, por ello, tienen que aportar energía exterior en forma de insumos como agua, maquinaria, fertilizantes y plaguicidas. (Boege, 2007)

Agroecosistemas. Son sistemas agrícolas, ganaderos, agroforestales y forestales que, al igual que los sistemas naturales, buscan un equilibrio entre sus componentes sin perder ninguno: suelos, humedad, biodiversidad natural y satisfactores culturales. (Boege, 2007)

Agroforestería: La agroforestería es un grupo de prácticas y sistemas de producción, donde la siembra de los cultivos y árboles forestales se encuentran secuencialmente y en combinación con la aplicación de prácticas de conservación de suelo. Estas prácticas y sistemas están diseñados y ejecutados dentro del contexto de un plan de manejo de finca, donde la participación del campesino es clave. (FAO, 2012)

Arado: Instrumento de labranza que remueve la tierra haciendo surcos en ella y que puede ser jalado por personas, animales o tractores (El Colegio de México, 2022).

Barbecho – barbechar: Preparar la tierra con el arado para sembrarla o para dejarla descansar; voltearla para que se airee, para facilitar la entrada en ella de sustancias nutritivas y para exponer al sol los organismos que le son dañinos. (El Colegio de México, 2022)

Biodiversidad o diversidad biológica. Se entiende por diversidad biológica o biodiversidad a la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestre y marino y otros como los acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende a los individuos, las variantes dentro de cada especie, entre éstas a las comunidades de especies y los ecosistemas. Las distintas especies de seres vivientes conforman la biodiversidad del planeta. Por sus características específicas los países de los trópicos húmedos y montañosos se definen como megadiversos, ya que tienen una buena parte de la biodiversidad mundial en sus distintos ecosistemas. (Boege, 2007).

Biopreparado: Son sustancias y mezclas de origen vegetal, animal o mineral presentes en la naturaleza que tienen propiedades nutritivas para las plantas o repelentes y atrayentes de insectos para la prevención y control de plagas y/o enfermedades. (IPES/FAO, 2010)

Biotipo: forma típica de animal o planta que puede considerarse modelo de su especie, variedad o raza; determinada estructura morfológica. El biotipo o tipo es un conjunto de caracteres comunes a un grupo de individuos que los hace aptos para una producción determinada. Por lo tanto, el biotipo es un concepto más amplio que el de raza, ya que cada biotipo incluye numerosas razas.

Bocashi: abono orgánico sólido, producto de la fermentación que acelera la degradación de la materia orgánica y también eleva su temperatura permitiendo la eliminación de patógenos.

Cajeteado: *apertura de la cepa u hoyo para sembrar los árboles o plantas.*

Curvas de nivel: Tecnología para la conservación de suelos siguiendo los patrones de las pendientes para evitar la erosión por el escurrimiento del agua, para generar una pendiente al 0% donde se implementan barreras vivas, muertas, plantación de árboles frutales, entre otras.

Ecosistemas: Es el lugar donde conviven y se interrelacionan comunidades vegetales, animales, microorganismos, hongos, etcétera, con su medio físico como es humedad, composición mineral, exposición al sol, temperatura. El humano es una comunidad más y su manera de interrelacionarse puede afectar o transformar por completo los ecosistemas. (Boege, 2007)

Edafología: del griego *edafos*, "suelo", *logía*, "estudio", "tratado", es la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea.

Perenne: Permanentes o de larga vida.

Pisca: Recolección o cosecha de los productos del campo, en especial del algodón y del maíz. (El Colegio de México, 2022)

Plaguicida: "Los plaguicidas químicos se han convertido en una forma dominante del control de plagas en el campo y la ciudad gracias a la expansión e influencia de la industria química causando serios problemas a la salud y al ambiente.

Los plaguicidas químicos tienen una toxicidad intrínseca derivada de la composición de sus moléculas químicas, diseñadas en el laboratorio y producidas industrialmente, son por tanto agrotóxicos.

Desde un punto de vista biológico los plaguicidas químicos son biocidas, pues matan a seres vivos y merecen este nombre considerando que la mayoría destruyen no solo a los organismos plaga, sino a insectos benéficos que controlan naturalmente a otras poblaciones o que son polinizadores, y pueden afectar peces y a otros organismos importantes que forman parte de la biodiversidad e integridad de los ecosistemas.

Plaguicidas químicos es el nombre genérico que damos a las sustancias químicas que matan a organismos vivos que consideramos plaga, y que se denominan por el tipo de organismo que controlan como insecticida (insectos), herbicida (arvenses, mal llamadas malas hierbas), fungicidas (hongos) y acaricidas (ácaros). La exposición de poblaciones de organismos vivos a estos agrotóxicos depende de las características particulares de su formulación y formas de aplicación, siendo las más agresivas las aspersiones aéreas, debido a la deriva de los plaguicidas rociados hacia el ambiente y comunidades vecinas.

La exposición continua y por tiempo prolongado a los plaguicidas puede provocar efectos crónicos en la salud humana. Tales efectos incluyen: cáncer, daños al cerebro, al sistema nervioso y al hígado, defectos de nacimiento, esterilidad, abortos espontáneos, alteraciones hormonales, y afectación del sistema inmunológico" (RAPAM, 2016)

Predio: tierra o posesión inmueble, área de tierra en posesión o propiedad.

Punzón: Instrumento de hierro, con mango de madera, muy puntiagudo, que sirve para hacer agujeros (El Colegio de México, 2022).

Quelite: La palabra quelite viene del vocablo náhuatl *quilitl* que significa verdura o planta tierna comestible y tiene su equivalente en varias lenguas (Basurto 2011, Linares y Aguirre 1992 en CONABIO, 2021). Las partes utilizadas como quelites pueden ser la planta completa (sin la raíz), plántulas, ramas o retoños jóvenes, hojas tiernas, hojas sin nervaduras, pecíolos y tallos (Basurto *et al.* 1998 CONABIO, 2021). Los quelites son plantas de uso en la cocina tradicional que, en general, por desconocimiento son poco valoradas y utilizadas. Sin embargo, recientemente, constituyen el centro de las tendencias gastronómicas actuales para revivir las tradiciones culinarias (Petrini 2012 en CONABIO, 2021).

En México se consumen más de 350 especies de quelites, los cuales han sido seleccionados por las tradiciones locales de los distintos pueblos y regiones (Mera *et al.* 2011, Linares y Bye 2015 en CONABIO, 2021). Entre los quelites más comunes, se encuentran el pápalo (*Porophyllum ruderale subsp. macrocephalum*), la verdolaga (*Portulaca oleracea*), el quintonil (*Amaranthus spp.*), el romerito (*Suaeda nigra*), el quelite cenizo (*Chenopodium berlandieri subsp. berlandieri*), el huauzontle (*C. berlandieri subsp. nuttalliae*), los alaches (*Anoda cristata*), el epazote (*Dysphania ambrosioides*), la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*), la hoja santa (*Piper auritum*) y los chepiles (*Crotalaria spp.*) (Linares y Bye 2015 en CONABIO 2021).

Servicios ambientales. Los ecosistemas generan servicios ambientales necesarios para el concierto y sobrevivencia del sistema natural y biológico en su conjunto. Por ejemplo, servicios ambientales, donde tenemos la captura y secuestro del carbono atmosférico, captura de agua, recarga y almacén de agua, regulación entre el oxígeno y el bióxido de carbono, retención y generación de suelos y de biodiversidad. (Boege, 2007)

Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN): Las *Soluciones Basadas en la Naturaleza* (SbN) son un nuevo concepto que abarca a todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder a diversos desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres. (UICN, 2017)

Supermagro: El Supermagro es un biofertilizante líquido elaborado a partir de la fermentación de materia orgánica (estiércol de vaca, ceniza, melaza, entre otros) y enriquecido con sales minerales bajo un sistema anaeróbico.

Este abono orgánico es muy rico en micronutrientes y en sales minerales, lo que permite mejorar suelos desgastados y a su vez nutrir a las plantas con minerales que no se encuentran presentes en los suelos. (Infoagronomo.net, 2019)

Yunta: tecnología agrícola tradicional que es utilizado para la tracción animal, consta de un marco de madera que se posiciona sobre la espalda de los animales para que puedan cargar implementos como el arado, la rastra y vertederas en la preparación del suelo y en algunas labores agrícolas.