



**Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco**

División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Departamento de Producción Agrícola y Animal

Licenciatura en Agronomía

PROYECTO DE SERVICIO SOCIAL

Prestador de servicio social: **Ivana Martínez Velasco**

Matrícula: **2202029849**

Asesor Interno: **M. en C. Luis Manuel Rodríguez Sánchez**

Núm. Económico: **26812**

Lugar de Realización: **Predio agrícola dependiente de la Universidad Autónoma Metropolitana “Las ánimas Tulyehualco”**

Fecha de Inicio y de termino: **10 de noviembre del 2023 al 10 de mayo de 2024**

Título del Proyecto

Manejo de una parcela agroforestal en el predio de Las ánimas Tulyehualco.

Lugar de estudio:

Universidad Autónoma Metropolitana Las ánimas, Tulyehualco; Av. Aquiles Serdán S/N, 16700 Ciudad de México, Ciudad de México.



Índice

Introducción	4
Planteamiento del problema y justificación	5
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
Metas	7
Metodología	8
Actividades realizadas	9
Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación y plan de estudios	10
Bibliografía	11
Agradecimientos	11
Anexos	12

Introducción

El sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) es una práctica agroecológica que combina cultivos anuales, como el maíz, frijol y calabaza, con árboles frutales, logrando así una mayor diversificación y resiliencia agrícola (González-Esquivel et al., 2022). Este sistema fomenta la biodiversidad, mejora la productividad del suelo y aumenta la sostenibilidad de las tierras agrícolas al promover una interacción positiva entre especies (CIMMYT, 2021). Investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) han demostrado que el MIAF contribuye a mejorar la retención de agua y la conservación del suelo, especialmente en áreas donde la erosión y la pérdida de fertilidad son problemas recurrentes (Gobierno de México, 2023).

Además de sus beneficios productivos, el MIAF ayuda a mitigar los efectos del cambio climático al incrementar la capacidad del suelo para capturar carbono y al reducir la necesidad de insumos químicos externos (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023). En la región de Las ánimas, en la alcaldía de Xochimilco, la implementación del sistema MIAF se ha adaptado para maximizar estos beneficios, integrándose en un entorno culturalmente significativo, este enfoque busca combinar el conocimiento tradicional con innovaciones agroecológicas modernas para crear un sistema más robusto y sostenible (González-Esquivel et al., 2022).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) apoya este enfoque, argumentando que la agroforestería mejora la resiliencia de los ecosistemas agrícolas frente a las variaciones climáticas y reduce los riesgos asociados con el uso de monocultivos (FAO, 2019). De esta manera, la integración del sistema MIAF con los recursos naturales locales contribuye a mejorar la viabilidad económica de los pequeños agricultores, sin comprometer la salud ecológica de la región (Gobierno de México, 2023).

A través del servicio social realizado en Las ánimas, se ha desarrollado un modelo de sistema agroforestal que puede servir de referencia para proyectos similares en zonas urbanas y periurbanas de México.

Planteamiento del problema y justificación

La inclusión de actividades que fomenten el desarrollo y aplicación de metodologías de diagnóstico y evaluación en sistemas agrícolas regionales se fundamenta en la necesidad de cumplir con los objetivos y metas delineados en el plan de estudios de la carrera (González-Esquivel et al., 2022).

El trabajo realizado en la parcela agroforestal, donde se implementó un sistema MIAF (milpa intercalada con árboles frutales de durazno), se alinea a este perfil, ya que implica una práctica concreta de manejo agrícola que integra elementos de diversificación, conservación y aprovechamiento eficiente de recursos (INIFAP, 2023).

Ante los desafíos contemporáneos de la agricultura a nivel mundial, se han propuesto y desarrollado modelos alternativos como los Sistemas Agroforestales (SAF), el sistema de Milpa intercalada con Árboles Frutales (MIAF) y los sistemas de cultivo de relevo. Estos sistemas agrícolas buscan ofrecer soluciones prácticas y efectivas para mejorar la seguridad alimentaria y promover la sostenibilidad ambiental (Pillado-Albarrán et al., 2023).

La adopción del Sistema MIAF conlleva una serie de beneficios para los agricultores y el medio ambiente, este sistema ofrece un incremento significativo en los ingresos al permitir la diversificación de las actividades productivas, además de mejorar la calidad del suelo al aumentar la materia orgánica y reducir la erosión, por medio de la franja de árboles en el sistema (INIFAP, 2023). Además, contribuye a mitigar los efectos del cambio climático al actuar como sumidero de carbono y promover la resiliencia de los agroecosistemas frente a eventos climáticos extremos, gracias a que puede generar microclimas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

Objetivo General:

Implementar un sistema agroforestal MIAF en las ánimas para promover la diversificación de la producción agrícola, la mejora de la calidad del suelo, la conservación de la biodiversidad y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria.

Objetivos específicos:

-Establecer la siembra del durazno variedad Diamante (*Prunus persica (L.) Batsch*) en la parcela MIAF.

-Monitorear el crecimiento y desarrollo.

-Realizar el riego y deshierbe del arbolado.

-Contribuir a la elaboración de un manual sobre sistemas agroforestales y cultivos de relevos.

Metas

El proyecto tiene varias metas clave, primero, fomentar la biodiversidad mediante la integración de árboles frutales y cultivos anuales, lo cual enriquece el suelo y proporciona hábitats variados para la fauna local, promoviendo un ecosistema agrícola saludable y resiliente (González-Esquivel et al., 2022).

En segundo lugar, la conservación del suelo y el agua es fundamental; se implementarán prácticas que mejoren la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua, reduciendo la necesidad de riego y protegiendo contra la erosión (INIFAP, 2023).

Además, el proyecto busca contribuir a la mitigación del cambio climático. Los árboles en el sistema MIAF actúan como sumideros de carbono, absorbiendo dióxido de carbono de la atmósfera y creando microclimas que aumentan la resiliencia de los agroecosistemas frente a eventos climáticos extremos (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021). Finalmente, el proyecto se alinea con las metas de la UAM Xochimilco, ofreciendo un laboratorio vivo para estudiantes y académicos, y contribuyendo a la formación de profesionales en agroforestería.

Estas metas reflejan un compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, social y económica, y están diseñadas para ser alcanzables y medibles a lo largo del tiempo. La implementación y el éxito de estas metas dependerán de la gestión continua y el monitoreo del proyecto agroforestal.

Metodología

La metodología para la elaboración del manual de policultivos se estructuró en varias etapas clave para garantizar un contenido integral y accesible, se llevó a cabo una investigación y recopilación de datos, comenzando con una revisión bibliográfica sobre policultivos.

Se consultaron fuentes académicas y prácticas agrícolas tradicionales para recopilar información sobre las combinaciones de cultivos más efectivas, los beneficios de la biodiversidad y las técnicas de manejo sostenible del suelo y el agua.

A continuación, se diseñó el contenido del manual, organizándolo en secciones que abarcan desde los principios básicos de los policultivos hasta estudios de caso específicos. Se hizo hincapié en la claridad y la aplicabilidad de las técnicas presentadas.

La redacción del manual se realizó con un lenguaje claro y conciso, adecuado tanto para agricultores como para estudiantes. Se incluyeron ilustraciones y gráficos explicativos para facilitar la comprensión de los conceptos y las prácticas recomendadas.

Finalmente, el manual fue revisado por el profesor de SS para asegurar la precisión técnica y la relevancia de la información. Se realizaron ajustes basados en sus recomendaciones para mejorar la calidad del contenido.

Este proceso metodológico asegura que el manual de policultivos sea una herramienta educativa valiosa y un recurso práctico para la promoción de sistemas agrícolas sostenibles.

Actividades Realizadas

10 al 15 de noviembre 2023: Evaluación del terreno para determinar necesidades de adecuación. Limpieza de maleza y despeje de escombros.

16 al 20 de noviembre: Nivelación del terreno y preparación de suelos según análisis de suelo previo.

21 al 30 de noviembre: Elaboración de mallas de metal para protección del árbol al momento de la siembra.

Diciembre: Siembra y primeras labores de mantenimiento.

1 al 5 de diciembre: Selección de especies a sembrar según el manual de sistemas agroforestales.

6 al 15 de diciembre: Siembra de árboles siguiendo el diseño agroforestal planificado.

16 al 31 de diciembre: Inicio del riego programado cada 15 días y deshierbe manual de maleza.

Enero 2024: Consolidación y mantenimiento continuo

1 al 15 de enero: Monitoreo del crecimiento de las plantas. Realización de ajustes según sea necesario si hay árboles que necesiten trasplante.

16 al 31 de enero: Continuación del riego programado y deshierbe. Mantenimiento de árboles trasplantados.

Febrero 2024: Inicio de recolección de datos, fotos e información para la creación del manual.

1 al 10 de febrero: Continuación del riego programado y deshierbe.

11 al 20 de febrero: Revisión del manual de sistemas agroforestales. Recopilación de información sobre el progreso hasta la fecha.

1 al 15 de marzo: Inspección del área para detectar signos de plagas o enfermedades.

16 al 31 de marzo: Refuerzo del riego durante períodos de sequía.

Abril 2024: Preparación para la temporada de crecimiento

11 al 20 de abril: Entrega del manual de Sistemas Agroforestales.

21 al 30 de abril: Continuación del riego programado y deshierbe. Mantenimiento de árboles trasplantados.

Mayo 2024: Evaluación Final y planificación futura

1 al 10 de mayo: Evaluación final del proyecto. Documentación de bitácoras e informes. Planificación de actividades de seguimiento para el mantenimiento a largo plazo del sistema agroforestal.

Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios

El proyecto agroforestal implementado en las ánimas se vincula estrechamente con los módulos de Sostenibilidad de los Sistemas Agrícolas y Medio Físico de la UAM Xochimilco.

Sostenibilidad de los Sistemas Agrícolas: Este módulo se enfoca en formar profesionales capaces de desarrollar y aplicar metodologías para evaluar sistemas agrícolas regionales, con un enfoque en la sustentabilidad de los recursos biológicos, físicos y socioculturales.

El sistema MIAF en Las ánimas es un ejemplo práctico de la aplicación de estos principios, los estudiantes pueden aprender sobre diagnóstico y evaluación de la sostenibilidad en un contexto real, lo que les permite desarrollar estrategias técnicas para manejar el ciclo productivo agrícola, maximizando la calidad y la sostenibilidad.

La UAM Xochimilco tiene como objetivo fomentar la investigación y el desarrollo en el campo de la agronomía, el sistema MIAF puede servir como un sitio de investigación para estudiar la efectividad de diferentes prácticas agroforestales y su impacto en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

La universidad está comprometida con el mejoramiento de la sustentabilidad de la producción agropecuaria y la formación de recursos humanos competentes. El proyecto realizado en el servicio social busca mejorar la producción agrícola de manera sostenible y ofrecer un modelo replicable para pequeños y medianos productores de la región.

En resumen, el proyecto agroforestal MIAF en Las Ánimas se alinea con los objetivos educativos y de sostenibilidad de la UAM Xochimilco, proporcionando un espacio para la aplicación práctica de los conceptos aprendidos y fomentando la investigación y el compromiso con la sostenibilidad agrícola en la región.

Bibliografía:

1. CIMMYT. (2021). Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF). Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Recuperado de <https://www.cimmyt.org/es/milpa-intercalada-con-arboles-frutales-miaf/>
2. FAO. (2019). Agroforestería para la sostenibilidad agrícola. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/agroforesteria/es/>
3. Gobierno de México. (2023). Retención de agua y conservación del suelo en sistemas MIAF. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/retencion-de-agua-y-conservacion-del-suelo-en-sistemas-miaf>
4. González-Esquivel, C., Hernández, M., & López, A. (2022). Innovaciones agroecológicas en sistemas MIAF. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Recuperado de <https://www.inifap.gob.mx/innovaciones-agroecologicas-en-sistemas-miaf>
5. Guzmán, J., Martínez, L., & Pérez, R. (2020). Optimización del ciclo de nutrientes en sistemas agroforestales. Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de <https://www.chapingo.mx/agroforestales/optimización-del-ciclo-de-nutrientes>
6. INIFAP. (2023). Retención de agua y conservación del suelo en sistemas MIAF. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/retencion-de-agua-y-conservacion-del-suelo-en-sistemas-miaf>
7. Martínez-Hernández, J. (2021). Reducción del impacto ambiental en la producción agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de <https://www.chapingo.mx/reducción-del-impacto-ambiental>
8. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). Mitigación del cambio climático mediante sistemas MIAF. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mitigación-del-cambio-climático-mediante-sistemas-miaf>

Agradecimientos

Se agradece el apoyo recibido de la Secretaría de Educación Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de la Ciudad de México bajo los convenios SECTEI/171/2022 y CM SECTEI/040/2023, Red de Laboratorios Estratégicos de Sustentabilidad Alimentaria (Red LabSa) Fase Inicial.

Anexo I

Manual de sistemas agroforestales y cultivos en relevos para el Suelo de Conservación de la Ciudad de México.

Autores:

Profesor. Luis Manuel Rodríguez Sánchez

Profesor. Cristian Ramírez Reyna

Ss. Martínez Velasco Ivana

Introducción

La agricultura a nivel mundial se enfrenta a una serie de desafíos cada vez más apremiantes que amenazan la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, entre estos desafíos se encuentran la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y la presión sobre los recursos naturales, exacerbados por el cambio climático y el crecimiento demográfico (Smith et al., 2020).

Ante los desafíos contemporáneos de la agricultura a nivel mundial, se han propuesto y desarrollado modelos alternativos como los Sistemas Agroforestales (SAF), el sistema de Milpa intercalada con Árboles Frutales (MIAF) y los sistemas de cultivo en relevo, estos sistemas agrícolas buscan ofrecer soluciones prácticas y efectivas para mejorar la seguridad alimentaria y promover la sostenibilidad ambiental (Pillado-Albarrán et al., 2023).

Los sistemas agroforestales (SAF) integran árboles, cultivos y/o ganadería en un mismo sistema, aprovechando las interacciones positivas entre sus componentes para mejorar la productividad y la resiliencia (Figura 1) (García et al., 2019). La presencia de árboles en estos sistemas no solo aumenta la biodiversidad y mejora la calidad del suelo, sino que también ofrece una amplia gama de beneficios económicos, sociales y ambientales (Pérez y Gómez, 2018).

La adopción del Sistema MIAF conlleva una serie de beneficios para los agricultores y el medio ambiente (Figura 2). Este sistema ofrece un incremento significativo en los ingresos al permitir la diversificación de las actividades productivas, además de mejorar la calidad del suelo al aumentar la materia orgánica y reducir la erosión, por medio de la franja de árboles en el sistema (INIFAP, 2023). Además, el Sistema MIAF contribuye a mitigar los efectos del cambio climático al actuar como sumidero de carbono y promover la resiliencia de los agroecosistemas frente a eventos climáticos extremos, gracias a que puede generar microclimas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).



Figura 1. Sistemas agroforestales, cría de bovinos y árboles maderables.



Figura 2. Sistema Milpa (Maíz y Frijol) Intercalada con Árboles Frutales (Manzana).

Los cultivos de relevo se han establecido como una práctica agrícola sostenible que contribuye a la eficiencia en la producción de alimentos y a la reducción de la presión sobre los recursos naturales (Figura 3). Esta técnica consiste en alternar diferentes cultivos en una misma parcela, lo cual mejora la fertilidad del suelo y reduce el riesgo de plagas y enfermedades, fomentando así la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas.

Estos cultivos producen rendimientos promedio o superiores al promedio para cada cultivo individual, lo que se atribuye a menudo a la mejora de la salud del suelo que resulta de esta práctica, tener raíces vivas en el suelo durante una parte más larga del año ayuda a mejorar la estabilidad del suelo, lo que mejora la absorción de agua y reduce la erosión y la escorrentía de nutrientes (Bunger, 2022). También puede reducir la necesidad de insecticidas, el aumento de la biodiversidad en el campo puede ayudar a proteger contra las infestaciones al crear un ecosistema equilibrado que puede mantener a raya a las especies de depredadores y presas.



Figura 3. Sistema de relevo, en el sistema se establece pasto (Festuca) y papa en diferentes momentos de crecimiento de los cultivos.

A continuación, se presentan descripciones detalladas de cada sistema, destacando sus componentes, beneficios y prácticas de manejo. Estas descripciones ofrecerán una visión profunda de cómo los sistemas integran cada componente en un solo sistema productivo, promoviendo la sostenibilidad ambiental, la resiliencia agrícola y la mejora de medios de vida de las comunidades rurales.

El sistema Agroforestal.

El sistema Agroforestal (SAF), hace referencia a un sistema y tecnología en el uso del suelo en los cuales las especies leñosas perennes como árboles, arbustos, palmas etc. se utilizan en el mismo sistema con cultivos agrícolas (Figura 4). El objetivo es que los componentes funcionen en sinergismo para mejorar algunas características, tales como productividad y sostenibilidad además de diversos beneficios ambientales. Este sistema es multidisciplinario que involucra la participación de agricultores, campesinos en la identificación, diseño y ejecución donde exista un manejo integrado de todos los recursos productivos que existan en el área de trabajo alterando mínimamente la estabilidad ecológica, persiguiendo beneficios ecológicos como económicos y sociales (INFOR, 2020).



Figura 4. Sistema Agroforestal. Cría de venado, árboles maderables.

El sistema SAF puede tener distintos beneficios dependiendo de la situación y región del mundo, algunos de ellos son: la protección y mejoramiento de los suelos, la sustentabilidad de sistemas productivos agropecuarios tradicionales, diversificación de producción es por eso que la orientación de los sistemas agroforestales busca un parecido al bosque natural, siendo elemental conocer el funcionamiento de un bosque para poder recrear un sistema agroforestal adecuado a las condiciones de cada lugar específicas de la zona (Vargas, 2012).

Es una forma de uso del territorio en donde las especies leñosas intercalan con cultivos, con la finalidad de diversificar y optimizar la producción de manera sustentable, que ofrecen el beneficio al proteger el suelo de la erosión y simultáneamente adicionan materia orgánica para mejorar las propiedades de este. Pero estos sistemas cuentan con una limitación como una combinación inadecuada de las diferentes especies, lo que puede resultar en una competencia entre ellas, por eso es importante que al incorporar las especies arbóreas dentro de los cultivos tengan en definido su papel que desempeñarán dentro del sistema (Casanova, Ramírez, & Solario, 2007)

Componentes del Sistema Agroforestal:

Árboles Agroforestales: Los árboles agroforestales en el sistema son elementos esenciales, ya que proporcionan una serie de servicios ecológicos y beneficios económicos. Estas especies, como árboles frutales, maderables o forestales, se eligen cuidadosamente para adaptarse a las condiciones locales y satisfacer las necesidades del agricultor. Además de su valor productivo, los árboles contribuyen a la captura de carbono, la conservación del suelo y la regulación del microclima, mejorando así la resiliencia del sistema agrícola frente a fenómenos climáticos extremos (López et al., 2021).

Cultivos Agrícolas: En el SAF, los cultivos agrícolas se integran de manera armoniosa con los árboles, aprovechando las sinergias y complementariedades entre ambos componentes, la diversificación de cultivos no sólo aumenta la seguridad alimentaria, sino que también contribuye a la fertilidad del suelo y reduce la dependencia de insumos externos. La selección de cultivos se basa en criterios de adaptación al medio ambiente local, demanda del mercado y rotación de cultivos para prevenir la acumulación de plagas y enfermedades (Hernández et al., 2018).

Ganadería Integrada: La ganadería forma parte integral del SAF en algunos casos, ofreciendo una oportunidad para aprovechar los recursos de manera más eficiente y diversificar los ingresos del agricultor. La cría de animales, como aves de corral o ganado, puede complementarse con la producción de cultivos y la gestión forestal, promoviendo la reciclabilidad de nutrientes y la mejora de la fertilidad del suelo (Gómez y Pérez, 2019).

Ejemplo de Implementación del Sistema Agroforestal:

Selección de especies

La selección de las especies forestales inició con la observación en la zona para reconocer las especies más comunes a los alrededores. Para posteriormente hacer un listado de las especies. En este ejemplo el cultivo complementario tomando en cuenta la escasez de agua que presenta la zona se optó por utilizar especies forrajeras, en lugar de hortalizas.

Especies forestales frecuentes en la zona

En este punto es necesario identificar en el paisaje o territorio cuáles son las especies que tienen mayor abundancia, ya que esto indica que estas tienen un óptimo desarrollo en la zona, es importante identificar qué especies son las más sanas respecto a otras, siendo esto un indicador de la probabilidad de que nuestra especie forestal seleccionada se pueda ver afectada por alguna plaga o enfermedad. Los árboles más observados en este ejemplo fueron los siguientes: Acacia (*Acacia mekanoxylon R. Br.*), Aile (*Alnus acuminata Kunth*, Álamo blanco (*Populus alba L.*), Capulín (*Prunus serótina J. Ehrh*), Colorín (*Erythina americana Mill*), Olivo (*Olea europea L.*), Pata de vaca (*Bahuinia monandra*), Tepozán (*Buddleia cordata H. B. K*), Mimosa (*Acacia retinodes Schltldl*), Morera (*Morus alba L.*), Palomita de maíz (*Senna didymobotrya Fresen*).

Clasificación de especies

Consultando la guía de árboles y arbustos de la zona metropolitana de la Ciudad de México (Rodríguez & Cohen, 2003), se recolectó la siguiente información para facilitar la selección de los árboles (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de los árboles de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

Nombre	Familia	Follaje	Cobertura (en metros (m))	Caída de hoja	Clima
--------	---------	---------	------------------------------	---------------	-------

Acacia	<i>Leguminosae</i>	Denso	5 a 15 m		Sol directo o sombra ligera Climas templados a cálidos Ambientes subhúmedos a secos
Aile	<i>Betulaceae</i>	Medio	8 m	Diciembre a febrero	Exposición al sol Climas templados Soporta heladas
Álamo blanco	<i>Salicaceae</i>	Medio	8 m	Diciembre a febrero	Exposición al sol Climas templados Ambientes húmedos a secos
Capulí	<i>Rosaceae</i>	Denso	6 a 9 m	Noviembre a enero	Exposición al sol Climas templados Resistente a sequías y temperaturas bajas
Colorín	<i>Leguminosae</i>	Denso	6 a 8 m	Septiembre a diciembre	Sol directo Climas cálidos o templados Ambientes semisecos a subhúmedos
Olivo	<i>Oleraceae</i>	Medio	6 a 8 m		Exposición al sol Climas templados a cálidos Ambiente semihúmedo a secos
Pata de vaca	<i>Leguminosae</i>	Medio a denso	4 a 5 m	Noviembre a febrero	Sol directo Climas templados a cálidos Ambientes húmedos y subhúmedos
Tepozán	<i>Buddlicaceae</i>	Medio a denso	1 a 9 m	Diciembre a febrero	Sol directo Climas templados a cálidos Ambientes subhúmedos a semisecos
Mimosa	<i>Leguminosae</i>	Medio a denso	5 a 6 m		Sol directo Climas templados a cálidos Ambientes subhúmedos a secos
Morera	<i>Moraceae</i>	Denso	18 m	Octubre a diciembre	Sol directo Climas semicálidos a templados Ambientes secos a húmedos
Palomita de maíz	<i>Leguminosae</i>	Medio a denso	3 a 4 m		Sol directo Climas templados a cálidos Ambiente semihúmedo a semisecho.

Requisitos tomados en cuenta para el establecimiento

Algunos de los árboles tienen potencial para controlar la erosión, enriquecer los suelos nutricionalmente, pueden servir como abono verde para la tierra, también por su adaptabilidad al

clima además pueden servir como barrera corta vientos y otros ayudan a la fijación de nitrógeno, haciendo que estos nos ayuden a mejorar los suelos.

Los requisitos tomados en cuenta para considerar en este ejemplo fue el ambiente en el que se van a desarrollar en este caso semi húmedo a seco, la disponibilidad de agua de la zona, además de la densidad de las hojas y que cobertura pueden tener en el terreno para saber la disponibilidad del follaje y el tiempo en cual se pierde el follaje, y que este no infiera en los cultivos.

Delimitación de la parcela

La delimitación se realiza midiendo el área con el flexómetro todo el perímetro que está destinado para el sistema agroforestal para demarcar el área con estacas y rafia (Figura 5). En este ejemplo se colocó una estaca de extremo a extremo a lo largo de 34 m para sujetar la rafia haciendo la primera marca; realizando el mismo proceso con la primera marca en los extremos se colocaron estacas para marcar surcos con una distancia de 3 m en el surco 1, 4 m en el surco 2 y en el surco 3 una distancia de 3 m (Figura 5).



Figura 5. Ejemplo del inicio de estaqueo.

Selección de especies forestales a utilizar

La selección debe de considerar la densidad del follaje, el tipo de asolamiento que necesitaremos en el sistema y el clima, en este ejemplo fueron cuatro árboles con un follaje de densidad media a densa, lo que permite este intercalando es una cobertura mínima, además de sol directo que se adaptan a un clima de templado a cálido. Los árboles seleccionados son: Olivo (O), Pata de vaca (PV), Tepozán (T) y Morera (M).

El Sistema MIAF

El sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF) representa un sistema innovador agrícola que busca la integración de árboles frutales perennes y cultivos anuales en una misma parcela, esta práctica, fundamentada en los principios de diversificación de cultivos y promoción

de la biodiversidad, ha surgido como una alternativa sostenible y económicamente viable para los productores agrícolas en laderas, la interacción simbiótica entre árboles frutales y cultivos anuales proporciona servicios ecosistémicos valiosos como la captura de carbono y la protección del suelo, lo que se traduce en una mayor estabilidad y adaptabilidad del sistema agrícola frente a los desafíos climáticos y ambientales (Altieri et al., 2011) (Figura 6).



Figura 6. Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF), cultivo de maíz y frijol con manzana.

El Sistema MIAF es una tecnología agroecológica desarrollada por investigadores del INIFAP y el Colegio de Postgraduados. Este sistema se adapta a terrenos de laderas y tiene como objetivo detener la pérdida de suelos, contribuir a la seguridad alimentaria y mejorar los ingresos de las familias rurales. Además, se ha observado que el MIAF promueve la conservación de la biodiversidad y la mejora del hábitat en las unidades de producción donde se implementa, la combinación de diferentes estratos de vegetación proporciona refugio y alimento para una variedad de especies de aves, insectos y microorganismos, contribuyendo así a la salud y la vitalidad del ecosistema agrícola (Sistema MIAF, 2023).

Componentes del Sistema MIAF

Cultivos perennes: Por cultivos perennes se refiere a los árboles frutales, estos se establecen en sentido perpendicular a la pendiente. Estos árboles se plantan en contorno y están espaciados de uno a dos metros entre sí y de 10 a 14 metros entre hileras. Es importante considerar técnicas

de formación y poda para su manejo. Esta producción intensiva ocupa la tercera parte del terreno (Figura 10).

Cultivo anual: Por cultivos anuales se refiere a los cultivos que su duración es menor a un año, por ejemplo; el maíz y frijol, estos se siembran en franjas en surcos arriba y abajo de los árboles frutales. De esta manera, se combina la producción de frutas con la de maíz, logrando un sistema multiobjetivo (Figura 7).



Figura 7. Diversidad dentro del MIAF.

Planificación y Diseño del sistema MIAF

Selección del Sitio: Antes de comenzar con la implementación del MIAF, es importante realizar una evaluación detallada del sitio. Esto incluye analizar la topografía del terreno, la calidad del suelo, el régimen de lluvias y otros factores ambientales relevantes. Esta evaluación ayudará a identificar las especies vegetales más adecuadas y a determinar la distribución óptima de árboles y cultivos.

Diseño Agroforestal: El diseño agroforestal del Sistema MIAF implica la disposición estratégica de árboles frutales y cultivos anuales en el terreno, la distancia entre cada franja de árboles es determinada por la inclinación del terreno; esta puede ser de 10 m cuando la pendiente es muy pronunciada y de 14 m si la pendiente es casi nula o sin pendiente.

Selección de Especies: La selección de especies vegetales debe basarse en las condiciones locales y las necesidades del sistema. En regiones con climas cálidos y secos, pero con disponibilidad de agua, se pueden seleccionar especies resistentes a la sequía, como el algarrobo (*Prosopis spp.*) y el aguacate (*Persea americana*) y en zonas húmedas, pueden preferirse especies como el cacao.

(*Theobroma cacao*) y la guanábana (*Annona muricata*). En México, se pueden utilizar árboles frutales como el mango (*Mangifera indica*) y el limón (*Citrus limon*) junto con cultivos anuales como el frijol (*Phaseolus vulgaris*) y el maíz (*Zea mays*).

Manejo del Suelo: Para mejorar la salud del suelo, se pueden implementar prácticas como la cobertura vegetal permanente y la rotación de cultivos. Por ejemplo, se pueden sembrar leguminosas como el frijol entre los cultivos de maíz para fijar nitrógeno en el suelo y mejorar su fertilidad, la incorporación de residuos vegetales puede aumentar el contenido de materia orgánica y mejorar la estructura del suelo.

Riego y Nutrición: El riego y la fertilización deben adaptarse a las necesidades específicas de las especies cultivadas y las condiciones del suelo. Por ejemplo, en regiones con lluvias estacionales, se puede implementar un sistema de riego por goteo para proporcionar agua de manera eficiente durante los períodos secos y se pueden realizar análisis de suelo periódicos para determinar las necesidades nutricionales de las plantas y ajustar la fertilización. Cabe resaltar que la fertilización de los árboles es de suma importancia en los primeros 4 años de desarrollo vegetativo, por lo cual una buena nutrición en estos años garantiza un árbol sano y se perfila con buena producción después del cuarto año (Figura 8).



Figura 8. Primer año de un sistema MIAF, después de fertilización en árboles frutales.

Establecimiento de sistema agrícola MIAF

Árboles frutales

El aprovechamiento de luz y la eficiencia fotosintética son dos aspectos importantes en el sistema agroforestal MIAF. En primer lugar, el MIAF utiliza el aprovechamiento de luz de manera eficiente. Los árboles más altos en el sistema agroforestal capturan la luz solar en sus copas, mientras que los cultivos agrícolas se encuentran debajo de ellos, esto significa que los cultivos reciben luz filtrada a través de las hojas y ramas de los árboles, lo que evita la exposición directa y excesiva al sol. Esta forma de sombreado beneficia a los cultivos al reducir el estrés por calor y la evaporación del agua en el suelo. Además, proporciona un microclima más favorable, creando

condiciones más estables y equilibradas para el crecimiento de las plantas. En segundo lugar, el sistema agroforestal MIAF mejora la eficiencia fotosintética. La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas convierten la luz solar en energía para crecer, el combinar árboles y cultivos en un mismo campo, se maximiza la captura de luz solar y se optimiza la eficiencia fotosintética. Los árboles, al ser más altos y tener una mayor área de superficie foliar, capturan una cantidad significativa de luz solar. Luego, esa luz se distribuye de manera más uniforme entre los árboles y los cultivos, lo que permite que ambas plantas realicen la fotosíntesis de manera más eficiente.

Los árboles proporcionan una protección contra la luz solar directa y pueden regular la intensidad de la luz que llega a los cultivos, evitando así la sobreexposición o sombreado excesivo. Esto es beneficioso porque los cultivos necesitan una cantidad adecuada de luz para realizar la fotosíntesis de manera óptima. Para garantizar esta eficiencia es necesario la formación del árbol para que a partir de las podas quede en forma de V.

Especies

A continuación, se muestran solo algunas opciones de árboles frutales que podrían ser adecuados para el sistema MIAF en agroforestería en la Ciudad de México. Recuerde tener en cuenta las condiciones específicas del área, como el clima, el suelo y la disponibilidad de agua, para elegir las especies más apropiadas. También es importante considerar el mantenimiento adecuado, el riego y las necesidades específicas de cada árbol para promover su crecimiento saludable y la producción de frutas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Árboles frutales para el sistema MIAF en la Ciudad de México.

Árbol	Clima	Fruto	Sabor
Higuera	Seco	Higos	Dulce y jugoso
Granado	Seco	Granadas	Agridulce
Tamarindo	Seco	Vainas	Ácido y dulce
Zapote blanco	Seco	Fruta	Dulce y jugoso
Zapote negro	Seco	Fruta	Dulce y carnosa, color oscuro
Níspero	Seco	Fruta	Dulce y aromática
Manzano	Templado	Manzanas	Dulce y crujiente
Durazno	Templado	Duraznos/melocotones	Jugoso y fragante
Limonero	Mediterráneo	Limonas	Ácido
Olivo	Mediterráneo	Aceitunas	Salado
Chirimoyo	Seco	Fruta	Dulce y cremosa
Capulín	Seco	Frutos	Pequeño y dulce

Sistemas de cultivos de relevo:

Los cultivos de relevo, también conocidos como "cultivos intercalados sucesivos" o "doble cultivo", son una práctica agroecológica que consiste en cultivar dos o más cultivos en la misma superficie de tierra durante un mismo ciclo productivo, pero en diferentes momentos (Figura 9), es decir la siembra de dos o más cultivos durante un tiempo distinto del ciclo de cada uno, un segundo cultivo se planta una vez que el primer cultivo haya llegado a su madurez (formación de granos), es decir, cuando se están formando los granos y cultivo no requiere tantos nutrientes para su crecimiento, para que el segundo cultivo aproveche el agua y los nutrientes que aún conserva el suelo, para así tener un cultivo más o también se puede incorporar como abono verde para aprovecharse en el siguiente ciclo agrícola y sirva como fertilizante orgánico (Flores 2012).



Figura 9. Sistemas de cultivos de relevo.

Estas técnicas tienen como ventajas el favorecer el equilibrio biológico, disminuye la aparición de plagas, enfermedades; incrementa la productividad y la ganancia económica, también influye sobre la eliminación de hierbas adventicias (arvenses) debido al ambiente que genera que no es apto para su crecimiento, alelopatía, mejora en el uso de los nutrientes del suelo, promoviendo de igual forma la productividad y presenta un manejo bajo en costo de producción (Escandón 2012)



Figura 10. Parcela implementada de forrajes (Trébol "*Trifolium*", Canola "*Brassica napus*", Girasol "*Helianthus annuus*" y Ebo "*Vicia sativa*") intercalados con maíz.

Los componentes del sistema de relevos se podrían describir por diferentes etapas de siembra, por ejemplo; tendríamos una primera etapa donde sembraríamos maíz y una segunda etapa donde podríamos sembrar otro cultivo por ejemplo avena, considerando que el maíz termine su fructificación. La idea de este sistema es optimizar el tiempo y espacio dentro de la parcela, los nutrientes y el agua.

Planificación y Diseño del sistema de relevo

Para la planificación de un sistema de relevos es necesario considerar la dinámica del agricultor identificando los cultivos que está acostumbrado a sembrar y como este cultivo se podría sembrar con un segundo cultivo o cultivos en relevos. Para poder realizar la segunda etapa de siembra es necesario considerar un espacio, por ejemplo; considerado el sistema de relevo maíz-avena, el espacio óptimo para sembrar en esta segunda etapa es el espacio que existe entre cada surco de maíz (Figura 11).

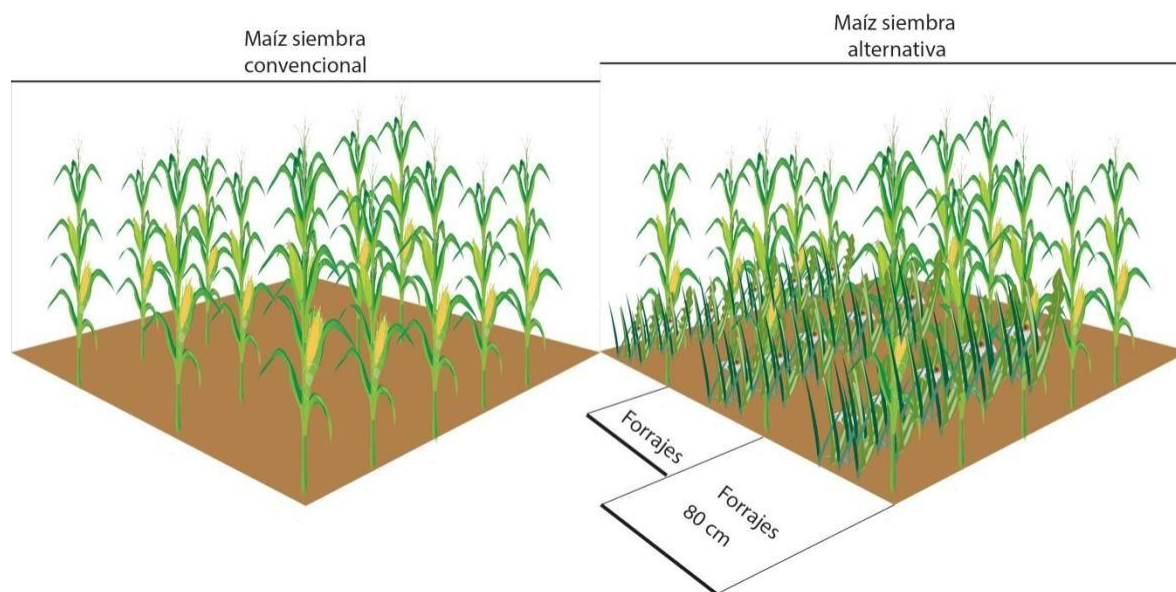


Figura 11. Sistema convencional de maíz y sistema de relevo maíz-avena-ebo.

El clima es fundamental en este sistema, principalmente la precipitación, es necesario previo a establecer el sistema conocer la distribución de la precipitación ya que esto nos permitirá planificar la primera y segunda, e incluso una tercera etapa de siembra. Si se cuenta con riego se puede considerar apoyo a cada etapa siembra.

Las características del suelo son fundamentales para considerar que cultivos llevará nuestro sistema de relevos. Uno muy simple pero no menos importante es el pH, saber el pH del suelo de nuestra parcela nos ayuda a identificar la disponibilidad de nutrientes y además saber qué cultivos podrían desarrollarse con facilidad en determinado pH.

La consideración del espacio dentro de la parcela, la distribución y disponibilidad de agua, las características de suelo y las prácticas que realiza el agricultor nos permiten diseñar nuestro sistema de relevo. En el cuadro 3 y 4 son cultivos que se pueden utilizar en un sistema de relevo con maíz en la Ciudad de México, dependiendo de la estación del año, densidad de siembra, disponibilidad de agua y calidad del suelo (pH)

Cuadro 3. Cultivos para primavera-verano con maíz en la Ciudad de México.

Cultivo	Densidad	Unidad de medición	Necesidad de agua (mm)	Condiciones de pH en el suelo
Trébol (<i>Trifolium</i>)	12.5	kg ha ⁻¹	700	6 a 7.5
Canola (<i>Brassica napus</i>)	2500	gr ha ⁻¹	332 a 709	(resiste hasta 8.5)
Girasol (<i>Helianthus annuus</i>)	5	kg ha ⁻¹	500 a 650	6.7
Ebo (<i>Vicia sativa</i>)	12.5	kg ha ⁻¹	350	5.5-8.2

Cuadro 4. Cultivos para otoño-invierno con maíz en la Ciudad de México.

Cultivo	Densidad	Unidad de Medición	Necesidad de agua (mm)	Condiciones de pH en el suelo
Trébol (<i>Trifolium</i>)	12.5	kg ha ⁻¹	700	6 a 7.5
Canola (<i>Brassica napus</i>)	2500	gr ha ⁻¹	332 a 709	(resiste hasta 8.5)
Rábano largo (<i>Raphano sativus</i>)	500	gr ha ⁻¹	298	5.5 a 6.8
Ebo (<i>Vicia sativa</i>)	12.5	kg ha ⁻¹	350	5.5 a 8.2
Grasspea (<i>Lathyrus sativus</i>)	12.5	kg ha ⁻¹	272	6.0 a 7.5
Avena (<i>Avena sativa</i>)	250	kg ha ⁻¹	250 a 770	5.5 a 7.5

Bibliografía

Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2011). Agroecología y cambio climático: estrategias para la adaptación y la mitigación. *Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia Suelo*, 4(1), 34-52. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=665070590003>

Bunger, M. (2022). Nueva práctica de cultivos de relevo asegurable por acuerdo escrito para soja sembrada en un cultivo de grano pequeño para los años de cosecha 2022 y siguientes Departamento de Agricultura de EE. UU., Agencia de Gestión de Riesgos2. <https://www.cfra.org/sites/default/files/publications/Relay%20Cropping-%20Rows%20of%20Opportunity%20SPA%20WEB.pdf>

Casanova, F., Ramírez, L., & Solario, F. (2007). Interacciones radiculares en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 11(3), 41-52. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83711304>

CONAFOR (2019). Programa de incentivos para el aprovechamiento forestal sustentable y conservación de suelos en terrenos forestales. <https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/apoyos-conafor>

CONAFOR. (2022, December 30). Se reduce en 26% la tasa anual de deforestación. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conafor/prensa/se-reduce-en-26-la-tasa-anual-de-deforestacion>

Dilas, J., & Mugruza, C. (2020). Instalación de Centro de Investigación y Desarrollo Agrario (CIDAR). (2022). Informe técnico sobre el Sistema MIAF y sus beneficios económicos. <https://www.cidar.org/informe-tecnico-sistema-miaf>

FAO. (2023). Agroecological approaches to soil fertility management. <https://www.fao.org/3/cb4485en/cb4485en.pdf>

Flores, R. (2012). Asociación de cultivos. <https://hopelchen.tecnm.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r122710.PDF>

García, A., et al. (2019). Importancia de los sistemas agroforestales para la agricultura sostenible. *Revista de Agricultura Sostenible*, 7 (2), 65-78. <https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/apoyos-conafor>

Hernández, J., et al. (2018). Integración de cultivos agrícolas y árboles en sistemas agroforestales: Una revisión. *Agrociencia*, 22(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682021000100073

INFOR. (2020). Agroforestería o Sistemas Agroforestales (SAF). Agroforestería. <https://agroforesteria.infor.cl/index.php/definiciones-saf/que-es-agroforesteria>

IPCC. (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse*

gas fluxes in terrestrial ecosystems. <https://www.ipcc.ch/srccl/>

Manual de Agricultura por Relevos SAGARPA. (2017). Manual de agricultura por relevos. Ciudad de México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.agricultura.gob.mx/material-de-referencia/sagarpa-2017>

Pillado-Albarrán, K. V., Albino-Garduño, R., Santiago-Mejía, H., & Pedraza-Mandujano, J. (2023). Elementos bioculturales, base para la adaptación del sistema MIAF en la zona mazahua del Estado de México. *Estudios Sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 32(60). <https://www.scielo.org.mx/pdf/esracdr/v32n60/2395-9169-esracdr-32-60-e221247.pdf>

Rodríguez, L., & Cohen, E. (2003). Guía de árboles y arbustos de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Ciudad de México.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021). MIAF, un sistema multiobjetivo. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/miaf-un-sistema-multiobjetivo?ssp=1&setlang=es-mx&cc=MX&safesearch=moderate>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (s.f.). Sistemas agroforestales: Alternativa multifuncional de vida. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/sistemas-agroforestales-alternativa-multifuncional-de-vida>

SEMARNAT. (2013). Guía práctica sobre cambio climático y bosques. <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/2562GuiaPracticaSobreElCambioClimaticoYBosques.pdf>

Sistemas de Producción Agrícola por Relevos INIFAP. (2019). Sistemas de producción agrícola por relevos. Ciudad de México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?/=14489

Vargas, G. (2012). Huertas familiares bajo sistemas agroforestales. Asociación agroecológica y fe.

Zapata, P. C. (2019). Composición y estructura del dosel de sombra en sistemas agroforestales con café de tres municipios de Cundinamarca, Colombia. *The Nature Conservancy*. <https://www.scielo.br/j/cflo/a/YkZSTHRYsRQQCjWkMNbc9Md/?format=html#>

Escandón, N. (2012). ROTACIÓN Y ASOCIACIÓN DE CULTIVOS EN LA PROVINCIA DEL AZUAY PARA EL RESCATE DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA. [https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3077/.](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3077/)