

SISTEMAS AGROFORESTALES COMO ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN DEL SUELO: REVISIÓN DEL CASO DE GUERRERO, MÉXICO

AGROFORESTRY SYSTEMS AS A STRATEGY FOR SOIL CONSERVATION: A REVIEW OF THE CASE OF GUERRERO, MEXICO

¹Celi Gloria Calixto-Valencia^{ORCID}, ²Erickson Basave-Villalobos^{ORCID}, ³Claudia Fernández-González^{ORCID}

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Iguala. Iguala, Guerrero. México. ²INIFAP. Campo experimental Valle del Guadiana. Durango. México. ³Investigadora independiente. México. [§]Autor de correspondencia: (calixto.celi@inifap.gob.mx).

RESUMEN

La degradación del suelo es una problemática crítica en el estado de Guerrero, México, que exige acciones urgentes para su mitigación y reversión mediante prácticas de manejo sostenible. La agroforestería se presenta como una estrategia viable para armonizar la producción agropecuaria con la conservación de los ecosistemas, al integrar árboles, cultivos y ganado en sistemas productivos diversificados. Este artículo de revisión examina la relevancia, experiencias, limitaciones y necesidades de investigación en torno a la agroforestería como herramienta para conservación y restauración de suelos degradados en Guerrero. A pesar del alto potencial agroecológico del estado, el apoyo institucional al establecimiento de sistemas agroforestales no ha sido suficiente, además de que la agroforestería no es una práctica extendida en la entidad. No obstante, existen ejemplos valiosos como los sistemas tradicionales de *tlacolol* y los huertos familiares, que destacan por su sostenibilidad y adaptación local. Aunque se reconocen ampliamente los beneficios ecológicos de estos sistemas, aún falta evidencia empírica y cuantitativa sobre su efectividad para recuperar la funcionalidad del suelo. La mayoría de las iniciativas agroforestales en Guerrero se orientan a la producción de subsistencia, aprovechando elementos del paisaje y conocimientos tradicionales. Programas recientes como “Sembrando Vida” ofrecen una oportunidad clave para documentar estudios de caso y generar datos concretos sobre los impactos de la agroforestería en la salud del suelo. Finalmente, se destaca la

necesidad urgente de desarrollar herramientas integradas de monitoreo y evaluación que consideren indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo. Estas permitirán comprender con mayor precisión los procesos de degradación y recuperación, así como fortalecer la toma de decisiones informada para la implementación de sistemas agroforestales más eficientes y sostenibles.

Palabras clave: agroecosistemas, cambio climático, ENASAS, servicios ecosistémicos.

ABSTRACT

Soil degradation is a critical issue in the state of Guerrero, Mexico, requiring urgent actions to mitigate and reverse its impacts through sustainable land management practices. Agroforestry emerges as a viable strategy to harmonize agricultural production with ecosystem conservation by integrating trees, crops, and livestock into diversified production systems. This review article explores the relevance, experiences, limitations, and research needs surrounding agroforestry as a tool for conserving and restoring degraded soils in Guerrero. Despite the state's high agroecological potential, institutional support for establishing agroforestry systems has been limited, in addition to the fact that agroforestry is not a widespread practice in the state. Nevertheless, valuable examples exist, such as traditional “*tlacolol*” systems and home gardens, which stand out for their sustainability and local adaptation. While the ecological benefits of these systems are widely acknowledged, empirical and quantitative evidence on their effectiveness in restoring soil

functionality remains scarce. Most agroforestry initiatives in Guerrero are oriented toward subsistence production, drawing on landscape elements and traditional knowledge. Recent programs such as “Sembrando Vida” present a key opportunity to document case studies and generate concrete data on the impacts of agroforestry on soil health. Finally, there is an urgent need to develop integrated monitoring and evaluation tools that include physical, chemical, and biological soil indicators. Such tools would enable a more precise understanding of degradation and recovery processes and support informed decision-making for the implementation of more efficient and sustainable agroforestry systems.

Index words: agroecosystems, climate change, ENASAS, ecosystem services.

INTRODUCCIÓN

En México, la degradación de los suelos es un problema preocupante que ha ameritado atención en la agenda nacional (ENASAS, 2022). Ejercicios de monitoreo y evaluación de la degradación realizados en el país en la última década, señalan que cerca del 64 % de los suelos del territorio nacional presentan degradación, condición acompañada de una pérdida significativa de cubierta vegetal, correspondiente al 54 % de la superficie de la nación (CONAFOR, 2013; Cotler et al., 2020). A una escala estatal, Guerrero destaca como una de las entidades federativas con mayor afectación debido a la susceptibilidad a erosión hídrica por la combinación de lluvias torrenciales u otros fenómenos climáticos extremos, topografía accidentada, tipo de suelos y deforestación; se estima que 31.8 % de la superficie del estado tiene este tipo de afectación, también con la respectiva pérdida de cobertura vegetal a una tasa acelerada (INEGI, 2017; SEMARNAT, 2003). Por su parte, Figueroa et al. (2024) mencionan que entre el 2001 y el 2018 se deforestaron 239 614 ha, cifra que corresponde a una tasa de 13 311 ha por año. Entre las causas principales de la degradación del suelo en la entidad sobresalen el sobrepastoreo,

la actividad agrícola y la deforestación (Figueroa et al., 2024; SEMARNAT, 2003) (**Figura 1**).

Ante tal situación de pérdida acelerada de cobertura vegetal y de degradación del suelo, es imperante emprender acciones para detener y revertir los procesos de degradación. Por tal motivo, en años recientes se han articulado un conjunto de estrategias para ese propósito y que han dado origen a ENASAS, que refiere según sus siglas, a la “Estrategia Nacional del Suelo para la Agricultura Sostenible” (Ortiz-García et al., 2023). Un enfoque central de dicha estrategia es promover el manejo sostenible del suelo, así como la restauración de aquellos sometidos a procesos de degradación, para garantizar su conservación y el mantenimiento de su funcionalidad.

El fomento de prácticas de producción sostenibles tanto agrícolas como ganaderas, es una de las líneas de acción de ENASAS (Ortiz-García et al., 2023). Las prácticas agropecuarias deben compatibilizar la producción con la conservación del suelo, privilegiando la integridad de sus componentes y las propiedades físico, químicas y biológicas de las que depende la salud y calidad de este complejo. Sin embargo, esta visión tiende a estar limitada por un conjunto de factores socioeconómicos, culturales y ecológicos que influyen en el manejo de los sistemas de producción, tanto a una escala de subsistencia como de alta tecnificación (Vogel et al., 2018).

Las limitaciones antes referidas inciden significativamente en regiones o estados con altos índices de marginación y pobreza, como Guerrero (CONAPO, 2023), donde la prioridad suele ser la producción de alimentos y la satisfacción de las necesidades básicas de la población. Sin embargo, estas actividades no siempre se realizan bajo esquemas sostenibles para el suelo (Ceccon, 2020, 2016) ni para otros recursos naturales (Mozo y Silva, 2022; Salgado et al., 2017). Por ello, lograr un equilibrio entre atender las necesidades básicas de la población y conservar la integridad y salud de los suelos sigue siendo un desafío complejo. A



Figura I. Pérdida de cobertura vegetal por incendios y erosión del suelo en paisajes del trópico seco en la región de Tierra Caliente en el estado de Guerrero.

pesar de ello, para el caso particular de Guerrero, la compatibilización de las prácticas de producción agropecuarias con la conservación de los ecosistemas sigue representando una oportunidad para adoptar y promover prácticas de manejo que coadyuven a la sostenibilidad de los agroecosistemas, especialmente del recurso suelo. En este contexto, la agroforestería se postula como una práctica que armoniza la producción agropecuaria con la conservación de los ecosistemas y el suelo (Kaur et al., 2023; Shi et al., 2018; Montagnini et al., 2004), aspecto en el cual Guerrero tiene un alto potencial para el impulso y establecimiento de sistemas agroforestales. Por otra parte, aunque se admiten los beneficios ambientales y ecológicos que se obtienen de los sistemas agroforestales, se carece de información que documente cuantitativamente la contribución de estos sistemas de producción en la recuperación de la funcionalidad de suelos degradados.

El presente trabajo ofrece un panorama sobre la relevancia, experiencias, limitaciones y necesidades de investigación relacionadas con la agroforestería como instrumento para la conservación y recuperación de suelos en el estado de Guerrero, México.

DESARROLLO

Importancia de la agroforestería y su relación con la conservación y recuperación de suelos

La agroforestería resalta como una opción viable para producir implementando prácticas de manejo sostenible del suelo con las que no solo se conserve este recurso, sino que también se restaure aquellos en proceso de degradación. Esta forma de uso de la tierra como refiere Somarriba (2012), integra árboles en sistemas de producción agrícola y ganadera, brindando beneficios económicos y ambientales. La agroforestería permite a los agricultores diversificar ingresos al combinar cultivos, árboles o ganado en un mismo espacio, contribuyendo a la conservación del suelo, mitigación del cambio climático y promoción de la biodiversidad. Así, impulsa la sostenibilidad a largo plazo y ofrece oportunidades económicas inmediatas con los cultivos agrícolas para quienes dependen de la agricultura (Ibrahim y Zapata, 2012).

Desde la perspectiva científica, son diversos los estudios que destacan el potencial de los enfoques agroforestales para implementar prácticas sostenibles del suelo, así como los beneficios en las propiedades de este (Kaushal et al., 2021). Se ha documentado, por ejemplo, cómo la incorporación de residuos orgánicos contribuye a mejorar la estructura del suelo gracias a que el aporte de

materia orgánica, tanto de cultivos como de árboles, afecta la estabilidad de los agregados y modifica la densidad aparente (Kaur et al., 2023). Estos cambios en las propiedades del suelo inciden positivamente en la recirculación de nutrientes y en la infiltración de agua (Koryś et al., 2021; Gageler et al., 2014), las cuales son condiciones que en conjunto favorecen el establecimiento, desarrollo y crecimiento de las plantas (Fahad et al., 2022). Para el caso del componente forestal en particular, existe evidencia científica que ratifica el potencial biológico de la cobertura arbórea de incorporar materia orgánica en el suelo (Xu et al., 2024), independientemente de que las tasas de producción y acumulación de dicho material en el suelo, por caída de hojarasca u otros residuos orgánicos, suelen variar entre especies o entornos naturales (González-Rodríguez et al., 2019; Ceccon et al., 2015; Haase y Jacobs, 2013).

Por ejemplo, Ceccon et al. (2015) examinaron los patrones de producción, calidad y descomposición de hojarasca de cuatro especies nativas del bosque tropical estacionalmente seco, dos de ellas de lento crecimiento (*Crescentia alata* Kunth y *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.) y dos de rápido crecimiento (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth). Estos autores reportan diferencias en la producción de hojarasca, siendo *P. dulce* la especie con mayores altas de producción seguida de *L. leucocephala* y finalmente *C. alata* y *E. polystachya* que tuvieron cifras similares de producción de hojarasca. De estas cuatro especies destacó *L. leucocephala* por su elevada tasa de descomposición y *P. dulce* de producción, por lo que los autores las recomiendan para usarse en trabajos de restauración de suelos y agroforestería.

Principales sistemas agroforestales practicados en Guerrero

Los esquemas agroforestales más conocidos son el cultivo en callejones, taungya, maderables como sombra de cultivos perennes, leñosas perennes dispersos en campos de cultivos anuales, bancos forrajeros de leñosas y huertos caseros. En general, estos esquemas corresponden a la clasificación

propuesta por Combe y Budowski (1997) que considera los cultivos asociados para integrarlos en sistemas: silvoagrícolas, (árboles con cultivos agrícolas), agrosilvopastoriles (árboles con cultivos agrícolas y ganadería) y silvopastoriles (árboles con ganadería). Sin embargo, cabe mencionar que los sistemas agroforestales más utilizados o preferidos por los productores son aquellos que combinan cultivos agrícolas con árboles, que es el sistema silvoagrícola, ya que existe un consenso del beneficio tanto para mejorar la productividad como para preservar el medio ambiente, aunque también se reporta que los sistemas silvopastoriles se practican de manera extendida no solo en México, sino en varios países de Latinoamérica (Murgueitio et al., 2015). Los sistemas antes referidos son fundamentales en las zonas rurales, donde los pequeños y medianos productores implementan prácticas para optimizar el uso del suelo y mantener la biodiversidad y otros servicios ecosistémicos (Kaushal et al., 2021; Montagnini et al., 2004).

En México, con base en informes oficiales, durante el periodo de 2000-2010 se promovió el establecimiento o mantenimiento de plantaciones agroforestales para una superficie de 83 171.52 ha; no obstante, estas mismas fuentes reportan que solo se asignaron recursos económicos para atender el 28 % de esa superficie, a reserva de que se desconoce si efectivamente esa superficie fue atendida en su totalidad bajo los principios de la agroforestería, ya que en ese momento no se tenía definida una categoría de plantaciones agroforestales en las reglas de operación de los programas gubernamentales ejecutados (CONAFOR, 2013).

En ese periodo (2000-2010), Guerrero ocupó el 4º lugar en superficie establecida de sistemas agroforestales apoyados por CONAFOR (CONAFOR, 2013). Los sistemas agroforestales establecidos fueron los fomentados por esta comisión debido a su idoneidad para las condiciones agroecológicas y socioculturales de la entidad. Estos fueron los siguientes: taungya, cultivo en callejones, árboles en pastizales,

combinaciones de cultivos perennes con árboles y plantaciones de árboles con pastos y animales. Guerrero tiene un alto potencial para el establecimiento de sistemas agroforestales, ya que sus condiciones agroecológicas son diversas por sus variadas condiciones topográficas, geológicas y climáticas que se extienden desde zonas costeras tropicales hasta zonas montañosas templadas según refieren Figueroa et al. (2024).

Sin embargo, se tiene registro que, en la entidad, los apoyos otorgados en aquel periodo para establecer los sistemas agroforestales, únicamente se enfocaron en la región Costa Grande, concretamente en los municipios de Atoyac de Álvarez y Técpan de Galeana (CONAFOR, 2013). En general, en Atoyac de Álvarez los esquemas agroforestales consistieron en la combinación de cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King.) con cultivos de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus* spp.) y pasto (géneros y especies no reportados), mientras que en Técpan de Galeana se consideraron las combinaciones de cedro, caoba o cueramo (*Cordia*

elaegnoides A.DC.) con el cultivo de coco (*Cocos nucifera* L.).

Por otra parte, la importancia de valorar los conocimientos tradicionales para integrar e implementar adecuadamente las prácticas de manejo en los sistemas agroforestales ha sido resaltada por Moreno-Calles et al. (2014, 2013). Desde la perspectiva biocultural, estos autores destacan al *tlacolol* como uno de los sistemas agroforestales tradicionales más representativos en Guerrero (Figura 2). Este sistema tradicional consiste básicamente en prácticas de roza, tumba y quema (Moreno-Calles et al., 2013). Asimismo, Moreno-Calles et al. (2013) en su revisión clasifican al *tlacolol* como un sistema de baja intensidad de manejo con periodos de descanso largo, usualmente practicado en parcelas de terrenos montañosos de laderas pronunciadas. El aclareo de la vegetación y el uso del fuego para después sembrar los cultivos de interés, son prácticas inherentes a este sistema.



Figura 2. Paisaje en donde se muestran claros abiertos en la vegetación para establecer cultivos mediante el sistema *tlacolol*, en parajes montañosos en el estado de Guerrero.

La virtud del *tlacolol* como sistema de producción compatible con el manejo sostenible del suelo, radica en que el periodo de descanso es mayor al periodo del cultivo de los terrenos (Moreno-Calles et al., 2014, 2013). Aunado a esto, está el hecho de dejar selectivamente algunos tocones o árboles en pie con el propósito de facilitar la recuperación de la vegetación o para promover y facilitar el establecimiento de otras plantas de interés como el café (*Coffea arabica* L.) en asociaciones con árboles de alto valor de importancia como *Alnus acuminata* Kunth, *Clethra mexicana* DC. y *Myrsine juergensenii* (Mez) Ricketson & Pipoly en la Montaña de Guerrero (Silva et al., 2024). En lo que respecta al componente forestal, un número importante de especies de uso múltiple tanto arbóreas como arbustivas han sido identificadas en este sistema. Por ejemplo, las especies de árboles más utilizadas como alimento para consumo humano, forraje y que además son fijadoras de nitrógeno son *Leucaena esculenta* (DC.) Benth. y *Pithecelobium dulce*. Otras especies apreciadas porque proporcionan madera, leña, postes o frutos son *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst., *Spondias purpurea* L. y *Psidium guajava* L., por mencionar algunos ejemplos.

Los huertos familiares o caseros son otro de los sistemas de producción agroecológica practicados

en Guerrero dentro del enfoque de la agroforestería (Figura 3). Al igual que el *tlacolol*, se ha destacado que los huertos familiares son sistemas tradicionales cuya práctica obedece a un contexto de arraigo cultural y de herencia social campesina que valora la identidad cultural con el entorno natural como una estrategia de vida familiar del medio rural (González et al., 2018; García-Flores et al., 2016).

Un estudio realizado por Jiménez-Alpizar et al. (2021) reportan que en los huertos de la región de La Montaña es común encontrar plantas silvestres y cultivadas, mayoritariamente para fines alimenticios (frutales y hortalizas), medicinales y ornamentales. En su investigación estos autores identificaron 104 especies distribuidas en 42 familias botánicas de las cuales sobresalen la Asteraceae, Lamiaceae, Rutaceae, Solanaceae y Lauraceae por concentrar un número mayor de taxones. Los resultados del estudio de Jiménez-Alpizar et al. (2021) comprueban la gran diversidad de plantas útiles en los huertos. Lo mismo sucede en comunidades rurales de la región Centro del estado en donde las principales categorías de uso de los huertos son por orden de importancia: ornamental, comestible y medicinal. En este último caso sobresale que 67 % de las especies vegetales utilizadas son silvestres (González et al., 2018).



Figura 3. Huerto casero en la comunidad de La Bajada, en el municipio de Coyuca de Catalán, Guerrero.



Figura 4. Milpa establecida en un área ribereña en la cuenca media del río Balsas en la comunidad de La Bajada, en el municipio de Coyuca de Catalán, Guerrero.



Figura 5. Esquemas agroforestales con árboles dispersos en potreros o terrenos de cultivo y cercos vivos en potreros o agostaderos en municipios con vocación ganadera de la región Tierra Caliente, Guerrero.

Asimismo, se tiene evidencia documental de la implementación de huertos en las regiones de Costa Chica y Tierra Caliente que favorecen el uso de especies frutales nativas (Ballesteros et al., 2011). Los huertos por lo general se establecen en el traspatio de la casa habitación en forma de jardín o patio. Son superficies pequeñas donde las plantas se cultivan en macetas o directamente en la tierra. También en áreas cuyas condiciones agroecológicas lo permiten, se cultiva milpa en parcelas aledañas a áreas ribereñas, arroyos o canales para garantizar humedad en el suelo o la disponibilidad de agua para riego (Figura 4).

Finalmente, otros esquemas agroforestales que comúnmente se encuentra en Guerrero son los árboles dispersos en potreros o terrenos de cultivo, cercos vivos y bancos de proteína en potreros o agostaderos, estos últimos especialmente en municipios con vocación ganadera de la región Tierra Caliente, que además comprenden comunidades circunvecinas de Michoacán y Estado de México (Figura 5). En los sistemas antes referidos se privilegia el uso de especies arbóreo-arbustivas multipropósito, representadas en su mayoría por leguminosas como *Acacia macilenta* Rose, *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd., *E. cyclocarpum*, *Haematoxylum brasiletto* H. Karts., *Havardia acatensis* Britton & Rose, *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) Benth., *P. dulce*, *Leucaena leucocephala* (González et al., 2006). Igualmente, coexisten árboles de taxones con usos tradicionales variados como *C. elaeagnoides*, *Crescentia alata* Kunth, *Ziziphus amole* (Sessé & Moc.) M.C.Johnst., *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Mastichodendron capiri* (A. DC.) Cronquist (Olivares-Pérez et al., 2018; González et al., 2006).

Necesidades y direcciones futuras de investigación

Aunque se admiten los beneficios ambientales y ecológicos que se obtienen de los sistemas agroforestales tanto tradicionales y no tradicionales, a la par de su relevancia para implementar estrategias de restauración (Cervantes et al., 2014), se carece de información que documente cuantitativamente la contribución de

estos sistemas de producción en la recuperación de la funcionalidad de suelos degradados. En un estudio realizado por Cervantes et al. (2014), se reconoce un alto riesgo de degradación del suelo por disturbio ecológico y conflictos agrarios en comunidades indígenas del estado de Guerrero. Para revertir ese problema se establecieron sistemas agroforestales y plantaciones utilizando especies nativas del bosque tropical caducifolio.

Se asume que estos biosistemas han contribuido a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, como la formación de agregados y el contenido de materia orgánica por el desempeño en supervivencia y crecimiento de los árboles debido en parte al involucramiento de los pobladores por mantener las plantaciones o sistemas agroforestales en sus unidades familiares de producción. Y aunque los autores reportan haber hecho una caracterización biofísica del suelo, el enfoque metodológico no confirma un cambio positivo de esas propiedades del suelo, de manera que los autores recomiendan corroborar el impacto de dichas prácticas en la mejora del suelo. Por su parte, Cecon y colaboradores han realizado esfuerzos de investigación experimental en la Montaña de Guerrero en el que han evaluado el efecto de abonos verdes de *Mucuna pruriens* L. DC. en el rendimiento de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en callejones con *Calliandra houstoniana* Standl., para a su vez examinar la calidad de hojarasca de esta especie como abono (Cecon, 2020). Paralelamente, las investigaciones de este equipo de trabajo se han centrado en analizar las asociaciones de leguminosas arbóreas (*Leucaena macrophylla* subsp. *macrophylla* Benth) con cultivos de maíz. Sus resultados muestran el potencial de esta leguminosa para usarse en sistemas agroforestales gracias a su calidad de hojarasca (Cecon, 2020, 2016; Hernández-Muciño et al., 2015).

Sin embargo, pese a que estos enfoques de investigación son relevantes conforme a su planteamiento, no aportan evidencia suficiente de cómo se modifican las propiedades del suelo para indagar si hay cambios en la calidad de este

mediante estas alternativas agroecológicas de producción. Sobre este último aspecto, Kaushal et al. (2021) proponen que es fundamental medir los beneficios que aporta la conservación del suelo a través de prácticas agroforestales, incorporando estos datos en los programas de políticas públicas, de manera que los beneficios lleguen a los actores que implementan estas tecnologías. Para lograr esto, es imperante desarrollar herramientas de monitoreo y evaluación que integren indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo para estudiar la dinámica de su degradación o recuperación (ENASAS, 2022). Lamentablemente, se carece de estudios comprehensivos en esta materia (Santellanez-Arreola, et al., 2025), de modo es esencial que se promueva investigación al respecto. Este vacío de conocimiento no es una situación propia de la entidad, sino también es una condición generalizada en muchas otras regiones de México (ENASAS, 2022).

En Guerrero, los esquemas agroforestales implementados obedecen en mayor medida a una estrategia de fomento a la producción a escala de agricultura o ganadería de subsistencia, utilizando un enfoque de manejo que aprovecha los elementos del paisaje disponibles. Ejemplo de esto, son los

árboles dispersos o en arreglo de cerco vivo localizados en potreros o terrenos de cultivo en Tierra Caliente (**Figura 5**).

Estos sistemas de producción por lo general se inducen mediante prácticas de desmonte en las que se remueve una alta proporción de vegetación arbórea nativa, por lo que podría ser cuestionable el impacto ambiental. Al respecto, Borda-Niño et al. (2017) aportan evidencia científica de cómo estas prácticas alteran el paisaje modificando la estructura, diversidad y composición. Esto reduce la conectividad del paisaje porque se crean fragmentos en los que los bosques remanentes están sometidos a un fuerte efecto borde. Considerando lo anterior, sería relevante entonces definir cuál es la cobertura arbórea mínima necesaria que debería permanecer, ya sea en forma de cerco vivo o árboles dispersos, para mantener la integridad y funcionalidad del suelo a la par que se asegura su productividad. Caso similar sucede en los cultivos de agave mezcalero que están siendo establecidos en las laderas de los cerros de las regiones Norte y Centro del estado (**Figura 6**).



Figura 6. Plantación de agave mezcalero con algunos elementos arbóreos en agroecosistemas de la región Norte de Guerrero.

Actualmente, en la entidad, así como en otras partes de México, se están estableciendo sistemas agroforestales de árboles maderables y frutales (*SAF*) y de milpa intercalada entre árboles frutales (*MIAF*), particularmente a través del programa de fomento social *Sembrando Vida* (Secretaría de Bienestar, 2020). Esto representa una oportunidad para generar evidencia empírica en la que se documenten los estudios de caso y se obtengan resultados cuantitativos acerca de la contribución de las prácticas agroforestales en el mantenimiento de la salud y funcionalidad del suelo, o, de ser el caso, de la recuperación de aquellos en proceso de degradación. Sería importante comparar parcelas con y sin prácticas agroforestales con los enfoques metodológicos y experimentales conducentes para ello. En Guerrero, por sus variadas condiciones agroecológicas y biodiversidad hay un abanico de oportunidades para realizar investigación desde una escala local o de paisaje, donde se evalúe, por ejemplo, el desempeño de especies forestales, sobre todo nativas, así como de cultivos locales para definir los patrones de arreglo, técnicas de cultivo y manejo (tanto agronómico como silvícola), e interacciones entre cultivos, considerando las condiciones del sitio (ambientales y edafológicas). Para lograr lo anterior, es fundamental la participación coordinada entre especialistas de las diferentes disciplinas afines a la materia, así como el involucramiento de técnicos y productores, para crear sinergias que permitan generar mecanismos para crear conocimientos científicos, así como desarrollar avances tecnológicos a la par de estrategias para su transferencia y adopción.

Asimismo, es esencial reconocer la importancia de los conocimientos tradicionales para integrar e implementar adecuadamente las prácticas de manejo en los sistemas agroforestales, más si estos están orientados a conservar y recuperar suelos degradados, por lo que es crucial que sigan promoviéndose los estudios etnoagroforestales, esto en concordancia con lo expresado por Moreno-Calles et al. (2014, 2013) y otros expertos en el tema. De acuerdo con ENASAS (2022), el éxito de los esfuerzos realizados a nivel

local o regional dependerá en gran medida del involucramiento y compromiso de todos los actores involucrados, aunque se reconoce que los que tienen un papel protagónico relevante son los poseedores del recurso suelo.

Finalmente, es fundamental que todos los esfuerzos previamente mencionados se orienten hacia la promoción y consolidación de sistemas agroforestales, asegurando su implementación exitosa sin importar su escala o modalidad. Esto se debe a que cualquier intervención que aumente la cobertura vegetal del suelo puede contribuir significativamente a mitigar los efectos del cambio climático. Según el Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS, 2024), las alteraciones en la cobertura del suelo, tanto a nivel local como regional, inciden en la dinámica terrestre al modificar patrones de temperatura y precipitación, los cuales tienen un impacto directo en las condiciones climáticas globales.

COMENTARIOS FINALES

Es urgente emprender acciones concretas para detener y revertir los procesos de degradación del suelo. Esto se puede lograr mediante la promoción de prácticas productivas sostenibles que compatibilicen la producción agrícola con la conservación de los recursos naturales. En este sentido, la agroforestería se posiciona como una alternativa viable para fortalecer la integridad de los componentes del suelo y garantizar la sostenibilidad de los agroecosistemas. En el estado de Guerrero, esta temática representa una oportunidad significativa para adoptar y promover estrategias de manejo sustentable que contribuyan tanto al bienestar de las comunidades rurales como a la conservación de los ecosistemas.

Resulta prioritario el desarrollo de herramientas de monitoreo y evaluación que integren indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo, con el fin de estudiar con mayor precisión la dinámica de su degradación o

recuperación. Asimismo, los actuales programas gubernamentales pueden servir como plataforma para generar evidencia empírica robusta, mediante estudios de caso que documenten de forma cuantitativa la contribución de las prácticas agroforestales en el mantenimiento de la salud y funcionalidad del suelo, así como en la restauración de áreas degradadas.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento y reconocimiento a todos los productores y ejidatarios que permitieron visitar sus predios y que nos mostraron con orgullo su trabajo en el campo.

REFERENCIAS

- Ballesteros, P., G., Cruz, L. A., Tovar, S., H., Rodríguez, P., L. A., Echeverría, M., Campos, D., L., y Escobar, M., Y. (2011). Las ciruelas (*Spondias purpurea*) Componentes básicos de los huertos familiares en la Tierra Caliente del Balsas, México. *Mesoamericana*, 5(12), 320.
- Borda-Niño, M., Hernández-Muciño, D. and Ceccon, E. (2017). Planning restoration in human-modified landscapes: New insights linking different scales. *Applied Geography*, 83, 118-129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.012>
- Ceccon, E. (2016). La dimensión social de la restauración en bosques tropicales secos: diálogo de saberes con la organización no gubernamental Xuajin Me'Phaa en Guerrero. En: *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. Ceccon, E. y Martínez-Garza, C. Cuernavaca, México: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-Universidad Nacional Autónoma de México/Universidad Autónoma del Estado de Morelos/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 347-368. <https://doi.org/10.22201/crim.9786070294778e.2017>
- Ceccon, E. (2020). Sistemas agroforestales como herramienta de restauración socio-ecológica del paisaje: el caso de la organización indígena Xuajin Me'Phaa de la Montaña, Guerrero, México. En: *Los Sistemas Agroforestales de México: Avances, experiencias, acciones y temas emergentes*. Moreno, C. A. I., Soto, P. M. L., Cariño, O. M. M., Palma, G. J. M., Moctezuma, P. S., Rosales, A. J. J., Montañez, E. P. I., Sosa, F. V. J., Ruenes, M. M. R. y López, M. W. W. (Eds.). Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 225-249. <https://doi.org/10.22201/enesmorelia.9786073040761e.2020>
- Ceccon, E., Sánchez, I. y Powers, J. (2015). Biological potential of four indigenous tree species from seasonally dry tropical forest for soil restoration. *Agroforestry Systems*, 89(3), 455-467. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9782-6>
- Cervantes, G., V., Gama, C., J.E., Roldán, A., I.E., and Hernández, C., G. (2014). Basis for implementing restoration strategies: San Nicolás Zoyatlán social-ecological system (Guerrero, Mexico). *Terra Latinoamericana*, 32(2), 143-159.
- Combe, J., & Budowski, G. (1979). *Clasificación de las técnicas agroforestales; una revisión de literatura*. Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba (Costa Rica), CATIE.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2013). *Línea Base Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación, Informe Final*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/31169/degradacion-tierras-desertificacion2 PARTE I.pdf>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2013). *Sistemas agroforestales maderables en México*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126296/Sistemas_agroforestales_maderables_en_Mexico.pdf
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). (2023). *Índices de marginación 2020*. Consejo Nacional de Población. https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/848423/Indices_Coleccion_280623_entymun-p_ginas-I-153.pdf
- Cotler, H., Corona, J. A., & Galeana-Pizaña, J. M. (2020). Erosión de suelos y carencia alimentaria en México: una primera aproximación. *Investigaciones*

- geográficas *Geográficas*, (101), e59976.
<https://doi.org/10.14350/rig.59976>
- ENASAS (Estrategia Nacional de Suelo para la Agricultura Sostenible). (2022). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (AGRICULTURA).
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/754319/Estrategia_Nacional_de_Suelo_para_la_Agricultura_Sostenible.pdf
- Fahad, S., Chavan, S. B., Chichaghare, A. R., Uthappa, A. R., Kumar, M., Kakade, V., Pradhan, A., Jinger, D., Rawale, G., Yadav, D. K., Kumar, V., Farooq, T. H., Ali, B., Sawant, A. V., Saud, S., Chen, S., and Poczar, P. (2022). Agroforestry systems for soil health improvement and maintenance. *Sustainability*, 14(22), 14877.
<https://doi.org/10.3390/su142214877>
- Figuerola, D., Prado-Pano, B. y Klimek-Alcaraz, O. A. (2024). *Manual para la Evaluación Ciudadana de los Suelos y la Vegetación de Guerrero. Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (PUEIS)*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
<https://doi.org/10.22201/pueis.001b.2024>
- Gageler, R., Bonner, M., Kirchhof, G., Amos, M., Robinson, N., Schmidt, S. and Shoo, L. P. (2014). Early response of soil properties and function to riparian rainforest restoration. *PLoS ONE*, 9(8), e104198.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104198>
- García-Flores, J. C., Gutiérrez-Cedillo, J. G., Balderas-Plata, M. Á. y Araújo-Santana, M. R. (2016). Estrategia de vida en el medio rural del altiplano central mexicano: el huerto familiar. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(4), 621-641.
<https://doi.org/10.22231/asyd.v13i4.498>
- González, G. J. C., Madrigal, S., X., Ayala, B., A., Juárez, C., A. y Gutiérrez, V., E. (2006). Especies arbóreas de uso múltiple para la ganadería en la región de Tierra Caliente del Estado de Michoacán, México. *Livestock Research for Rural Development*, 18(8), P 109.
- González, G., A., González, S., M. V. y Castellanos, S., J. A. (2018). Huerto familiar y la cultura un espacio destinado a las plantas medicinales en Xochipala, Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9 (1), 215-227.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.860>
- González-Rodríguez, H., López-Hernández, J. M., Ramírez-Lozano, R. G., Gómez-Meza, M. V., Cantú-Silva, I., Sarquís-Ramírez, J. I., and Mora-Olivo, A. (2019). Litterfall deposition and nutrient return in pine-oak forests and scrublands in northeastern Mexico. *Madera y Bosques*, 25(3), e2531514.
<https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531514>
- Haase, D.L. and Jacobs, D.F. (2013). Nutrient dynamics of planted forests. *New Forests*, 44, 629–633. <https://doi.org/10.1007/s11056-013-9383-7>
- Hernández-Muciño, D., Sosa-Montes, E., and Ceccon, E. (2015). *Leucaena macrophylla*: An ecosystem services provider? *Agroforestry Systems*, 89(1), 163–174.
<https://doi.org/10.1007/s10457-014-9751-0>
- Ibrahim, M. y Zapata, P. (2012). Producción de madera en sistemas silvopastoriles. En: *Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica*. G. Detlefsen y E. Somarriba (Eds.). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. pp. 112-132
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014), escala 1: 250 000*.
<http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s6gw.html>
- Jiménez-Alpizar, V. P., Melesio-Velázquez, M. y Martínez-Rodríguez, I. (2021). Plantas útiles en huertos familiares tradicionales de Xalpatláhuac, Región Montaña de Guerrero. *Ciencias Sociales y Humanidades*, 8(1), 43–55.
<https://doi.org/10.36829/63CHS.v8i1.1026>
- Kaur, A., Paruchuri, R. G., Nayak, P., Devi, K. B., Upadhyay, L., Kumar, A., Pancholi, R., & Yousuf, M. (2023). The role of agroforestry in soil conservation and sustainable crop production: A comprehensive review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(11), 3089-3095.
<https://doi.org/10.9734/ijec/2023/v13i113478>

- Kaushal, R., Mandal, D., Panwar, P., Rajkumar; Kumar, P., Tomar, J. M. S., Mehta, H. (2021). Soil and Water Conservation Benefits of Agroforestry. In: *Forest Resources Resilience and Conflicts*. P.K. Shit, H.R. Pourghasemi, P.P. Adhikary, G.S Bhunia, V.P. Sati (Eds.). Elsevier: Amsterdam. pp. 259-275. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822931-6.00020-4>
- Koryś, K. A., Latawiec, A. E., Mendes, M. S., Sansevero, J. B. B., Rodrigues, A. F., Iribarrem, A. S., Dib, V., Jakovac, C. C., Allek, A., Pena, I. A. B., Lino, E., and Strassburg, B. B. N. (2021). Early response of soil properties under different restoration strategies in tropical hotspot. *Land*, 10(8), 768. <https://doi.org/10.3390/land10080768>
- Montagnini, F., Cusack, D., Petit, B., and Kanninen, M. (2004). Environmental services of native tree plantations and agroforestry systems in Central America. *Journal of Sustainable Forestry*, 21(1), 51-67. https://doi.org/10.1300/J091v21n01_03
- Moreno-Calles, A. I. Toledo, V. M., y Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375-398.
- Moreno-Calles, A. I., Galicia-Luna, V. J., Casas, A., Toledo, V. M., Vallejo-Ramos, M., Santos-Fita D. y Camou-Guerrero, A. (2014). La etnoagroforestería: el estudio de los sistemas agroforestales tradicionales de México. *Etnobiología*, 12(3), 1-16.
- Mozo, O. A. y Silva, A. M. (2022). Caracterización del aprovechamiento de leña en una comunidad Me'phaa de la Montaña de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(70). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i70.1263>
- Murgueitio, E., Barahona, R., Chará, J. D., Flores, M. X., Mauricio, R. M. and Molina, J. J. (2015). The intensive silvopastoral systems in Latin America sustainable alternative to face climatic change in animal husbandry. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(4), 541-554.
- NALCMS (Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte). (2024). <https://storymaps.arcgis.com/stories/d93f8ca21d6842d7b77350d135417399>
- Olivares-Pérez, J., Rojas-Hernández, S., Quiroz-Cardozo, F., Camacho-Díaz, L.M., Cipriano-Salazar, M., Damián-Valdéz, M.A., Ávila-Morales, B., y Villa-Mancera, A. (2018). Diagnóstico de los usos, la distribución y características dasométricas del árbol cirían (*Crescentia alata* Kunth) en el municipio de Pungarabato, Guerrero, México. *Polibotánica*, (45), 191-204. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.14>
- Ortiz-García, S., Torres-Gómez, M., Benavides, A., Anaya, M., Anglés-Hernández, M., Cerón, A., Cotler, H., Cueto-Wong, J. A., Etchevers, J. D., Fernández-Luqueño, F., Gonzalez-Meraz, J., Guerrero-Peña, A., Meneses, M., Miranda, M., Pérez, M., Pulido, L., Reyes-Sánchez, L. B., Reynoso, V., Saynes... and Guevara, M. (2023). National Soil Strategy for Sustainable Agriculture (ENASAS): A new systemic approach in Mexico. *European Journal of Soil Science*, 74(5), e13395. <https://doi.org/10.1111/ejss.13395>
- Salgado, T. O., Borda, N. M. L., y Cecon, E. (2017). Uso y disponibilidad de leña en la región de La Montaña en el estado de Guerrero y sus implicaciones en la unidad ambiental. *Madera y Bosques*, 23(3), 121-135. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331473>
- Santellanez-Arreola, K., Martínez-Gamiño, M. A., Constante-García, V., Arreola-Ávila, J., García-De la Peña, C., Siller-Rodríguez, Q. K., Trejo-Calzada R. and Nava-Reyna, E. (2025). Beyond soil health: the microbial implications of conservation agriculture. *Diversity*, 17(2), 90. <https://doi.org/10.3390/d17020090>
- Secretaría de Bienestar. (2020). Programa Sembrando Vida. <https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-sembrando-vida>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2003). *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000, Memoria Nacional 2001-2002*. https://www.researchgate.net/publication/307967321_SEMARNAT-CP_2003_Memoria_Nacional_2001-

[2002 Evaluacion de la Degradacion del Suelo causada por el Hombre en la Republica Mexicana escala 1:250000 Memoria Nacional](#)

- Shi, L., Feng, W., Xu, J., and Kuzyakov, Y. (2018). Agroforestry systems: Meta-analysis of soil carbon stocks, sequestration processes, and future potentials. *Land Degradation & Development*, 29(11), 3886-3897. <https://doi.org/10.1002/ldr.3136>
- Silva, A. M., Olgún, C. F. y Cruz, S. J. (2024). Árboles asociados a los cafetales en comunidades de la Montaña de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 15(83), 80-106. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i83.1420>
- Somarriba, E. (2012). Definición de agroforestería. En: *Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica*. Detlefsen y E. Somarriba (Eds.). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. pp. 21-26
- Vogel, H., Bartke, S., Daedlow, K., Helming, K., Kögel-Knabner, I., Lang, B., Rabot, E., Russell, D., Stöbel, B., Weller, U., Wiesmeier, M., and Wollschläger, U. (2018). A systemic approach for modeling soil functions. *SOIL*, 4(1), 83-92. <https://doi.org/10.5194/soil-4-83-2018>
- Xu, S., Eisenhauer, N., Zeng, Z., Mo, X., Ding, Y., Lai, D. Y. F., and Wang, J. (2024). Drivers of soil organic carbon recovery under forest restoration: a global meta-analysis. *Carbon Research*, 3(80). <https://doi.org/10.1007/s44246-024-00165-6>