

CARACTERIZACIÓN E IMPORTANCIA BIOCULTURAL DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA SIERRA DE HUAUTLA, MORELOS, MÉXICO

                                 <img alt="

Actualmente la humanidad enfrenta una crisis socioecológica que se refleja en una inadecuada distribución de alimentos, degradación del suelo, desertificación, contaminación del agua, pérdida de la biodiversidad, reducción de la cobertura vegetal, incremento del uso de agroquímicos en la agricultura, entre otros (Jose 2009, Altieri & Toledo 2011, Dauvergne 2018). Ante este escenario, es necesario desarrollar estrategias y prácticas sostenibles que satisfagan las necesidades humanas sin comprometer la salud de los ecosistemas (Godfray *et al.* 2010). De ahí que, el diseño de estrategias efectivas para la conservación de la biodiversidad y los medios de vida de las personas sea un imperativo. Una de estas estrategias consiste en la implementación de sistemas agroforestales para la satisfacción de múltiples necesidades, los cuales pueden mejorar las relaciones de los seres humanos con la naturaleza (Boege 2008, Jose 2009, Casas *et al.* 2014).

Los sistemas agroforestales (SAF) son formas de manejo de la tierra que integran componentes forestales, agrícolas y culturales e interactúan en la obtención de beneficios ecológicos, socioculturales y económicos para las personas que los promueven (Moreno-Calles *et al.* 2013). Pueden clasificarse en tradicionales y “modernos” (Toledo & Barrera 2008), estos últimos desarrollados a partir del establecimiento de la Agroforestería como respuesta a la agricultura industrial. Por su parte, los Sistemas Agroforestales Tradicionales (SAFT) incluyen a todos aquellos provenientes de una larga historia de manejo de la tierra, desarrollados hace cientos, e incluso miles de años (Krishnamurthy & Ávila 1999). Estos incluyen tanto aquellos de tradición prehispánica, así como a los desarrollados durante la época colonial. Un SAF es considerado tradicional si su diseño, establecimiento, desarrollo y manejo es dirigido por los conocimientos, técnicas, valores e ideoincrancia de los pueblos que lo conciben (Uribe *et al.* 2022). Por lo que, un SAFT usa tecnologías básicas, requiere de pocos insumos, demanda bajas cantidades de energía externa, la producción está fuertemente asociada a las condiciones locales y se destina preferentemente al autoabasto y al comercio local (Atangana *et al.* 2014). Además, un SAFT puede incorporar innovaciones en los elementos y las técnicas, sin que por ello deje de ser considerado tradicional, a condición de no perder sus rasgos fundamentales (Nair 1991, Atangana *et al.* 2014, Uribe *et al.* 2022).

De ahí que, los SAFT sean considerados importantes reservorios bioculturales, debido a la gran diversidad de especies que albergan, tanto silvestres como domesticadas, y constituyen un patrimonio cultural sobre la gestión de los recursos naturales (Moreno-Calles *et al.* 2013). Estos conocimientos se reflejan en diversas estrategias y prácticas agroforestales, que les confieren una alta capacidad de resiliencia y adaptación (Toledo & Barrera 2008, Altieri & Nicholls 2000). Por lo que, los SAFT pueden ayudar en el combate a la pobreza, así como a mitigar las crisis alimentarias, económicas y climáticas (Toledo 2005, Jose 2009, Rendón-Sandoval *et al.* 2020).

En los SAFT se llevan a cabo estrategias de manejo, tanto de los componentes agrícolas como forestales. Se recolectan partes útiles, se toleran, promueven y protegen individuos de la vegetación circundante, los cuales aportan diversos beneficios, ya sea de provisión, así como ecológicos y culturales (Rendón-Sandoval *et al.* 2020). También, se propagan individuos de forma vegetativa o por medio de semilla. Estas estrategias tienen la finalidad de garantizar la disponibilidad de recursos y mantener la diversidad de las parcelas agroforestales.

También, se llevan a cabo diversas prácticas agroforestales con el fin de enriquecer los SAFT, tanto en sus elementos como en su función (Altieri & Nicholls 2000). Ejemplo de esto, es la construcción de terrazas de material vegetal o pétreo, formación de barreras rompevientos, establecimiento de cercos vivos, construcción de franjas contra la erosión, nivelación de terrenos, reciclaje de nutrientes, aplicación de abonos orgánicos, rotación de cultivos, control biológico de plagas, construcción de canales para la conducción del agua, entre otras (Toledo & Barrera 2008, Atangana *et al.* 2014). Estas prácticas están relacionadas con diversos beneficios ecológicos (mitigación del cambio climático, conservación de la biodiversidad, mejora en la calidad del agua, aire y suelos) y sociales (arraiga a las personas al campo, incrementa la seguridad alimentaria, genera ingresos por la venta de excedentes) (Schroth & Sinclair 2003, Alonso 2011, Atangana *et al.* 2014, Chander & Prasad 2017).

A nivel mundial, los SAF tradicionales del trópico húmedo han sido mayormente estudiados (Moreno-Calles *et al.* 2013, 2016), quizás por la asociación con la diversidad biológica que albergan los bosques tropicales. Sin embargo, otros ecosistemas y tipos de vegetación menos visibles, también contribuyen a la conservación, este es el caso de los bosques secos. Particularmente en México los SAFT del Bosque Tropical Caducifolio (BTC) han sido poco

estudiados, tanto en sus componentes como en los beneficios que proveen (Ceccon 2016, 2020, Aguirre-Salcedo & Ceccon 2020, Silva Galicia *et al.* 2020, Rendón-Sandoval *et al.* 2020). En este tipo de vegetación podemos encontrar agrobosques de maguey (*Agave spp.*) y piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.), sistemas de descanso largo (roza, tumba y quema), distintos arreglos y diseños de milpas, terrazas, tlacololes (cultivo de ladera), huertos y sistemas agrosilvopastoriles, los cuales mantienen entre el 70 y el 95 % de los elementos de la vegetación natural circundante (Rosales *et al.* 2014, Burgos-Herrera *et al.* 2016, Torres-García *et al.* 2019, Cruz-León & Cruz-Aguilar 2020, Rendón-Sandoval *et al.* 2020, Tegoma-Coloreano *et al.* 2023).

El estudio de los SAF tradicionales del BTC es relevante, debido a que este tipo de vegetación representa entre el 8 y 14 % de la superficie del territorio nacional (Rzedowski 2006), y es considerado un ecosistema frágil, debido a las grandes presiones y modificaciones antrópicas (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2005). A pesar de esta situación, mantiene un alto porcentaje de endemismos, el cual puede ser del 60 % de las especies de plantas (Trejo & Dirzo 2000, DRY-FLOR *et al.* 2016, Montes-Londoño 2017), por lo que su conservación debe ser considerada una prioridad (Olson *et al.* 2001, Miles *et al.* 2006).

Algunas investigaciones estiman que los SAFT del BTC pueden conservar entre 38 y 88 % de la diversidad vegetal de los bosques circundantes (Moreno-Calles *et al.* 2010, 2012, Vallejo *et al.* 2015, Campos-Salas *et al.* 2016). De ahí que, los SAFT del BTC pueden formar parte de las estrategias de conservación de flora y fauna, debido a que son complejos en su estructura y composición y porque mantienen especies clave para la integridad de este ecosistema (Torres-García *et al.* 2019, Cruz-León & Cruz-Aguilar 2020, Rendón-Sandoval *et al.* 2020, Tegoma-Coloreano *et al.* 2023).

Un área de BTC con gran importancia biocultural en México, es la Reserva de Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), ubicada al sur del estado de Morelos. Es una de las regiones mejor conservadas de bosque seco del país (Cruz-León & Cruz-Aguilar 2020), ya que en ella se distribuyen 916 especies de plantas (31.8 % de las especies registradas en Morelos), de las cuales al menos 640 tienen diferentes usos (Maldonado 1997, CONANP 2005, Cerros-Tlatilpa *et al.* 2020). Además, muchas especies útiles son manejadas por las 31 comunidades campesinas y ganaderas asentadas dentro de la REBIOSH, y forman parte de los elementos forestales o agrícolas de los SAFT de la región. Estos sistemas constituyen el eje mediante el cual se articula la economía regional, ya que proporcionan alimentos, forrajes, combustibles, materiales para construcción, así como áreas para la cría de ganado (CONANP 2005). La mayor parte de las actividades de aprovechamiento en los SAFT de la REBIOSH son para el autoabasto. Sin embargo, un importante número de especies también se manejan con fines comerciales, lo cual realza el valor para las comunidades que los mantienen (Blancas *et al.* 2023).

Aunque a la fecha existen algunos estudios puntuales sobre los SAFT en la REBIOSH (Cortez-Egremy 2016, Yescas-Albaran *et al.* 2016, Cruz-León & Cruz-Aguilar 2020, Valle-Marquina 2020), éstos se concentran mayormente en los sistemas silvopastoriles con enfoques centrados en la producción. Por lo que, dada la gran diversidad biocultural de la región, es deseable contar con un inventario de los SAFT, que documente la diversidad de prácticas y conocimientos involucrados en su diseño, mantenimiento y conservación. Esto posibilitará estimar el número de especies que albergan, su contribución a la conservación de los bosques aledaños, así como los beneficios que proveen a las comunidades.

Por lo anterior, este estudio intenta responder a las siguientes preguntas: 1) ¿cuáles son los SAFT en la REBIOSH?; 2) ¿qué elementos agrícolas y forestales son característicos de cada uno de ellos?; 3) ¿qué beneficios socioecológicos proveen a las comunidades?; y 4) ¿cómo contribuyen a la conservación del BTC en la REBIOSH?

Materiales y métodos

Área de estudio. La REBIOSH se localiza al sur del estado de Morelos, tiene una extensión de 59,030 ha y abarca seis municipios del estado (Amacuzac, Ayala, Jojutla, Puente de Ixtla, Tepalcingo y Tlaquiltenango) (CONANP 2005, [Figura 1](#)). Posee una topografía montañosa, con elevaciones que van desde los 700 hasta los 2,400 m snm (Blancas *et al.* 2023). La región se caracteriza mayormente por tener un clima cálido subhúmedo, una marcada estacionalidad

climática, períodos de sequía de cinco a siete meses (octubre a mayo), un promedio de 906 mm de lluvia al año (junio a septiembre), y una temperatura media anual de 22.5 °C (CONANP 2005). La vegetación dominante es el Bosque Tropical Caducifolio, el cual se caracteriza por un estrato arbóreo de 5 a 10 m de altura. Algunas de las especies dominantes son *Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl., *Bursera aptera* Ramírez, *Bursera longipes* (Rose) Standl., *Bursera morelensis* Ramírez, *Conzattia multiflora* (B.L. Rob.) Standl., *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia* (Rose) P.E. Gibbs & Semir, *Ipomoea murucoides* Roem. & Schult., *Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth., y *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J.F. Macbr. Cuenta con algunas porciones de selva mediana y manchones de bosque de encino en donde las especies dominantes son *Astianthus viminalis* (Kunth) Baill., *Bursera grandifolia* (Schltdl.) Engl., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Euphorbia tanquahuete* Sessé & Moc., *Ficus petiolaris* Kunth, *Guazuma ulmifolia* Lam., *Salix humboldtiana* Willd., y *Sapindus saponaria* L. (Maldonado 1997). Los tipos de suelo dominantes en el área son los feozem háplicos, regosoles éutricos y litosoles, los cuales presentan limitantes para las labores agrícolas (CONANP 2005).

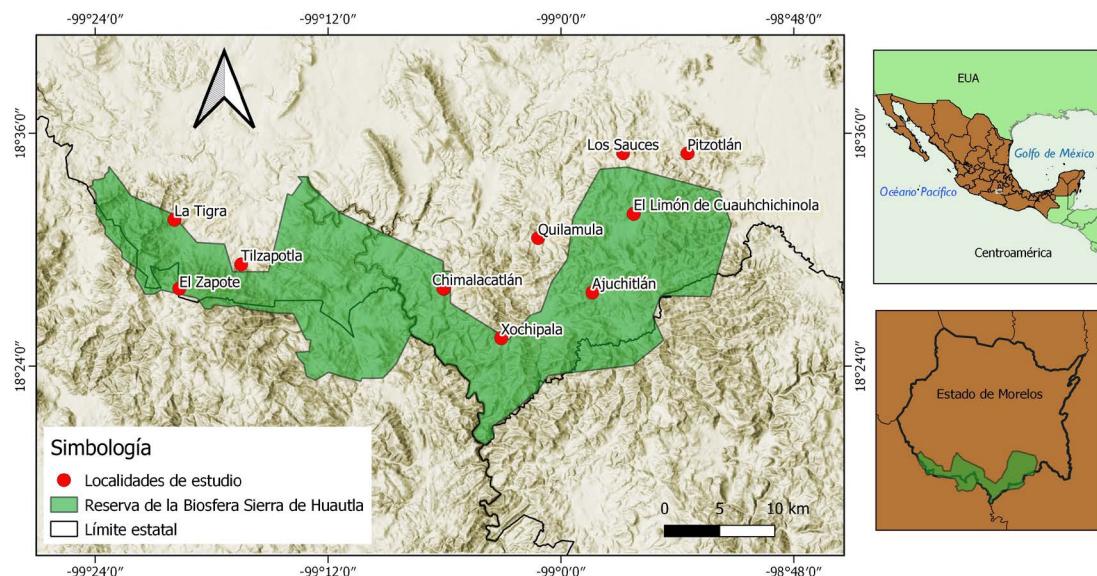


Figura 1. Área de estudio. En color verde se encuentra delimitada la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH) y en color rojo las comunidades donde se han realizado estudios de los SAFT.

Un total de 23,930 habitantes se distribuyen en las 31 comunidades y 27 ejidos inmersos en la REBIOSH (CONANP 2005, INEGI 2021). Estos últimos, desde su fundación en los años treinta del siglo XX, acogieron a campesinos sin tierra provenientes de los estados de Guerrero, Puebla, Estado de México, y de otras regiones de Morelos (Blancas *et al.* 2023). Todas las comunidades están catalogadas con altos niveles de marginación debido a las limitaciones de acceso a los servicios públicos como salud, educación, agua potable, drenaje y caminos (INEGI 2021).

Las principales actividades económicas de los habitantes de la región incluyen la agricultura de temporal, principalmente cultivo de la milpa (maíz, frijol, chile y calabaza; *Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Capsicum annuum* L., *Cucurbita pepo* L., respectivamente); cultivos comerciales como sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), y pitaya (*Stenocereus stellatus* (Pfeiff.) Riccob.); la ganadería de bovinos y caprinos, así como la recolección y venta de productos forestales no maderables como leña, plantas medicinales y resina de copal (*Bursera bipinnata* (DC.) Engl. y *Bursera copallifera* (DC.) Bullock) (Maldonado 1997, Trujillo & López-Medellín 2018).

Consulta y selección de la información. Se hizo una revisión en bases de datos acerca de los SAFT de la REBIOSH. La búsqueda incluyó las bibliotecas digitales de las siguientes instituciones: Benemérita Universidad Autónoma de

Puebla (BUAP), Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Además, se complementó la búsqueda con la revisión de registros en Google Académico. Los términos en español e inglés, fueron: “*Sistemas Agroforestales*”, “*Agroforestería*”, “*REBIOSH*”, “*Milpas*”, “*Terrazas*”, “*Huertos familiares*”, “*Patios*”, “*Tlacolol*”, “*Descanso largo*”, “*Agrosilvopastoril*” y “*Potreros*”. La búsqueda y revisión incluyó tesis, artículos científicos, libros, capítulos de libro y memorias de congresos. Se consideró únicamente los documentos que abarcan el polígono de la REBIOSH. En total fueron seleccionadas 29 fuentes de información, en una ventana temporal de 26 años, de 1997 al 2023 ([Tabla S1](#), Material suplementario). Siempre que fue posible, se registraron a las especies presentes, prácticas agroforestales, beneficios, componentes agrícolas y forestales, así como sus usos.

Recorridos etnobotánicos en parcelas agroforestales. A fin de validar la información recabada en las fuentes documentales, se llevaron a cabo un total de 15 recorridos etnobotánicos (Aguilar 1994, de Medeiros *et al.* 2014), en los cuales se contó con la participación de colaboradores locales de ocho ejidos y comunidades ([Tabla S1](#), Material suplementario) cuyos territorios están inmersos parcial o totalmente en la REBIOSH. Se registraron los componentes vegetales de las parcelas agroforestales, usos, beneficios, arreglo espacial, manejo y prácticas agroforestales. Estas últimas fueron clasificadas de acuerdo al sistema propuesto por Moreno-Calles *et al.* (2012) para regiones semiáridas. También se hizo un registro fotográfico de las plantas presentes, a fin de corroborar la identidad taxonómica con ayuda de los colaboradores locales y del personal adscrito al Herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (HUMO).

Entrevistas semiestructuradas a informantes clave. Se realizaron un total de ocho entrevistas semiestructuradas (Martin 1995) a las autoridades de las comunidades en que se llevó a cabo la investigación ([Tabla 1](#)). Estas entrevistas sirvieron para ahondar en la dinámica de manejo de los sistemas agroforestales, motivaciones para desarrollarlos, así como el grado de incidencia de las instituciones públicas y otros actores en la implementación de los SAF tradicionales de la región.

Tabla 1. Comunidades de estudio dentro de la REBIOSH, con algunas de las actividades económicas principales y los SAFT presentes en cada una de ellas.

Comunidad	SAFT	Principales actividades económicas
Ajuchitlán	Milpas, Potreros	Agricultura de autoabasto, ganadería extensiva
Chimalacatlán	Huertos, Milpas, Potreros, SAF de Burseras (linaloe)	Agricultura de autoabasto y comercial, ganadería, venta de esencia de Linaloe, recolección de leña
El Limón de Cuauhchichinola	Milpas, Huertos, Potreros	Agricultura de autoabasto y comercial, ganadería, recolección de leña
El Zapote	Huertos, Milpas	Agricultura de autoabasto y comercial, recolección y venta de leña
La Tigra	Huertos, Milpas	Agricultura de autoabasto y comercial, ganadería, recolección de productos forestales no maderables
Los Sauces	Huertos, Milpas, Potreros, Pitayeras, SAF de Burseras (copal)	Agricultura de autoabasto y comercial, ganadería, recolección de leña, extracción y venta de resina de copal
Pitzotlán	Milpas, Pitayeras	Agricultura de autoabasto y comercial
Quilamula	Huertos, Milpas	Agricultura de autoabasto y comercial, ganadería
Tilzapotla	Huertos	Comercio local y ganadería
Xochipala	Huertos, Milpas, Potreros, Tlaco- loles	Agricultura de autoabasto y comercial, ganadería

Caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales. Con la información obtenida en los recorridos etnobotánicos, entrevistas semiestructuradas y en las fuentes documentales, y dado que se carecía de información sobre abundancia, densidad y frecuencia de los elementos vegetales, se construyó una base de datos de presencia-ausencia de las distintas especies que conforman los SAFT. Se llevó a cabo un análisis de conglomerados para conocer los patrones de similitud entre sistemas, así como un análisis de coordenadas principales (ACoP) para caracterizar de forma general los SAFT de acuerdo al patrón de ordenamiento que presentan los distintos componentes vegetales, tanto por los elementos que lo conforman, así como por la vocación de uso y beneficios obtenidos de cada uno de éstos. Para el análisis de conglomerados se utilizó una matriz de similitud, la cual fue calculada mediante el coeficiente de Jaccard. A su vez el método de aglomeración se realizó mediante la técnica del ligamiento promedio no ponderado (UPGMA por sus siglas en inglés). El ACoP se realizó a partir de una matriz de similitud, calculada mediante el coeficiente de Jaccard y posteriormente se transformó la matriz resultante mediante la técnica de doble centrado. Ambos análisis se realizaron en el programa NTSyS versión 2.2 (Rohlf 2000).

Resultados

Tipos de Sistemas Agroforestales Tradicionales de la REBIOSH. Se identificaron seis diferentes SAF tradicionales y se mencionan en orden de importancia, de acuerdo al número de especies que manejan: Huertos familiares (localmente denominados *Patios*), Milpas, Sistemas Agrosilvopastoriles (localmente llamados *Potreros*), Pitayeras, Sistema Agroforestal de Burseras y Tlacolol. En estos SAFT están presentes 514 especies de plantas, pertenecientes a 101 familias y 344 géneros ([Tabla S2](#), Material suplementario). El 47.47 % son hierbas, 30.35 % árboles y 15.18 % arbustos. El resto corresponde a otras formas de crecimiento ([Tabla 2](#)). En cuanto al origen, el 57.78 % son nativas, 41.83 % exóticas y el 0.39 % es de origen incierto ([Tabla 3](#)). Se documentaron 20 categorías de uso, de las cuales las plantas ornamentales, medicinales y comestibles incluyen a más del 70 % de las especies. El porcentaje restante se divide en otras 17 categorías ([Tabla 4](#)). Con respecto al manejo, el 25.58 % son cultivadas sin especificar la forma, 22.02 % son toleradas y el 21.09 % son cultivadas por propagación vegetativa. Las restantes categorías de manejo se muestran en la [Tabla 5](#).

A continuación se describen los elementos, función, beneficios, así como prácticas de manejo y agroforestales de los SAF tradicionales de la REBIOSH.

Huertos familiares. En la REBIOSH son conocidos como *Patios* y albergan a 381 especies de plantas, de las cuales 187 especies son nativas y 194 introducidas. Comparten con otros SAFT 62 especies y 319 están presentes solo en este SAF ([Tabla 6](#)). Presentan una composición por estratos, en donde diversas especies de árboles, arbustos y hierbas son seleccionadas y propagadas de acuerdo a las necesidades e idiosincrasia de las familias ([Figura 2](#)). Las especies presentes, se caracterizan por tener usos múltiples, como es el caso del guamúchil (*Pithecellobium dulce* (Robx) Benth.), el cual se usa como alimento, forraje, medicina, material para construcción, para fabricar herramientas y artesanías, sombra y leña.

Los *Patios* se encuentran alrededor de la casa y su extensión es variable, aunque la vegetación dentro de estos puede cubrir 50, 100 o 200 m². Su principal función es la propagación de plantas ornamentales y comestibles, aunque también funcionan como lugares para la obtención de plantas medicinales y como sombra para los animales domésticos. Aunque la producción de plantas comestibles y medicinales es esencialmente de autoabasto, en algunas ocasiones, los excedentes suelen venderse en los mercados locales o regionales. Este es el caso del tamarindo (*Tamarindus indica* L.), el cual se vende localmente a intermediarios, quienes lo transportan y comercializan en el puerto de Acapulco, Guerrero.

Algunas de las especies nativas encontradas con mayor frecuencia fueron las comestibles como el guaje (*Leucaena esculenta* DC.), papaya (*Carica papaya* L.), ciruela (*Spondias purpurea* L.); ornamentales como el palo de rosa (*Tabebuia rosea* (Bertol) DC.), y medicinales como el pegahueso (*Agonandra racemosa* (DC.) Standl.). También están presentes especies exóticas como el mango (*Mangifera indica* L.) y el tamarindo (*Tamarindus indica*). Diversas

Tabla 2. Principales formas de crecimiento de las plantas documentadas en los SAFT de la REBIOSH.

Forma de crecimiento	Nº de especies	Porcentaje
Hierba	244	47.47
Árbol	156	30.35
Arbusto	78	15.18
Roseta	21	4.09
Enredadera	12	2.33
Epífita	3	0.58

Tabla 3. Origen de las plantas presentes en los SAFT de la REBIOSH.

Origen	Nº de especies	Porcentaje
Nativas	297	57.78
Introducidas	215	41.83
Incierto	2	0.39

hierbas comestibles se propagan en este SAF, como es el caso del chile (*Capsicum annuum* L.), melón (*Cucumis melo* L.), calabaza (*Cucurbita argyrosperma* K. Koch); así como otras con uso medicinal como el epazote (*Dysphania ambrosioides* L.), chicalote (*Argemone mexicana* L.), toloache (*Datura stramonium* L.) y el mirto (*Salvia coccinea* Buc'hoz ex EtL).

Los principales beneficios que proveen los *Patios* son la provisión de alimentos; disponibilidad de plantas medicinales para la prevención y tratamiento de enfermedades de nivel primario; la aclimatación de diversas especies, las cuales posteriormente pueden ser introducidas a otros agroecosistemas; proporcionar refugio a los animales domésticos; así como proveer un espacio para el descanso y el esparcimiento de las familias.

Algunas de las prácticas de manejo documentadas fueron la propagación de diversas especies, tanto por semilla como por estructuras vegetativas. Ejemplo de lo anterior es la siembra de semillas de bule (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.) y siembra de estacas de la planta ornamental conocida como Cola de ratón (*Justicia carnea* Lindl.). También, se trasplantan individuos de la vegetación silvestre, algunos de los cuales son removidos en las labores agrícolas, y se les permite crecer en el huerto. Una vez que alcanzan una talla que garantice su supervivencia, son reintegrados a otros SAFT. Este es el caso del copal chino (*Bursera bipinnata* (DC.) Engl.), especie muy apreciada regionalmente por la producción de resina de copal, cuyas plántulas se trasplantan al *Patio* desde las milpas o desde los potreros, a fin de que no sean removidas por la yunta o pisadas por el ganado.

En cuanto a las prácticas agroforestales en los *Patios* de la REBIOSH, se documentaron los cercos vivos, los cuales sirven para delimitar los terrenos o secciones de la vivienda. Es común encontrar cercos elaborados con plátano (*Musa x paradisiaca* L.) e Izote (*Yucca elephantipes* Baker In Regel), así como con arbustos de Jarilla (*Senecio salignus* DC.), Girasol de campo (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray) y nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). A su vez, los árboles dentro del *Patio*, sirven para regular la temperatura de la casa y para dar sombra a los animales que ayudan en las labores agrícolas, así como a gallinas, guajolotes y conejos. Ejemplo de lo anterior es el Tepehuaje (*Lysiloma acapulcense* (Kunth.) Benth.), Pistache (*Simarouba amara* Aubl.) y de diversas especies del género *Ficus*, tanto nativos como introducidos. Otra práctica relevante, sobre todo en los *Patios* con superficies más grandes, es el cultivo a pequeña escala de maíz (*Zea mays* L.), calabaza (*Cucurbita* sp.), chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), así como de hortalizas como jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), cilantro (*Coriandrum sativum* L.), pipitzca (*Porophyllum coloratum* var. *obtusifolium* (DC.) McVaugh) y pápalo (*Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass.).



Figura 2. *Huertos familiares* localmente denominados *Patios* en la REBIOSH, Morelos, México. A) Huerto en la comunidad de Chimalacatlán (Foto: José Blancas); B) Árboles del huerto proporcionando sombra a la casa-habitación en la comunidad de Xochipala (Foto: José Blancas); C) Los huertos son espacios para la obtención de alimentos. Cosecha de papayas en un huerto de la comunidad de Tilzapota (Foto: Amanda Ortiz).

Milpas.- Se contabilizaron 100 especies de plantas, de las cuales 75 son nativas y 25 introducidas. Comparten 70 especies con otros SAF tradicionales y 30 son exclusivas de este SAFT ([Tabla 6](#)). Se basa en el policultivo de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y calabaza (*Cucurbita* sp.), y eventualmente pueden incorporarse otras especies como verdolagas (*Portulaca oleracea* L.), chile (*Capsicum annuum*) y pápalo (*Porophyllum ruderale*). También en algunos casos suelen incluirse franjas de cultivos comerciales como el sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), cebolla (*Allium cepa* L.), ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) y flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.).

Las milpas cuentan con diferentes arreglos espaciales, los cuales se han ido transformado a lo largo del tiempo, en el tamaño y en sus elementos vegetales ([Figura 3](#)). En la REBIOSH, la principal función de las *milpas* es la provisión de alimentos y ocasionalmente los excedentes suelen ser para la venta. De esta forma, el principal beneficio de las milpas es su contribución a la soberanía y a la seguridad alimentaria. Se encuentran en la mayor parte del polígono de la REBIOSH y en ellas se realizan otras actividades para complementar los ingresos de la familia como es libre pastoreo de ganado una vez que se levanta la cosecha, extracción de leña y recolección de productos forestales no maderables.

El manejo de especies arbóreas *in situ* incluye la tolerancia, práctica dirigida a mantener plantas útiles dentro de ambientes antropizados. Este es el caso del bonete (*Jacaratia mexicana* A. DC.), del cual se aprovechan los frutos. También se fomentan algunas especies, que consiste en estrategias para aumentar la densidad de las poblaciones de plantas útiles por medio de la propagación de estructuras vegetativas. Ejemplo de esto, es la reproducción por estacas de Linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina), de cuyos frutos se extrae un aceite esencial que es utilizado en la cosmética. A su vez, se protegen especies valiosas mediante la eliminación de competidores, aplicación de fertilizantes y poda con la intención de salvaguardar plantas silvestres o arvenses consideradas útiles. Este es el caso del Cuatecomate (*Crescentia alata* Kunth), árbol cuyos frutos pueden recolectarse y venderse para elaborar maracas, así como para uso medicinal. Individuos de esta especie suelen protegerse y se mantienen en las orillas de las milpas. También se documentó el trasplante de partes vegetativas o de individuos completos, la cual es

una estrategia dirigida a salvaguardar especies de alto valor, como es el caso del copal ancho (*Bursera copallifera* (DC.) Bullock), del cual se aprovecha la resina de copal. Las especies propagadas en las milpas son usadas mayormente como alimento, forraje, medicina, y como materiales de construcción.

Entre las prácticas agroforestales más comunes en las milpas se pueden registrar los cercos vivos, los cuales se realizan con diferentes especies del género *Bursera*, como es el caso del Cuacitlal (*Bursera aptera* Ramírez), Ticumaca (*Bursera bicolor* (Willd. ex & Schltdl.) Engl.), Cuajioote (*Bursera fagaroides* (Kunth) Engl.) y el Palo mulato (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.). También se mantienen árboles aislados en el interior de la misma, los cuales se utilizan para dar sombra y tomar descansos en las labores agrícolas. Ejemplo de esto es la presencia de árboles de Mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb. Et Bonpl. ex Willd) M.C. Johnst.), Cuayotomate (*Vitex mollis* Kunth) y Zopilote (*Swietenia humilis* Zucc.).

En milpas de mayor extensión se observan islas de vegetación, en las cuales están presentes árboles de Linaloe (*Bursera linanoe*), Palo Brasil (*Haematoxylum brasiletto* H. Karst.), Cuahulote (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.), Mata rata (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex. Walp.) y Palo prieto (*Ehretia tinifolia* L.). Otras prácticas realizadas en las milpas incluyen los tecorrales, el cual consiste en la construcción de muros de rocas apiladas, con la intención de retener el suelo, delimitar y nivelar el terreno de la milpa.

Sistema agrosilvopastoril.- Dentro de éste SAFT se cultivan pastos, tanto nativos como exóticos, se mantiene estacionalmente al ganado vacuno y se practica silvicultura. Están ampliamente distribuidos dentro de la REBIOSH, ya que la región tiene una fuerte tradición ganadera ([Figura 4](#)). Este sistema alberga 81 especies de plantas, de las cuales 73 son nativas y 9 introducidas. Comparten 57 especies con otros SAFT de la REBIOSH y 24 especies son exclusivas de este sistema ([Tabla 6](#)).

Tabla 4. Principales categorías de uso documentadas en las plantas de los SAFT de la REBIOSH.

Categoría de uso	Nº de especies	Porcentaje
Ornamental	281	39.58
Medicinal	132	18.59
Comestible	108	15.21
Ritual	54	7.61
Forraje	32	4.51
Leña	25	3.52
Construcción	21	2.96
Sombra	18	2.54
Poste	13	1.83
Cerco vivo	8	1.13
Artesanal	5	0.70
Enseres domésticos	3	0.42
Control biológico	2	0.28
Utensilios	2	0.28
Cosmético	1	0.14
Fibras	1	0.14
Maderable	1	0.14
Melífera	1	0.14
Saponífero	1	0.14
Veneno	1	0.14

Tabla 5. Categorías de manejo en las plantas de los SAFT de la REBIOSH. La clasificación se hizo con base en la propuesta de Blancas *et al.* (2013).

Tipo de manejo	Nº de especies	Porcentaje
Cultivada	165	25.58
Tolerada	142	22.02
Cultivada por propagación vegetativa	136	21.09
Recolektada	81	12.56
Cultivada por semilla	54	8.37
Promovida	44	6.82
Protegida	10	1.55
Fomentada	9	1.40
Transplante de individuos	4	0.62

Las especies que conforman los potreros pueden ser pastos del género *Panicum* y *Setaria*, algunos arbustos como la Cubata prieta (*Acacia cochliacantha* Humb. & Bonpl. ex Willd.) y el Grangel (*Randia echinocarpa* DC.). También pueden encontrarse árboles de gran tamaño como la Parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), la Panicua (*Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng.) y el Nanche de perro (*Bunchosia canescens* (Aiton) DC.); así como otros de tallas pequeñas como el Chompantle (*Erythrina americana* Mill.), Cuatecomate (*Crescentia alata*), Copal chino (*Bursera bipinnata*), Guamúchil (*Pithecellobium dulce*) y la Quina amarilla (*Hintonia latiflora* (DC.) Bullock).

El principal fin de este SAFT es la producción de pasto para alimentar el ganado, el cual se mantiene en estas áreas de forma permanente o estacional. Entre los principales beneficios se puede considerar que son espacios para la seguridad de la familia, que ante una eventualidad, el ganado es un respaldo económico, ya que puede ser vendido para hacer frente a cualquier necesidad. En menor medida, también son espacios de provisión, principalmente para la recolección de leña, plantas medicinales y otros productos forestales no maderables.

Las principales prácticas de manejo documentadas son la tolerancia de diversas especies de árboles, como por ejemplo el Cuahulote (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y el Tepehuaje (*Lysiloma acapulcense*), los cuales tienen diversos usos, pero principalmente se aprovechan como forraje. Otras especies de árboles también son toleradas, principalmente por la sombra, como en el caso del Zopilote (*Swietenia humilis* Zucc.) y el Amate blanco (*Ficus obtusifolia* Kunth). También se promueven algunas especies de pastos como el Zacate polole (*Panicum hirticaule* J. Presl) y Zacate de loma (*Panicum virgatum* L.), para que se alimente el ganado. A su vez, se cultivan algunos pastos, sobre todo exóticos, a fin de asegurar la provisión de alimentos a las vacas durante todo el año. Este es el caso del Pasto marandú (*Panicum brizanthum* Hochs. ex A. Rich) y el Zacate sedoso (*Setaria geniculata* P. Beauv.).

En cuanto a las prácticas agroforestales, en los *Potreros* se documentaron los cercos vivos conformados con árboles de Cuajíote (*Bursera fagaroides* (Kunth) Engl.), Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg) y Tecolhuixtle (*Mimosa benthamii* J.F. Macbr.). También se observaron árboles aislados dentro de los *Potreros*, principalmente para dar sombra al ganado. En este caso es usual encontrar Cazahuate blanco (*Ipomoea arborescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don), Quebracho (*Lonchocarpus rugosus* Benth.) y Parota (*Enterolobium cyclocarpum*). A su vez, se plantan barreras rompeviento, a fin de proteger los cultivos, disminuir la pérdida del suelo y proporcionar sombra al ganado. Algunas de las especies usadas en esta práctica son el Cuajíote (*Guazuma ulmifolia*), Cubata prieta (*Acacia cochliacantha*), Guaje blanco (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit), Guaspelón (*Leucaena macrophylla* Benth.) y Guaje colorado (*Leucaena esculenta* (DC.) Benth.).

Pitayeras. - Este SAFT alberga 76 especies, de las cuales 69 son nativas y 7 introducidas. Comparten 52 especies con otros SAFT de la zona y 24 son exclusivas de este sistema ([Tabla 6](#)). Es un SAFT cuyo cultivo principal es un cactus columnar conocido localmente como pitaya (*Stenocereus stellatus* Pfeiff. Riccob.), a menudo acompañado de una

gran diversidad de árboles y arbustos del BTC, como la cubata prieta (*Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth.), guayacán (*Conzattia multiflora* (B.L. Rob.) Standl.), tlahuitol (*Lysiloma divaricatum*), cazahuate blanco (*Ipomoea intrapilosa*), huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.), entre otros ([Figura 5](#)). También, en las parcelas de pitaya pueden sembrarse pastos para alimentar el ganado, como es el caso del pasto marandú (*Panicum brizanthum*) y el pasto rosado (*Rhynchospora repens*). En estos sistemas las cactáceas columnares son los elementos forestales o leñosos de parcelas sembradas con otros cultivos. En este caso algunos individuos se pueden colocar a la orilla o intercaladas entre la milpa o en cultivos de sorgo (*Sorghum bicolor*).

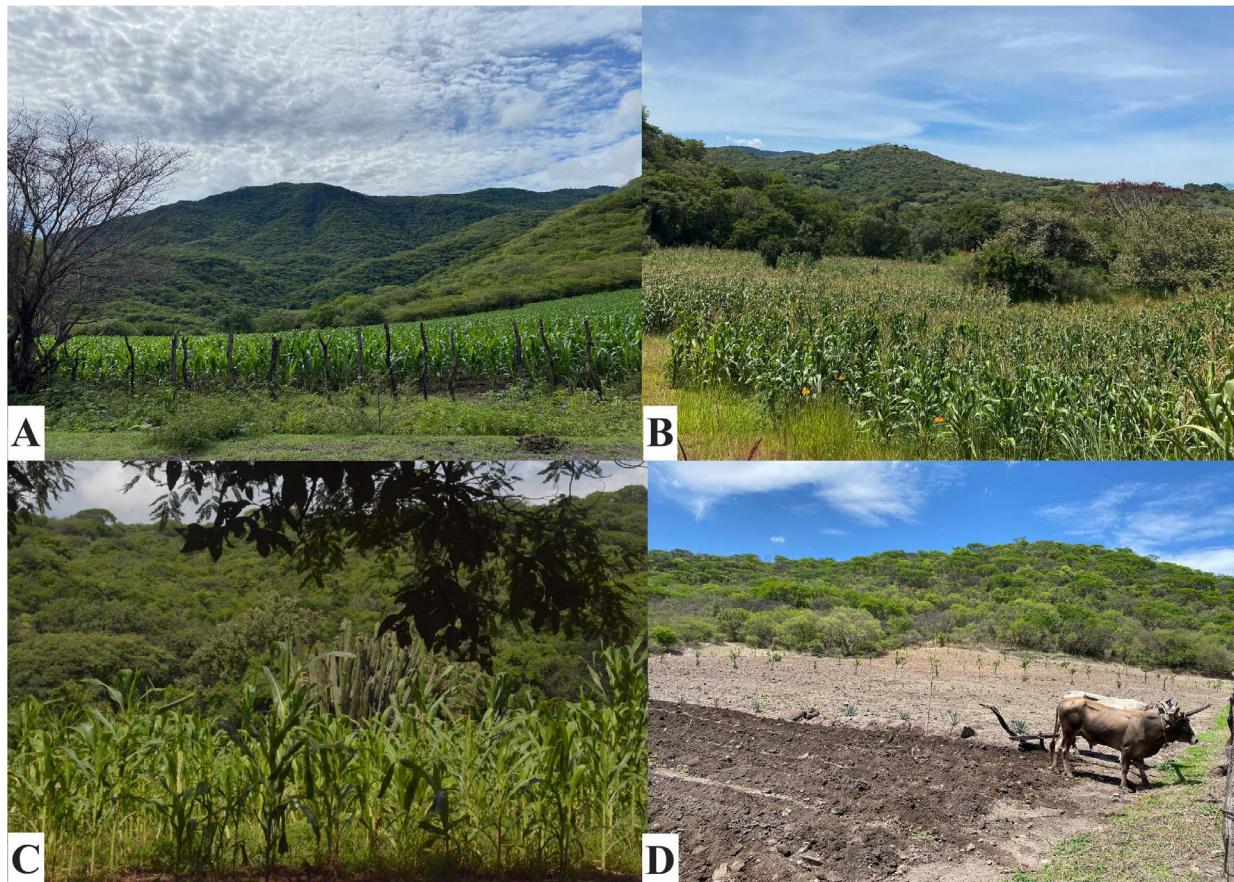


Figura 3. *Milpas* de la REBIOSH. A) Cultivo de maíz en milpa de la comunidad de Xochipala; B) Milpa con diversos elementos arbóreos en la comunidad de Los Sauces; C) Milpa con pitayas en la comunidad de Los Sauces; D) Preparación del terreno para la simebra de maíz en una milpa de la comunidad de Xochipala. (Fotos: Fabiola Mena-Jiménez).

Este SAFT proporciona diversos beneficios, el más importante es que contribuye a la economía familiar, ya que los frutos son comercializados a nivel local o regional. También, proporciona forraje para el ganado y contribuye a la diversificación en el uso de las parcelas, debido a que los espacios de cultivo son optimizados con diversas especies comestibles y forrajeras. Además, ayuda a restaurar áreas degradadas y con pocos nutrientes, debido a que las Pitayas no requieren de cuidados especiales, salvo el desramado y la limpieza alrededor de la parcela. También, al ser una planta con pocos requerimientos hídricos, contribuye a la seguridad alimentaria y económica, ya que su cultivo es de temporal, y a diferencia de los cultivos básicos, la sequía no impacta considerablemente en el rendimiento.

Entre las prácticas de manejo en este SAFT se documentó el trasplante de partes vegetativas, ya que las pitayas poseen una gran capacidad de propagarse de esta forma. Es común que las personas de pueblos vecinos compartan

ramas de esta cactácea, con el fin de sembrarlas en sus parcelas. A su vez, los pastos que acompañan el cultivo de las pitayas pueden ser tolerados, como en el caso del Pasto rosado (*Rhynchoselytrum repens*); promovidos, como la Grama de conejo (*Oplismenus burmanni*); o cultivados por semilla como es el caso del Pasto marandú (*Panicum brizanthum*).

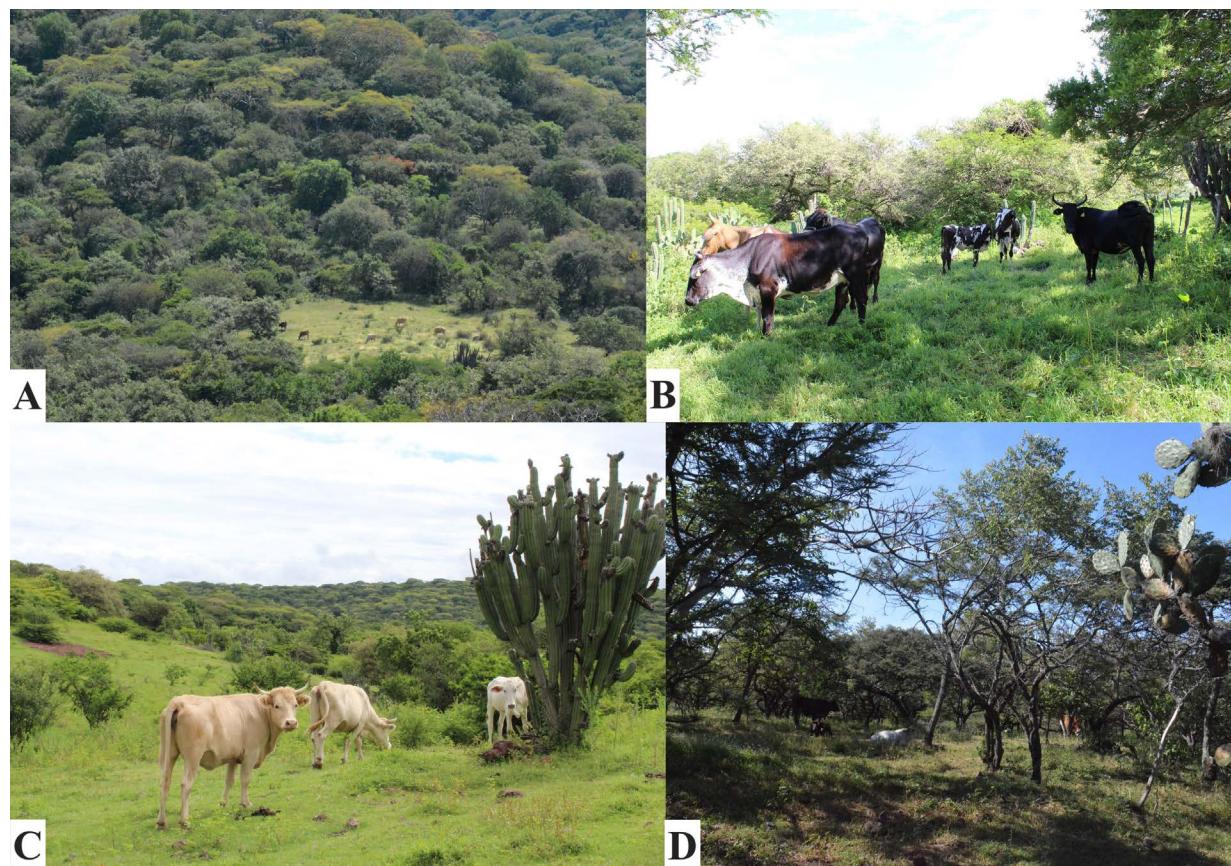


Figura 4. Sistemas agrosilvopastoriles inmersos en la REBIOSH. A) Aspecto de los Potreros en la comunidad de Los Sauces (Foto: Alexis Rivero Romeo); B) El ganado permanece encerrado durante la época de lluvias (Foto: Itzel Abad Fitz); C) Ganado pastando libremente previo a las labores agrícolas (Foto: Itzel Abad Fitz); D) Aspecto de un potrero con diversas especies de árboles (Foto: Fabiola Mena-Jiménez).

Sistema agroforestal de Burseras.- Se encontró que un total de 50 especies conforman este SAFT, de las cuales 49 son nativas y sólo una es introducida. Comparten 49 especies con otros SAFT y una es exclusiva ([Tabla 6](#)). En la parte noreste de la REBIOSH, en la comunidad de Los Sauces, este sistema se caracteriza por la presencia dominante de árboles de copal, tanto de copal chino (*Bursera bipinnata* (DC.) Engl.), como de copal ancho (*Bursera copallifera* (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock). En esta zona se concentran las personas que extraen la resina de copal y estas dos especies son las que se usan con este fin. Hacia el sureste de la REBIOSH, específicamente en la comunidad de Chimalacatlán, el SAFT de Burseras se compone predominantemente de árboles de Linaloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina), de cuyos frutos se extrae una esencia aromática, la cual se comercializa regional e internacionalmente.

En este SAFT, las Burseras son el elemento forestal y pueden combinarse con cultivos de maíz (*Zea mays*) o sorgo (*Sorghum bicolor*). El arreglo espacial de las parcelas destina las orillas a los copales y al linaloe, formando un lindero entre los distintos predios ([Figura 6](#)). También, los árboles pueden estar inmersos dentro de la milpa o del cultivo de sorgo, pero esto no es común, ya que las personas refieren que limita el espacio del cultivo. Copales y linaloe suelen estar asociados a otras especies del género *Bursera* como el Cuacitlal (*Bursera aptera*), Ticumaca (*Bursera bicolor*), Cuacitlal rojo (*Bursera schlechtendalii* Engl.); así como a otras especies nativas como el maguey mezcalero (*Agave*

angustifolia Haw.), Cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.), Ciruelo (*Spondias purpurea* L.), Cuatecomate (*Crescentia alata*), Huizache (*Acacia farnesiana*), Palo Brasil (*Haematoxylum brasiletto*), Tepehuaje (*Lysiloma acapulcense*), Encino blanco (*Quercus glaucooides* M. Martens & Galeotti), entre otras.

El SAFT de Burseras cumple múltiples funciones, todas ellas cruciales para el bienestar de las familias que los trabajan y conservan. Las principales son la producción de alimentos en la milpa, la siembra de cultivos comerciales (sorgo), así como la extracción de resina de copal y colecta de frutos de linaloe para la obtención del aceite esencial. Particularmente estas dos actividades representan factores de identidad, lo cual le otorga a este SAFT la función de mantenimiento de la cultura local.

Los copales (*Bursera bipinnata* y *Bursera copallifera*) y el linaloe (*Bursera linanoe*), cuentan con diversas prácticas de manejo. Son tolerados en las parcelas, ya que son elementos valiosos, por lo que se les permite crecer, sobre todo en las orillas de las parcelas. También se les protege, por lo que es usual encontrar plántulas y arbolitos con piedras alrededor, ya que las personas refieren que de esta forma se evita que el ganado las pise. Otras veces se les protege mediante la construcción de barreras de piedra, a fin de evitar el deslave en terrenos escarpados. Además, se podan los árboles que crecen en los alrededores de los copales y linaloe, con el propósito de proveerlos de mayor luz. En algunas ocasiones se les quitan las ramas muertas o aquellas afectadas por las plagas, ya que éstas puede afectar la producción de copal. Al mismo tiempo, se propagan por medio de estacas en la orilla de las parcelas, y recientemente son cultivados por medio de semilla en viveros locales del programa del gobierno federal “Sembrando Vida”. Además, se pueden trasplantar individuos completos, principalmente aquellos que nacen en los terrenos en descanso, a otras parcelas o a los huertos.

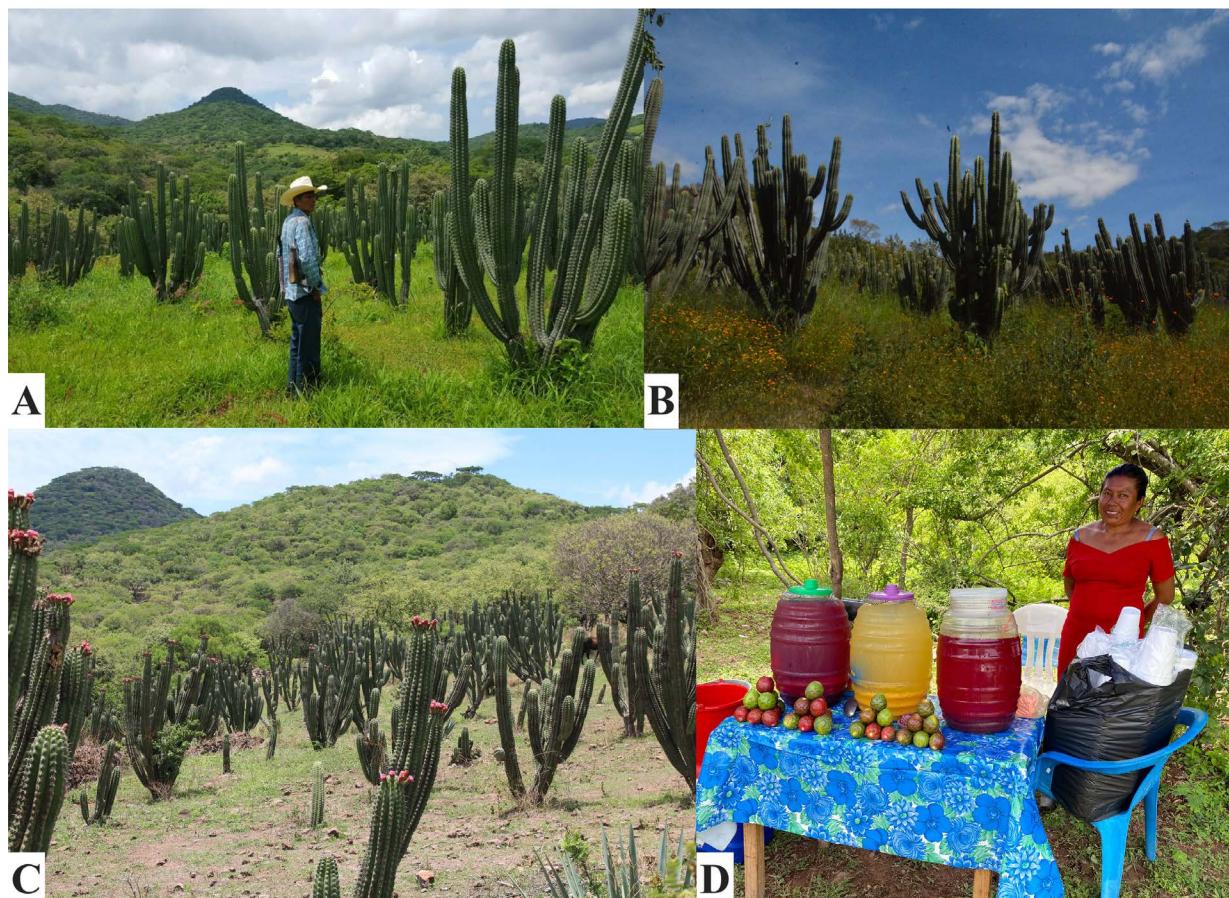


Figura 5. Aspecto general del cultivo y promoción de las Pitayeras en la REBIOSH. A) Pitayeras en la comunidad de Los Sauces; B) Pitayeras como elemento agrícola en la comunidad de Pitzotlán; C) Plantas de pitaya en floración; D) Venta de agua de pitaya en el marco de la Feria de la Pitaya 2022 en la comunidad de Pitzotlán. (Fotos: Fabiola Mena-Jiménez).

Las prácticas agroforestales más comunes en este SAFT consisten en la formación de cercos vivos hechos con copales y linaloes, sobre todo para la delimitación de la parcelas. En los potreros, junto con otros árboles de pequeño tamaño, pueden ser parte de islas de vegetación. También es usual observar copales o linaloes como árboles aislados dentro de milpas y otras parcelas.

Tlacolol.- Se encontraron 25 especies de plantas, de las cuales 20 son nativas y 5 introducidas. Comparten 22 especies con otros SAFT de la REBIOSH y 3 exclusivas ([Tabla 6](#)). El *Tlacolol* es un tipo de *milpa*, que se realiza en laderas y terrenos escarpados, con pendientes de 25 a 45 grados. Además, se presentan períodos de descanso largo, ya que existe alternancia entre la época de siembra y barbecho. Dentro de la REBIOSH, los *tlacololes* aún se observan en la localidad de Xochipala, municipio de Tlaquiltenango, Morelos ([Figura 7](#)).

Tabla 6. Número de especies de cada SAFT de la REBIOSH, así como porcentajes de especies compartidas y exclusivas en cada agroecosistema.

Sistema Agroforestal Tradicional	Nº especies totales	Porcentaje	Nº de especies exclusivas	Porcentaje de especies exclusivas	Nº de especies compartidas	Porcentaje de especies compartidas
Huertos	381	74.12	319	83.73	62	16.27
Milpas	100	19.46	30	30.00	70	70.00
Pitayeras	76	14.79	24	31.58	52	68.42
Sistema Agrosilvo-pastoril	81	15.76	24	29.63	57	70.37
SAF de Burseras	50	9.73	1	2.00	49	98.00
Tlacolol	25	4.86	3	12.00	22	88.00

El cultivo principal es el maíz (*Zea mays*), y también puede acompañarse de frijol (*Phaseolus vulgaris*), cacahuate (*Arachis hypogaea* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.), chile (*Capsicum annuum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), tomate (*Physalis ixocarpa* Brox. ex Hornem), jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), amaranto (*Amaranthus* sp.) y pápalo (*Porophyllum ruderale* (Jacq.). En el *Tlacolol* también hay elementos forestales como el Cuatecomate (*Crescentia alata*), bonete (*Jacaratia mexicana*), zopilote (*Swietenia humilis*), órgano (*Pachycereus grandis*), entre otros.

La principal función de este SAFT es la provisión de alimentos y el beneficio más importante es que permite aumentar la superficie de cultivo, ya que en la REBIOSH la tierra cultivable es limitada. La práctica de manejo más importante registrada fue la tolerancia de árboles, principalmente para sombra, como en el caso de la Parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y del Zopilote (*Swietenia humilis*); y también para la obtención de frutos, como es el caso del bonete (*Jacaratia mexicana*).

Entre las prácticas agroforestales documentadas, destacan las terrazas hechas a base de piedra, las cuales sirven para retener el suelo y evitar la erosión. También se hacen hileras de vegetación con magueyes (*Agave angustifolia*) y con árboles como el ciruelo (*Spondias purpurea*). En algunos casos también se realizan cercos vivos para delimitar la parcela, en los cuales se pueden encontrar árboles como Tepehuaje (*Lysiloma acapulcense*), Tlahuitol (*Lysiloma divaricatum*) y Guayacán (*Conzattia multiflora*).

A pesar de estos beneficios, el *Tlacolol* es un sistema susceptible de perderse, debido a la erosión del conocimiento tradicional, principalmente por la migración de la población joven y también por fluctuaciones en la disponibilidad de agua. Este es quizás el SAFT que está mayormente amenazado en la REBIOSH, ya que sólo pudo registrarse en la comunidad de Xochipala, municipio de Tlaquiltenango.

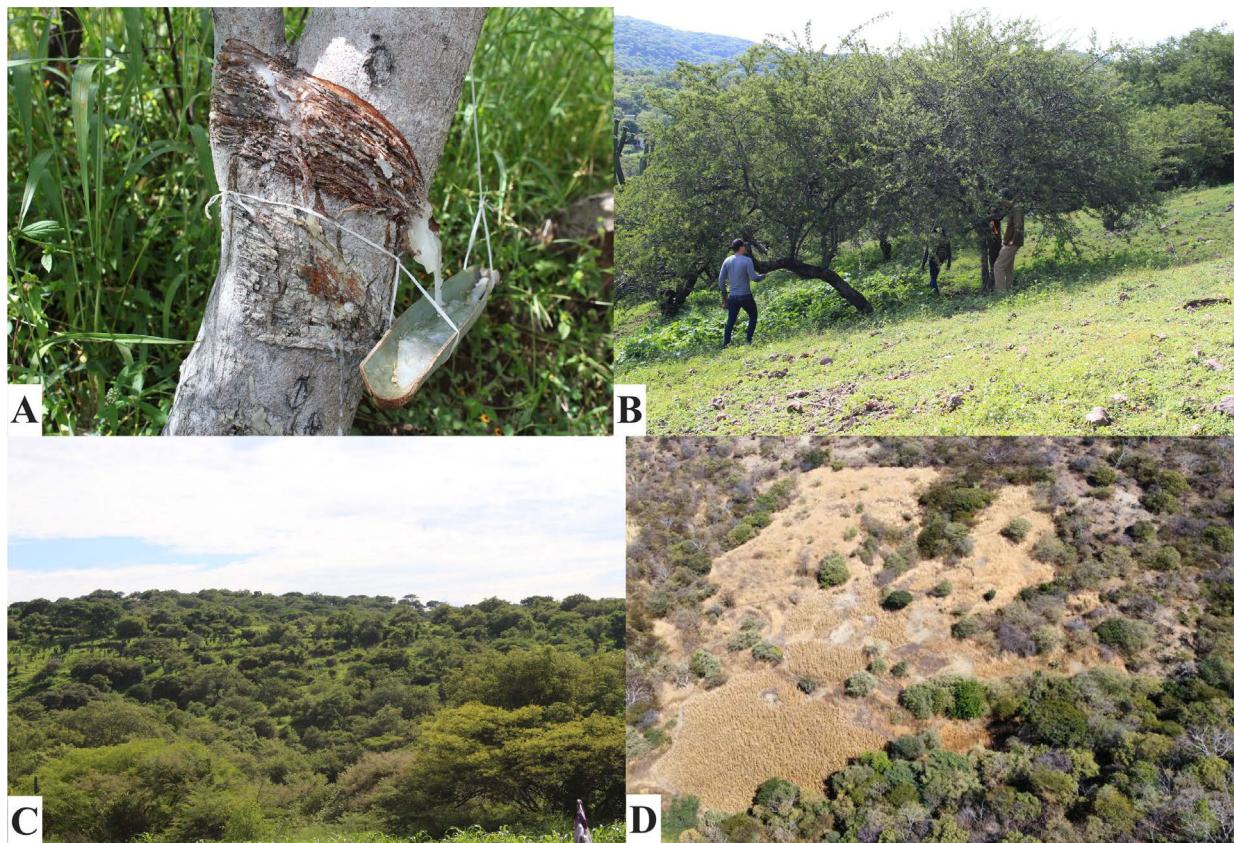


Figura 6. SAF de Burseras en donde se extrae resina de copal y esencia de linaloe. A) Picado de árboles de copal chino (*Bursera bipinnata*) en la comunidad de Los Sauces (Foto: José Blancas); B) Promoción y protección de árboles de copal en la comunidad de Los Sauces (Foto: Itzel Abad Fitz); Aspecto de la densidad y arreglo espacial de árboles de copal en la comunidad de Los Sauces (Foto: José Blancas); D) Toma aérea de una milpa en donde se distribuyen árboles de copal en las orillas y dentro de la parcela (Foto: Alexis Rivero Romero).

Patrones de similitud. De acuerdo con el análisis de conglomerados, los SAFT se agrupan principalmente por el número total de especies presentes en cada uno de ellos y también por las especies que comparten. De esta forma, en la [Figura 8](#), se puede distinguir un grupo con tres SAFT (Pitayeras, SAF de Burseras y SAP) y otros tres SAFT aislados. Al parecer el tipo de agrupamiento que se observa obedece más al número de especies totales que posee cada SAFT. De esta forma, los huertos familiares es el SAFT que alberga la mayor cantidad de especies y no comparte muchos elementos con los otros. En el caso de las *milpas*, es el segundo SAFT con mayor número de especies. El grupo de Pitayeras, SAF de Burseras y SAP tienen más especies que los Tlacoletes, pero menos que las Milpas y los Huertos. De esta forma, los Huertos y los Tlacoletes constituyen los extremos en esta clasificación, debido a que son los que tienen la mayor y menor cantidad de especies registradas, respectivamente.

Patrones de ordenamiento. El análisis de coordenadas principales explica el 47.16 % de la varianza del modelo, en donde la primera coordenada principal explica el 25.04 % y la segunda el 22.11 %. De acuerdo con la [Figura 9](#), la primera coordenada principal (CP1) separa a los huertos del resto de SAFT, agrupa a Milpas y Tlacoletes, y concentra a las Pitayeras, SAP y SAF de Burseras en un mismo grupo. A su vez, la segunda coordenada principal (CP2) separa a Milpas y Tlacoletes del resto de los SAFT. De acuerdo con la matriz de eigen vectores ([Tabla S3](#), Material suplementario), las especies que permiten separar a los huertos del resto de los SAFT son fundamentalmente plantas ornamentales, comestibles y medicinales, mismas que no se encuentran en los otros SAFT. El ordenamiento en un mismo grupo entre Milpas y Tlacoletes, se explica porque ambos son tipos de Milpa, y por lo tanto, comparten muchos elementos agrícolas.

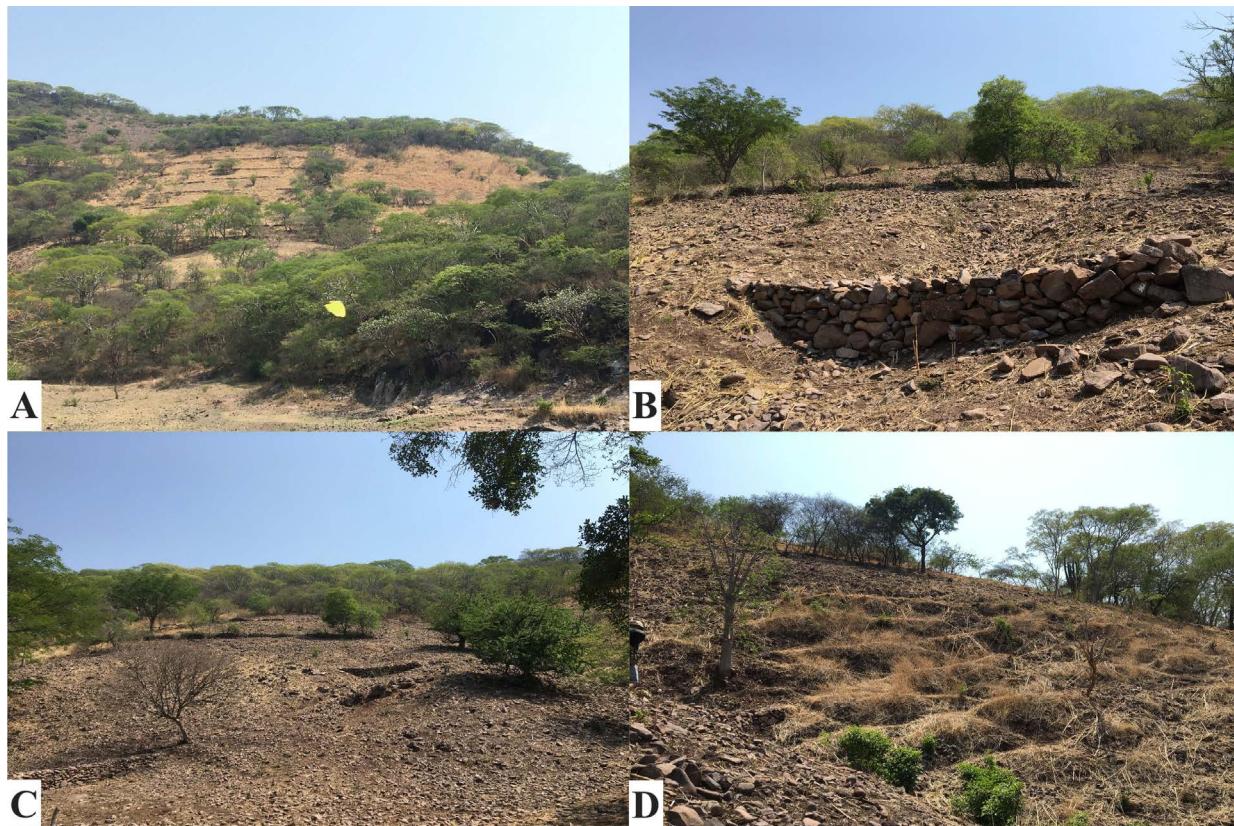


Figura 7. *Tlacoletes* en la comunidad de Xochipala, del municipio de Tlaquiltenango, Morelos, México. A) Tlacolol en descanso en donde se toleran y promueven diversas especies de árboles; B) Terrazas de piedra para estabilizar el terreno y evitar la erosión; C) Aspecto de las franjas contra la erosión elaboradas con materiales pétreos, arbustos y árboles; D) Actividades de barbecho en un Tlacolol. (Fotos A, B y C: José Blancas; D: Fabiola Mena-Jiménez).

A su vez, las Pitayeras, SAP y SAF de Burseras forman un tercer grupo debido a que comparten una gran cantidad de especies de árboles, los cuales tienen usos similares, como cercos vivos, leña, sombra, construcción, etc.

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, en la REBIOSH se presenta una diversidad importante de SAFT, los cuales son una combinación entre sistemas ampliamente conocidos, como el caso de los huertos, milpas y potreros; otros escasamente documentados, como son los tlacoletes y las Pitayeras; así como otros desconocidos, y hasta el momento no descritos, pero sí mencionados en algunos trabajos de la región, como es el caso del SAF de Burseras (Mena-Jiménez 2018, Abad-Fitz *et al.* 2020).

De esta forma, los SAFT de la REBIOSH albergan una diversidad importante de plantas vasculares, ya que de las 514 especies registradas en esta investigación, 297 son nativas de la región. Lo anterior significa que en estos sistemas se encuentra representado el 31.62 % de la flora total de la REBIOSH, la cual se estima en 939 especies (CONANP 2005). Este dato por sí mismo es relevante, ya que se ha hecho énfasis en la capacidad de conservación de los SAFT (Casas *et al.* 2014, Vallejo-Ramos *et al.* 2016), aunque son escasos los estudios que permitan avalar esta afirmación, ya que las investigaciones sobre SAFT se han concentrado en los bosques tropicales lluviosos del país.

La capacidad de conservación de la flora nativa que albergan los SAFT a nivel global se estima en un 32 % (Bhagwat *et al.* 2008). Nuestros resultados están en consonancia con esta valoración, aunque la capacidad de conservación puede variar dependiendo de las particularidades del SAFT y del tipo de vegetación en que se desarrolle.

Específicamente algunas investigaciones revelan que los SAFT de zonas áridas y semiáridas poseen entre el 59 y el 88 % de flora nativa entre sus elementos (Moreno-Calles *et al.* 2010, Campos-Salas *et al.* 2016, Vallejo-Ramos *et al.* 2016, Rendón-Sandoval *et al.* 2020, Vázquez-Delfín *et al.* 2022). En este sentido, nuestros resultados apuntan en la misma dirección, ya que salvo los Huertos familiares, todos los sistemas estudiados albergan entre el 75 y el 98 % de flora nativa ([Tabla 7](#)).

Los Huertos, al ser espacios de experimentación, aclimatación y producción de plantas, sobre todo de ornato, medicinales y comestibles, son mayormente permeables a la introducción de plantas exóticas (Peroni *et al.* 2016). Sin embargo, en las últimas décadas la proporción de especies exóticas en los Huertos está creciendo, debido a un fenómeno de jardinización de estos espacios. Es decir, se ha modificado su función como espacios de producción, y ahora mayormente se propagan plantas ornamentales. Esto puede estar relacionado con cambios en los patrones culturales, en el fraccionamiento del Huerto, o con modificaciones en las actividades económicas de los propietarios (Villalpando-Toledo 2020, Tegoma-Coloreano *et al.* 2023).

También, el aporte de los SAFT a la conservación de la flora nativa del BTC es variable dependiendo de las prácticas y estrategias de manejo (Rendón-Sandoval *et al.* 2020). Generalmente los Huertos son los espacios donde el recambio de especies es más dinámico, además la abundancia y frecuencia de árboles es menor. Por el contrario, en los otros SAFT, el componente arbóreo resulta fundamental para poder cumplir con las funciones establecidas, de tal forma que la tolerancia, promoción, protección y trasplante de individuos se piensa como una estrategia de largo plazo, en las que cada elemento abona a la dinámica del manejo, desde la apertura hasta la senescencia (Bandeira *et al.* 2005).

Tabla 7. Número de especies de cada SAFT de la REBIOSH, así como porcentajes de especies compartidas y exclusivas en cada agroecosistema.

Sistema Agroforestal Tradicional	Nativas	Introducidas	Porcentaje de especies nativas
SAF-Burseras	49	1	98
Pitayeras	69	7	90.79
SAP	73	9	89.02
Tlacolol	20	5	80
Milpas	75	25	75
Huertos	187	194	49.08

Por otra parte, asumimos que las 297 especies nativas presentes en los SAFT de la REBIOSH reflejan parcialmente el aporte de estos sistemas a la conservación del BTC. Desde nuestra perspectiva este número puede estar subestimado, ya que la presente investigación abarca un tercio de las 31 localidades inmersas en la REBIOSH. Investigaciones futuras podrán hacer un detallado inventario de cada sistema, en las cuales puede estimarse, no sólo la presencia de las especies, también la abundancia y la frecuencia de los individuos. En este sentido, pensamos que de llevarse a cabo estas aproximaciones, seguramente el número de especies presentes podrá estimarse de forma más certera. Sin embargo, para los propósitos de este estudio, pensamos que es una aproximación que puede tomarse como un punto de partida para el diseño de una estrategia de investigación en el tema de los SAFT a nivel regional para los próximos años.

En cuanto a los usos de las especies de plantas presentes en los SAFT, los resultados obtenidos coinciden con los patrones de uso de la flora de México (Caballero *et al.* 2023), en donde las plantas medicinales, ornamentales, comestibles, forrajeras, combustible y para la construcción, constituyen las categorías más importantes. La preeminencia de las plantas ornamentales en este estudio, se debe a que los Huertos han sido ampliamente documentados, y por lo tanto abonan a que esta categoría sobresalga por encima de las demás (Ortiz-Sánchez *et al.* 2015). Aunado a lo anterior, en este agroecosistema, las plantas cumplen una función estética, y socialmente es reconocido el hecho de

poseer plantas que adornen y den colorido a este espacio de interacción familiar (Tegoma-Coloreano *et al.* 2023). Sin embargo, es notable el hecho de que la categoría Ritual esté presente entre las cuatro más importantes. Esta categoría generalmente ocupa un lugar menor en los inventarios de flora útil de país (Caballero *et al.* 2023), por lo que su preponderancia en esta investigación puede estar relacionada con la existencia a nivel regional de dos grandes centros de acopio de plantas usadas con este propósito, como son los casos de los Tianguis de Tepalcingo y Axochiapan, cuya importancia como centros de distribución y venta de plantas se remonta a tiempos precolombinos (Argueta 2016, Beltrán-Rodríguez *et al.* 2017).

La complementariedad de los SAFT de la REBIOSH. De acuerdo con nuestros resultados, los Huertos familiares son los que aportan la mayor cantidad de especies útiles, sin embargo, están lejos de constituir el SAFT más importante, ya sea por los aportes en términos de seguridad alimentaria o para la obtención de recursos económicos. Estas dos esferas son cruciales para el mantenimiento de las comunidades de la REBIOSH, por lo que otros SAFT cubren estas necesidades. Por ejemplo, las Milpas son los espacios para la seguridad alimentaria, ya que en éstas se satisfacen las necesidades alimentarias de las familias campesinas para la mayor parte del año, los excedentes pueden ser vendidos, a la vez que se conserva la agrobiodiversidad (Boege 2008). Ejemplo de lo anterior se expresa en el registro de 11 variedades de maíz en tan sólo dos comunidades de la REBIOSH (Morales-Tapia & Guzmán-Gómez 2015).

También, las milpas son diseñadas de acuerdo a la cultura local y a las necesidades de los propios campesinos, lo cual hace de este SAFT un espacio para la soberanía alimentaria (Boege 2008, Estrella-Canché 2022), la autonomía comunitaria (Bartra 2009) y la versatilidad. De ahí que algunos diseños y arreglos de milpas, además del policultivo maíz-frijol-calabaza, privilegien a otras especies acompañantes, como las arvenses comestibles (quelites) y otras a los árboles que producen frutos comestibles (guayabas, pitayas, guajes, nanches, etc.).

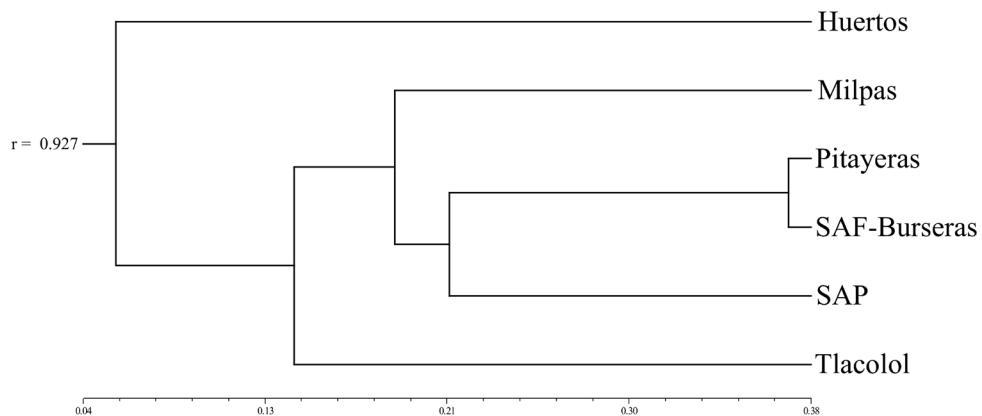


Figura 8. Fenograma en donde se muestra la formación de cuatro grupos de acuerdo al número total de especies que contiene cada SAFT.

En este sentido, el Tlacolol forma parte de las particularidades, tanto en diseño como de elementos de la milpa tradicional. De ahí que, este SAFT sea considerado un tipo de milpa *sui generis*, ya que es un cultivo en ladera, que aprovecha el desnivel para conducir el agua, y a menudo requiere la construcción de terrazas de piedra y de materiales vegetales para aumentar la superficie de cultivo (Hernández-Tapia & Cruz-Sánchez 2015). Todas estas labores implican una demanda importante de mano de obra, por lo que en la actualidad el Tlacolol en la REBIOSH está en proceso de desaparición. La migración que se vive en el campo, y particularmente en la REBIOSH, está dejando a una población campesina envejecida, que posee muchos conocimientos sobre el manejo de la tierra, pero con pocos brazos para llevar a cabo la intensa labor agrícola (Arjona-García *et al.* 2021, Blancas *et al.* 2023). Además, este SAFT otrora importante en Morelos, Guerrero y Michoacán, sobrevive y se mantiene en la REBIOSH, como parte

de una labor didáctica que llevan a cabo académicos de la Universidad Autónoma Chapingo (Morales-Tapia & Guzmán-Gómez 2015).

A pesar de esta situación, otros SAFT son vigentes y coadyuvan en la estrategia de complementariedad, como es el caso de los SAP y el SAF de Burseras. El SAP es quizás el segundo SAFT más importante en la REBIOSH, debido a cuestiones históricas y culturales, pero también en términos económicos y ecológicos. La REBIOSH por antonomasia es una región ganadera, que aunque posee pocas cabezas de ganado en comparación con otras regiones del país, forma parte de la estrategia de diversificación productiva (Cruz-Aguilar *et al.* 2019). Además, el SAP constituye una fuente de ingresos por la renta de áreas de pastura para hatos provenientes de los vecinos estados de Guerrero y Puebla (Trujillo-Santiesteban 2009, Burgos-Herrera *et al.* 2016).

Sin embargo, el SAP también tiene importantes impactos ecológicos a nivel regional, ya que en muchos casos la actividad ganadera es responsable de la compactación del terreno y de la depredación de plántulas y de pequeños árboles. Esto a largo plazo puede impedir el reclutamiento y el establecimiento de individuos de diversas especies, con lo que se afecta la dinámica de regeneración del BTC (López-Rosas 2019). Sin embargo, las comunidades también han tomado acciones con el fin de aminorar estos efectos, y es común que en gran parte de la REBIOSH haya áreas cercadas con alambre de púas o con cercos vivos, a fin de regular e impedir el paso del ganado a determinados sitios.

El SAP también actúa como medio para aminorar la incertidumbre, ya que forma parte de una estrategia de acumulación, en donde el ganado constituye una suerte de seguro contra cualquier eventualidad, ya sea médica, económica o de compromisos sociales. Esta estrategia es muy socorrida en diversas regiones de México, ya que la tenencia de ganado asegura la capacidad para el pago de medicinas y médicos ante alguna enfermedad, así como un medio para solventar la compra de alimentos y forrajes, en caso de una mala cosecha (Blancas *et al.* 2013).

Por otra parte, el SAFT de Burseras también forma parte de esta estrategia diversificadora, pero se centra en el aprovechamiento de especies que constituyen productos forestales no maderables, es decir, aquellos recursos biológicos del bosque y de sitios antropizados, más allá de la madera y los cultivos (Shackleton *et al.* 2011). En particular, los árboles se mantienen en parcelas de distinta naturaleza (milpas, potreros, cultivos comerciales), con el propósito de extraer la resina de copal o la esencia de linaloe (Hersch & Glass 2006, Mena-Jiménez 2018, Abad-Fitz 2019).

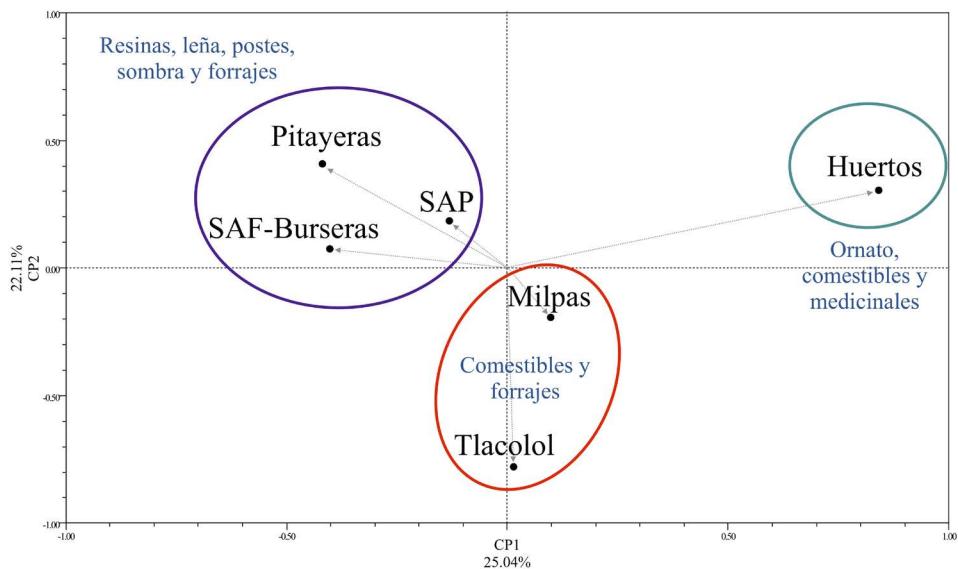


Figura 9. Ordenamiento espacial de los SAFT de la REBIOSH como resultado del Análisis de Coordenadas Principales. Los SAFT se ordenan por el número de especies que comparten y por las que son exclusivas, así como por la vocación de cada sistema.

El SAFT de Burseras constituye una fuente de ingresos muy importante, ya que puede representar hasta el 80 % de los ingresos que tienen las familias a lo largo del año y por lo tanto se erige como un fuerte apoyo para la economía campesina (Mena Jiménez 2018). A su vez, en el SAFT de Burseras donde se produce aceite esencial de linaloe, no está claro el porcentaje que aporta a la economía familiar, sin embargo, es una actividad vigente, cuyo destino de la producción son los talleres artesanales en Olinalá, Guerrero y como producto cosmético para el extranjero (Hersch & Glass 2006, Hersch 2009). Estudios posteriores podrán revelar cuánto representa esta actividad para la economía de las comunidades y familias que lo aprovechan.

También, el manejo de copales y linaloe, tiene impactos positivos en el BTC, ya que promueve la conectividad de las parcelas en que se manejan con el bosque, lo cual redunda en la conservación de aves que se alimentan de los frutos, así como de insectos que visitan y polinizan las flores (Mena-Jiménez 2018). Además, fomentan una mayor densidad de árboles cosechables en las parcelas agroforestales, lo cual contrasta con el bajo número de individuos de estas especies en las poblaciones silvestres (Maldonado 2013).

En cuanto a las Pitayeras, este es un SAFT con una larga historia de manejo en la región sureste de Morelos, principalmente desarrollado en la REBIOSH por influencia de las comunidades mixtecas de los estados vecinos de Puebla y Guerrero (López-Carmona *et al.* 2022). Sin embargo, en las dos últimas décadas ha sido visibilizado e impulsado desde las instituciones estatales, así como por el sector académico de la Universidad Autónoma Chapingo (Hernández-Cruz 2005). También forma parte de las actividades para estimular la economía regional, ya que desde el 2015 se instauró la Feria de la Pitaya en la comunidad de Pitzotlán, del municipio de Tepalcigo, Morelos. Como resultado de todo esto, las Pitayeras se han extendido dentro de la REBIOSH, como una forma de diversificación de los SAFT (López-Carmona *et al.* 2022).

Sin embargo, existen limitantes para la adopción de este SAFT por un mayor número de comunidades de la REBIOSH. Primeramente, la comercialización de los frutos depende de intermediarios, por lo que los dueños de las Pitayeras requieren asegurar la cosecha con antelación. Este es un punto crucial para que cualquier producto forestal no maderable tenga viabilidad y contribuya al bienestar de las comunidades (Marshall *et al.* 2007). Un segundo problema se refiere a las oscilaciones en el clima, las cuales provocan fluctuaciones en el patrón de lluvias, y a menudo se traduce en años con buena producción de frutos y otros en donde se producen muy pocos. Lo anterior, restringe la posibilidades de inversión, tanto en tiempo, dinero y fuerza de trabajo, por parte de las comunidades, ya que se percibe como una actividad con riesgos y obliga a la cautela antes que destinar tierra y recursos (Halstead & O'Shea 2004).

Por lo anterior, los SAFT documentados en la REBIOSH forman parte de una estrategia campesina y ganadera de uso múltiple de la tierra, los recursos y la fuerza de trabajo (Toledo *et al.* 2003). Esta estrategia considera tres grandes grupos de SAFT ([Figura 9](#)), en donde los huertos se manejan en las unidades familiares y proveen preferentemente plantas de ornato, medicinales y comestibles; las milpas y tlacololes se practican en las parcelas y se cultivan plantas comestibles y forrajes, y finalmente los SAP, los SAF de Burseras y las Pitayeras, pueden constituir distintas formas de agrobosques (Moreno-Calles *et al.* 2013, Fisher-Ortíz *et al.* 2020), en donde se aprovechan distintos productos forestales no maderables, como frutos, resinas, cortezas medicinales y leña.

Actualmente los SAFT de la REBIOSH se encuentran bajo presión por el uso intensivo de las tierras de cultivo, descansos cortos que disminuyen la fertilidad de los suelos, poca disponibilidad de agua, ganado de libre pastoreo, así como altas tasas de marginación que provocan la migración de la población joven (Hernández-Tapia & Cruz-Sánchez 2015, Chávez-Segura 2016, Cruz-Aguilar *et al.* 2019). Si bien algunos programas sociales pueden mitigar los efectos de estas problemáticas, es claro que muchos de estos SAFT están amenazados por la pérdida de los conocimientos asociados al manejo (Arjona-García *et al.* 2021), lo cual puede traducirse en la adopción de tecnologías y formas de producción que resulten perniciosas para la diversidad biocultural (Altieri & Toledo 2011).

Por todo lo anterior, la permanencia a largo plazo de los SAFT de la REBIOSH, requiere que las comunidades sean consultadas y formen parte de las distintas fases (diseño, evaluación y seguimiento) de los programas que buscan el impulso y adopción de éstos a nivel regional. Además, desde las políticas públicas deberán reconocerse los aportes de las comunidades a la conservación de la diversidad biocultural de la REBIOSH. Por lo que, se espera

que la presente investigación contribuya a visibilizar la importancia de estos sistemas y sirva para profundizar en su estudio, sobre todo de aquellos que han sido hasta ahora escasamente documentados.

Material suplementario

El material suplementario de este artículo puede ser descargado aquí: <https://doi.org/10.17129/botsci.3348>

Agradecimientos

A las comunidades de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla por compartir sus conocimientos; a las autoridades ejidales y de otros niveles de gobierno por las facilidades para realizar la presente investigación.

Literatura citada

- Abad-Fitz I. 2019. *Manejo de los copales y consecuencias fisiológicas de la selección humana en poblaciones de Bursera bipinnata (DC.) Engl., en el sureste de Morelos, México*. MSc Thesis. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Abad-Fitz I, Maldonado-Almanza B, Aguilar-Dorantes K M, Sánchez-Méndez L, Gómez-Caudillo L, Casas A, Blancas J, García-Rodríguez Y M, Beltrán-Rodríguez L, Sierra-Huelsz J A, Cristians S, Moreno-Calles A I, Torres-García I, Espinosa-García F J. 2020. Consequences of traditional management in the production and quality of copal resin (*Bursera bipinnata* (Moc. & Sessé ex DC.) Engl.) in Mexico. *Forests* **11**: 2-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/f11090991>
- Aguilar A, Camacho J, Chino S, Jácquez P, López M. 1994. *Plantas Medicinales del Herbario IMSS. Cuadros básicos por aparatos y sistemas del cuerpo humano*. DF, México: Instituto Mexicano del Seguro Social. ISBN: 968-824-710-3
- Aguirre-Salcedo C, Ceccón E. 2020. Socio ecological benefits of a community based restoration of traditional home gardens in Guerrero, Mexico. *Etnobiología* **18**: 3-23.
- Alonso J. 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* **45**: 107-115.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2000. *Agroecología. Teoría y Práctica para una agricultura sustentable*. DF, México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. ISBN: 968-7913-04-X
- Altieri MA, Toledo VM. 2011. The agroecological revolution in Latin America: Rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies* **38**: 587-612. DOI: <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- Argueta A. 2016. El estudio etnoecológico de los tianguis y mercados de México. *Etnobiología* **14**: 38-46.
- Arjona-García C, Blancas J, Beltrán-Rodríguez L, López-Binqueist C, Colín-Bahena H, Moreno-Calles AI, Sierra-Huelsz JA, López-Medellín X. 2021. How does urbanization affect perceptions and traditional knowledge of medicinal plants? *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **17**, 48. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00473-w>
- Atangana A, Khasa D, Chang S, Degrande A. 2014. Definitions and classification of Agroforestry Systems. In: Atangana A, Khasa D, Chang S, Degrande A. *Tropical Agroforestry*. Dordrecht: Springer. pp. 35-47. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7723-1_3
- DRYFLOR, Banda-R K, Delgado-Salinas A, Dexter KG, Linares-Palomino R, Oliveira-Filho A, Prado D, Pullan M, Quintana C, Riina R, Rodríguez GM, Weintritt J, Acevedo-Rodríguez P, Adarve J, Álvarez E, Aranguren A, Arteaga JC, Aymard G, Castaño A, Ceballos-Mago N, Cogollo A, Cuadros H, Delgado F, Devia W, Dueñas H, Fajardo L, Fernández A, Fernández MA, Franklin J, Freid EH, Galetti LA, Gonto R, González-M R, Graveson R, Helmer EH, Idárraga A, López R, Marcano-Vega H, Martínez OG, Maturo HM, McDonald M, McLaren K,

- Melo O, Mijares F, Mogni V, Molina D, del Pilar N, Nassar JM, Neves DM, Oakley LJ, Oatham M, Olvera-Luna AR, Pezzini FF, Reyes OJ, Ríos ME, Rivera O, Rodríguez N, Rojas A, Särkinen T, Sánchez R, Smith M, Vargas C, Villanueva B, Pennington RT. 2016. Plant diversity patterns in neotropical dry forest and their conservation implications. *Science* **353**: 1383-1388. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaf5080>
- Bandeira F, Martorell C, Meave JA, Caballero J. 2005. The role of rustic coffee plantations in the conservation of wild tree diversity in the Chinantec region of Mexico. *Biodiversity and Conservation* **14**: 1225-1240. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-7843-2>
- Bartra A. 2009. Hacer milpa. *Ciencias* **92**: 42-45. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/issue/view/1213> (accessed April 20, 2023).
- Beltrán-Rodríguez L, Manzo-Ramos F, Maldonado-Almanza B, Martínez-Balleste A, Blancas J. 2017. Wild medicinal species traded in the Balsas Basin, Mexico: risk analysis and recommendations for their conservation. *Journal of Ethnobiology* **37**: 743-764. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-37.4.743>
- Blancas J, Casas A, Pérez-Salicerup D, Caballero J, Vega E. 2013. Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in Náhuatl communities of the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **9**, 39. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-39>
- Blancas J, Tegoma-Coloreano A, Abad-Fitz I, Beltrán-Rodríguez L, Maldonado-Almanza B, Villalpando-Toledo MI, Mena F, Alemán A, Ortiz-Sánchez A. 2023. Ethnobotanical knowledge and the patterns of plant use and management in the Sierra de Huautla Biosphere Reserve and the Chichinautzin Biological Corridor in Morelos, Mexico. In: Casas A, Blancas Vázquez JJ (eds). *Ethnobotany of the Mountain Regions of Mexico*. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_18-1
- 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*. DF, México: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas- Instituto Nacional de Antropología e Historia. ISBN: 978-968-03-0385-4
- Bhagwat SA, Willis KJ, Birks HJ, Wittaker RJ. 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution* **23**: 261-267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- Burgos-Herrera B, Cruz-León A, Uribe-Gómez M, Lara-Bueno A, Maldonado-Torres R. 2016. Valor cultural de especies arbóreas en sistemas agroforestales de la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* **16**: 3277-3286. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i16.396>
- Caballero J, Cortés L, Mapes C, Blancas J, Rangel-Landa S, Torres-García I, Farfán-Heredia B, Martínez-Balleste A, Casas A. 2023. Ethnobotanical Knowledge in Mexico: Use, management, and other interactions between people and plants. In: Casas A, Blancas-Vázquez JJ. eds. *Ethnobotany of the Mountain Regions of Mexico*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77089-5_2-1
- Campos-Salas N, Casas A, Moreno-Calles AI, Vallejo M. 2016. Plant management in agroforestry systems of rosetophyllous forests in the Tehuacán Valley, Mexico. *Economic Botany*, **70**: 254-269. <https://doi.org/10.1007/s12231-016-9352-0>
- Casas A, Camou A, Otero-Ariza A, Rangel-Landa S, Cruse-Sanders J, Solís L, Torres I, Delgado A, Moreno-Calles A, Vallejo M, Guillén S, Blancas J, Parra F, Farfán-Heredia B, Aguirre-Dugua X, Arellanes Y y Pérez-Negrón E. 2014. Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el valle de Tehuacán. *Investigación Ambiental* **6**: 23-44.
- Ceccon E. 2016. La dimensión social de la restauración en bosques tropicales secos: diálogo de saberes con la organización no gubernamental Xuajun Me'Phaa en Guerrero. In: Ceccon E, Martínez-Garza C. coord. *Experiencias Mexicanas en la Restauración de los Ecosistemas*. Cuernavaca, México: Universidad Nacional Autónoma de México-Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias; Universidad Autónoma del Estado de Morelos; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. pp. 347-369. ISBN: 978-607-8434-76-3
- Ceccon E. 2020. Productive restoration as a tool for socioecological landscape conservation: The case of “La Montaña” in Guerrero, Mexico. In: Baldauf C. ed. *Participatory Biodiversity Conservation - Concepts, Experiences and Perspectives*. Cham: Springer. pp.113-128. ISBN: 978-3-030-41685-0

- Cerros-Tlatilpa R, Galván-González LG, Urzúa-Vázquez E, Flores-Morales A. 2020. Angiospermas. In: *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol. I.* Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. pp. 433-449. ISBN: 978-607-8570-40-9
- Chander DJ, Prasad TV. 2017. *Agroforestry. Anecdotal to Modern Science*. Singapore: Springer. ISBN: 978-981-10-7649-7
- Chávez-Segura PG. 2016. *Etnoagronomía del Tlacolole: epistemología, diálogo de saberes y kualtsin chicahualistle en la región centro-montaña de Guerrero*. MSc Thesis. Universidad Autónoma de Chapingo.
- CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas]. 2005. *Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla*. DF, México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. ISBN: 968-817-744-X
- Cortez-Egremy JG, Uribe-Gómez M, Cruz-León A, Lara-Bueno A, Romo-Lozano JL. 2016. Árboles nativos para el diseño de tecnologías silvopastoriles en la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* **16**: 3371-3380. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i16.402>
- Cruz-Aguilar R, Cruz-León A, Ramírez-Valverde B, Uribe-Gómez M, Fernández-Rebollo P, Cuevas-Reyes V. 2019. Caracterización de unidades de producción campesina de la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* **22**: 723-733. DOI: <https://doi.org/10.56369/taes.2951>
- Cruz-León A, Cruz-Aguilar R. 2020. De la selva baja al sistema silvopastoril tradicional en la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* **11**: 1943-1955. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2749>
- Dauvergne P. 2018. The Coming Crisis of Planetary Instability. In: Hay C, Hunt T. eds. *The Coming Crisis*. Cham: Palgrave Macmillan. pp. 53-60. ISBN: 978-3-319-63813-3
- de Medeiros PM, de Almeida ALS, de Lucena RFP, Souto FJB, Albuquerque UP. 2014. Use of Visual stimuli in ethnobiological research. In: Albuquerque U, Cruz da Cunha L, de Lucena R, Alves R. eds. *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Springer Protocols Handbooks. New York: Humana Press. pp. 87-98. ISBN: 978-1-4614-8635-0
- Estrella Canche G. 2022. La milpa maya y su contribución a la soberanía alimentaria. *Diversidad*, **22**:103-109.
- Fisher-Ortíz RA, Moreno-Calles AI, Rosales-Adame JJ, Rivero-Romero DA, Alvarado-Ramos LF. 2020. Agrobosques mexicanos. In: Moreno-Calles AI, Soto-Pinto ML, Cariño-Olvera MM, Palma-García JM, Moctezuma S, Rosales-Adame JJ; Montañez-Escalante PI, Sosa-Fernández VJ, Ruenes-Morales MR, López-Martínez W. coord. *Los Sistemas Agroforestales de México: Avances, Experiencias, Acciones y Temas Emergentes*. Red Temática de Sistemas Agroforestales de México-Universidad Autónoma Nacional de México. Ciudad de México. ISBN: 978-607-30-4076-1
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Sherman R, Thomas SM, Toulmin C. 2010. Food security: The Challenge of feeding 9 billion people. *Science* **327**: 812-818. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Halstead P, O'Shea J. eds. 2004. *Bad year economics: cultural responses to risk and uncertainty*. Suffolk: The Ipswich Book Company. ISBN: 0-521-611-92-X
- Hernández-Tapia A, Cruz-Sánchez P. 2015. *El tlacolol, sistema de producción tradicional de milpa, en Xochipala, Tlaquiltenango, Morelos, México*. Argentina, La Plata: V Congreso Latinoamericano de Agroecología. <https://core.ac.uk/download/pdf/296390707.pdf> (accessed April 14, 2023). ISBN 978-950-34-1265-7
- Hernández-Cruz E. 2005. Proyecto de establecimiento de plantaciones de pitaya (*Stenocereus stellatus*) en la comunidad de Pitzotlán, municipio de Tepalcingo, Morelos. BSc Thesis. Universidad Autónoma Chapingo.
- Hersch P. 2009. Perspectivas de la producción de linaloe. In: Estado del desarrollo económico y social de los pueblos indígenas de Guerrero. Programa Universitario México Nación Multicultural, UNAM-Secretaría de Asuntos Indígenas del Gobierno de Guerrero. <https://n9.cl/5iq70> (accessed January 12, 2023).
- Hersch P, Glass R. 2006. *Linaloe: un reto aromático: diversas dimensiones de una especie mexicana, Bursera linaloe*. DF, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia. ISBN: 9680301931

- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2021. Panorama sociodemográfico de Morelos. In: *Censo de Población y Vivienda 2020*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197896.pdf (accessed October 30, 2022).
- Jose S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76: 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Krishnamurthy L, Ávila M. 1999. Agroforestería básica. N° 3. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. DF, México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. ISBN: 9687913045
- López-Carmona D, Hernández-Tapia A, Cruz-Rodríguez JA, González-Bonilla GT, Cortés-Díaz E, Corlay-Chee L. 2022. Diversity of wood communities in Pitayeras of a Tropical Dry Forest in the Sierra de Huautla, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 25: 1-14. DOI: <https://doi.org/10.56369/taes.3749>
- López-Rosas D. 2019. *Efecto de la actividad ganadera en la estructura y composición del Bosque Tropical Caducifolio en el sur de Morelos*. BSc Thesis. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Maldonado B. 1997. *Aprovechamiento de los recursos florísticos de la Sierra de Huautla Morelos*. México. MSc Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Maldonado B. 2013. *Patrones de uso y manejo de los recursos florísticos del Bosque Tropical Caducifolio en la Cuenca del Balsas*, México. PhD Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marshall E, Schreckenberg K, Newton A, Te Velde DW, Rushton J, Edouard F, Illsley C, Arancibia E. 2007. Food for thought for the Bushmeat trade: Lessons from the commercialization of plant nontimber forest products. In: Davies G, Brown D. ed. *Bushmeat and livelihoods: Wildlife management and poverty reduction*. Malden, USA: Wiley-Blackwell. pp. 197-211. <https://doi.org/10.1002/9780470692592.ch12>
- Martin G. 1995. *Ethnobotany: a methods manual*. New York: Chapman & Hall. ISBN: 978-0-412-48370-7
- Mena-Jiménez F. 2018. *Estrategias ecológicas y culturales para garantizar la disponibilidad de productos forestales no maderables: árboles medicinales en la Selva Baja del Sur de Morelos*. MSc Thesis. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Miles L, Newton AC, DeFries RS, Ravilious C, May I, Blyth S, Kapos V, Gordon JE. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491-505. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- Montes-Londoño I. 2017. Tropical Dry Forest in Multi-functional Landscapes: Agroforestry Systems for Conservation and Livelihoods. In: Montagnini F. ed. *Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty*. Cham: Springer. pp. 47-78. ISBN: 978-3-319-69371-2
- Morales-Tapia S, Guzmán-Gómez E. 2015. Caracterización sociocultural de las milpas en dos ejidos del municipio de Tlaquiltenango, Morelos, México. *Etnobiología* 13: 94-109.
- Moreno-Calles AI, Casas A, Blancas J, Torres I, Masera O, Caballero J, García-Barrios L, Pérez-Negrón E, Rangel-Landa S. 2010. Agroforestry systems and biodiversity conservation in arid zones: the case of the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Agroforestry Systems* 80: 315-331. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9349-0>
- Moreno-Calles AI, Casas A, García-Frapolli E, Torres-García I. 2012. Traditional agroforestry systems of multi-crop “milpa” and “chichipera” cactus forest in the arid Tehuacán Valley, Mexico: their management and role in people’s subsistence. *Agroforestry Systems* 84: 207-226. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9460-x>
- Moreno-Calles A I, Toledo V M, Casas A. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences* 91: 375-398. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.419>
- Moreno-Calles AI, Casas A, Toledo V, Vallejo M. 2016. Etnoagroforestería en México, los proyectos y la idea del libro. In: Moreno-Calles A I, Casas A, Toledo V, Vallejo M. coord. *Etnoagroforestería en México*. CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México. pp.10-24. ISBN: 978-607-01-8641-4
- Nair PKR. 1991. State of art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management* 45: 5-29. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(91\)90203-8](https://doi.org/10.1016/0378-1127(91)90203-8)
- Olson DM, Dinerstein E, Wikramanayake ED, Burgess ND, Powell GVN, Underwood EC, D’amico JA, Itoua I, Strand HE, Morrison JC, Loucks CJ, Allnutt TF, Ricketts TH, Kura Y, Lamoreux JG, Wettengel WW, Hedao P,

- Kassem KR. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *Bioscience* **51**: 933-938. DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:TEOTWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2)
- Ortiz-Sánchez A, Monroy-Ortiz C, Romero-Manzanares A, Luna-Cavazos M, Castillo-España P. 2015. Multipurpose functions of home gardens for family subsistence. *Botanical Sciences* **93**: 791-806. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.224>
- Peroni N, Hanazaki N, Begossi A, Zuchiwschi E, Duarte-Lacerda V, Mota-Miranda T. 2016. Homegardens in a micro-regional scale: contributions to agrobiodiversity conservation in an urban-rural context. *Ethnobiology and Conservation* **5**: 6. DOI: <https://doi.org/10.15451/ec2016-8-5.6-1-17>
- Rendón-Sandoval F, Casas A, Moreno-Calles A I, Torres-García I, García-Frapolli E. 2020. Traditional agroforestry systems and conservation of native plant diversity of seasonally dry tropical forest. *Sustainability* **12**: 1-27. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12114600>
- Rohlf FJ. 2000. NTSYS-Pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system, ver. 2.2. Exeter Ltd., Setauket.
- Rosales JJ, Cuevas R, Gliessman SR, Benz BF. 2014. Estructura y diversidad arbórea en el sistema agroforestal de piña bajo sombra en el occidente de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* **17**: 1-18.
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Sánchez-Azofeifa A, Quesada M, Rodríguez J, Nassar J, Stoner K, Castillo A, Garvin T, Zent E, Calvo-Alvarado J, Kalacska M, Fajardo L, Gamon J, Cuevas-Reyes P. 2005. Research priorities for Neotropical dry forests. *Biotropica* **37**: 477-485. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0950-091x.2001.00153.x-i1>
- Shackleton S, Shackleton C, Shanley P. 2011. *Non-Timber Forest Products in the global context*. Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-642-17982-2
- Schroth G, Sinclair F. 2003. *Trees crops and soil fertility: concepts and research methods*. Wallingford, UK: CABI. ISBN: 978-0-85199-593-9
- Silva-Galicia A, Valencia V, Arroyo-Rodríguez V, Moreno-Calles A, Ceccon E. 2020. Agroforestry contributes to restore key ecosystem services in Tropical Dry Forests. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3669389>
- Tegoma-Coloreano A, Blancas J, García-Flores A, Beltrán-Rodríguez L. 2023. Riqueza, estructura y diversidad florística en huertos familiares del sureste del estado de Morelos: una aproximación biocultural. *Polibotánica* **55**: 41-65. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.55.4>
- Toledo VM. 2005. Repensar la conservación: ¿Áreas naturales protegidas o estrategia bioregional? Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Gaceta Ecológica* **77**: 67-83.
- Toledo VM, Barrera N. 2008. *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Barcelona, España: ICARIA Editorial. ISBN: 978-84-9888-001-4
- Toledo VM, Ortiz-Espejel B, Cortés L, Moguel P, Ordoñez MJ. 2003. The multiple use of tropical forests by indigenous peoples in Mexico: A case of adaptive management. *Conservation Ecology* **7**: 9.
- Torres-García I, Rendón-Sandoval FJ, Blancas J, Moreno-Calles AI. 2019. The genus Agave in agroforestry systems of Mexico. *Botanical Sciences* **97**: 263-290. <https://doi.org/10.17129/botsci.2202>
- Trejo I, Dirzo R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: A national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* **94**: 133-142. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00188-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00188-3)
- Trujillo ML, López-Medellín X. 2018. ¿Qué es la conservación desde el punto de vista de los campesinos? Condiciones productivas en un área natural protegida, Morelos, México. *Etnobiología* **16**: 58-72.
- Trujillo-Santiesteban ML. 2009. *El significado de la práctica ganadera en Ixtlilco el grande, Morelos: una construcción desde los actores*. PhD Thesis. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- Uribe M, Lara A, Cruz A, Uribe JI, Hernández SA. 2022. Traditional agroforestry systems: a methodological proposal for its analysis, intervention, and development. *Agroforest Syst* **96**: 491-503. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00692-w>
- Valle-Marquina R. 2020. *Estudio del modo de apropiación campesino de la naturaleza en Pitzotlán, Tepalcingo, Morelos*. MSc Thesis. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

- Vallejo M, Casas A, Pérez-Negrón E, Moreno-Calles AI, Hernández-Ordoñez O, Tellez O, Dávila P. 2015. Agroforestry systems of the lowland alluvial valleys of the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve: an evaluation of their biocultural capacity. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **11**,8. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-11-8>
- Vallejo-Ramos M, Moreno-Calles AI, Casas A. 2016. TEK and biodiversity management in agroforestry systems of different socioecological contexts of the Tehuacán Valley. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **12**: 31. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-016-0102-2>
- Vázquez-Delfín P, Casas A, Vallejo M. 2022. Adaptation and biocultural conservation of traditional agroforestry systems in the Tehuacán Valley: access to resources and livelihoods strategies. *Helicon* **8**: e09805. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09805>
- Villalpando-Toledo MI. 2020. *Cambio cultural y su impacto en la estructura y composición de los huertos familiares de Tepoztlán, Morelos*. MSc Thesis. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Yescas-Albarrán CA, Cruz-León A, Uribe-Gómez M, Lara-Bueno A, Maldonado-Torres R. 2016. Árboles nativos con potencial dendroenergético para el diseño de tecnologías agroforestales en Tepalcingo, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Pub. Esp. **16**: 3301-3313. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i16.398>

Editor de sección: Alejandro Zavala Hurtado

Contribución de los autores: FMJ obtuvo los datos en campo y escribió el manuscrito, JB analizó los datos y escribió el manuscrito, AIMC analizó los datos y revisó el manuscrito, EC revisó el manuscrito, XLM revisó el manuscrito, CMG revisó el manuscrito, ATC obtuvo los datos en campo y revisó el manuscrito.

Entidades financiadoras: Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT): beca a la primera autora, financiamiento mediante el proyecto N° 318799 “Rescate de la memoria colectiva, visibilización de los conocimientos y prácticas de manejo asociadas al mantenimiento y promoción de los Sistemas Agroforestales Tradicionales en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos, México”. Doctorado en Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y EC agradece al Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México por la beca de intercambio académico (PASPA OF2250DFA).