



Avances en Investigación Agropecuaria
ISSN: 0188-7890
revaia@ucol.mx
Universidad de Colima
México

Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en el trópico seco de México

Román Miranda, María Leonor; Mora Santacruz, Antonio; González Cueva, Gerardo A.

Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en el trópico seco de México
Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 20, núm. 2, 2016
Universidad de Colima, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83754343006>

AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, volumen 20, suplemento 2, mayo-agosto 2016 es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad de Colima, Av. Universidad # 333, Col. Las Víboras, Colima, Colima, México. CP 28045. Teléfono: (312) 3161000. Ext. 40011, www.ucol.mx/revaia, revaia@ucol.mx, aiaagropecuarias@yahoo.com.mx. Director responsable: José Manuel Palma García. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-112411015200-203, ISSN digital "en trámite", ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización: MC. Rosa Alejandra del Viento Camacho e Ing. Manuel Gutiérrez Gómez, Av. Universidad # 333, Col. Las Víboras, Colima, Colima, México. CP 28045, fecha de última modificación 10 de octubre de 2018. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en el trópico seco de México

Agroforestry systems with timber and non-timber forest species important in the dry tropics of Mexico

María Leonor Román Miranda

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
(CUCBA) Universidad de Guadalajara, México
romanmarleo@yahoo.com

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83754343006>

Antonio Mora Santacruz

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
(CUCBA) Universidad de Guadalajara, México

Gerardo A. González Cueva

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
(CUCBA) Universidad de Guadalajara, México

Recepción: 01 Agosto 2016
Aprobación: 29 Octubre 2016

RESUMEN:

La deforestación en zonas tropicales conlleva a la degradación de los recursos naturales, entre ellos: la erosión de los suelos, pérdida de la biodiversidad y menor captación de agua; por otro lado, la diversidad de especies forestales en bosques tropicales es una alternativa para diversificar la producción agropecuaria de una manera integral y sostenible. El presente estudio aborda los sistemas agroforestales en el trópico seco de los estados de Colima, Jalisco y Nayarit, en México; así como el manejo de especies multipropósito. Dentro de los sistemas más utilizados en el área de estudio destacan: las cercas vivas, huertos caseros, producción de cocoteros con otros cultivos, incluyendo frutales; cultivos de café bajo sombra con árboles nativos y los sistemas silvopastoriles. Asimismo, sobresale la variabilidad de especies forestales tropicales de uso múltiple; entre ellos: el maderable, forrajero, medicinal y consumo humano, como el capomo (*Brosimum alicastrum*). Se resalta la biodiversidad en cafetales bajo sombra, la conectividad que presentan las cercas vivas con masas boscosas, facilitando el movimiento de animales, semillas y polen, y la diversidad de especies forestales en huertos caseros. Se destaca, también, la generación de servicios ambientales y la importancia de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación al cambio climático. Por lo anterior, es importante la incorporación de especies forestales en los sistemas de producción agropecuaria, aplicando técnicas agroforestales que permitan mejorar el paisaje y conservar la biodiversidad en áreas tropicales.

PALABRAS CLAVE: Agroforestería, biodiversidad, carbono, deforestación.

ABSTRACT:

Deforestation in tropical areas is the principal cause of degradation of natural resources, among them: soil erosion, destruction of habitats, loss of biodiversity and lower water capture. On the other hand, the diversity of plant species in tropical forests is an alternative to diversify agricultural production for an integral and sustainable way. The present study deals with agroforestry systems in the dry tropics of the states of Colima, Jalisco and Nayarit, as well as the management of multipurpose species. Within the most used systems in the study area are: live fences, home gardens, coconut production with other crops including fruit trees, shade coffee crops with native trees and silvopastoral systems. Also, the variability of tropical forest species of multiple uses stands out; among those uses are timber and forage, medicinal and human consumption as the capomo (*Brosimum alicastrum*). This revision highlights the biodiversity in shade coffee farms, the connectivity between live fences and wooded masses facilitating the passage of animals, seeds and pollen and the diversity of forest species in home gardens. It also emphasizes the generation of environmental services and the importance of agroforestry systems in the mitigation and adaptation to climate change. Because of the above, it is important the incorporation of forest species in agricultural production systems, applying agroforestry techniques that will enhance the landscape and conserve biodiversity in tropical areas.

KEYWORDS: Agroforestry, biodiversity, carbon and deforestation.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los 12 países megadiversos del mundo; se localiza en dos regiones biogeográficas: la neoártica y neotropical; presenta una variedad de condiciones edáficas y climáticas; su topografía, geología y la influencia de corrientes marinas y lacustres, favorece la presencia de una gran diversidad biológica, tanto de flora como de fauna (CONABIO, 2006).

Sin embargo, los incendios forestales, plagas y enfermedades y una constante deforestación —estimada entre 155 a 776 mil ha al año (Velázquez et al., 2002; SEMARNAT, 2005; 2012) predominante en las zonas tropicales— origina que se pierdan hábitats y biodiversidad (incluyendo microorganismos que son parte del ecosistema) y numerosas especies de árboles y arbustos sin identificación que pueden ser una opción viable para ser introducidos en diferentes sistemas agroforestales (SAF).

Los SAF son un conjunto de técnicas silviculturales que satisfacen las necesidades de los productores, por la diversidad de productos y servicios que generan. Estas técnicas fomentan la capacidad natural de regeneración de especies nativas del bosque; por lo cual son una herramienta básica para la conservación de los ecosistemas naturales, y preservan los recursos florísticos y faunísticos presentes en estos hábitats (CONABIO, 2006; Jadán et al., 2015).

En este contexto, los SAF representan una alternativa de uso de la tierra que proporciona una diversidad de productos agrícolas y forestales (madera, leña, frutos, forraje, medicinas, entre otros) y servicios como: sombra para cultivos y animales, protección (en el caso de cortina rompevientos) y mejoramiento del suelo. Y contribuye, significativamente, en la generación de servicios ambientales; entre ellos: la diversidad biológica de los agroecosistemas, creando —en sus ramas, raíces y hojarasca— hábitats para otros organismos (Beer et al., 2004).

La inclusión de árboles maderables y de uso múltiple en los SAF es también una alternativa para impulsar el desarrollo económico y social, incrementándose los beneficios cuando las especies forestales se combinan en sistemas de producción agrícola y ganadera; actividades que se desarrollan en la mayor parte del país (López-Sánchez y Musalem, 2007).

Por lo que el objetivo del presente trabajo radica en describir diferentes SAF, como una alternativa de uso de la tierra; para incluir en éstos, especies forestales maderables y no maderables en el trópico seco de los estados de Colima, Jalisco y Nayarit, en México.

Recursos forestales del trópico de México

El trópico seco se localiza, principalmente, en la vertiente del Pacífico donde se ubican varios estados; entre ellos: Jalisco, Colima y Nayarit. Gran parte de la superficie de estas entidades se encuentra cubierta por el bosque tropical caducifolio y subcaducifolio (Rzedowski, 1983) o selva mediana subcaducifolia, y selva baja caducifolia, según la clasificación de Miranda y Hernández (1963); de ahí la importancia de promover los SAF, que incluyan especies arbóreas de usos múltiples (entre ellos, el maderable); pero también es fundamental considerar la fijación biológica de nitrógeno que realizan numerosas especies para incorporarlas en suelos degradados, así como plantas forrajeras y todas aquellas de valor para la apicultura que aportan néctar y polen para la producción de miel (Román y Palma, 2007).

Igualmente, muchas de las especies nativas de ecosistemas forestales se aprovechan como maderables en plantaciones forestales comerciales; muestra de ello, es el apoyo recibido en parte de los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche, con alrededor de 57,305 ha con este tipo de plantaciones comerciales (CONAFOR, 2009). En donde la introducción de especies maderables —como cedro rojo (*Cedrela odorata* L.), cedro nogal (*Junglas pyriformis* Liebm.) y primavera (*Tabebuia donnell smithii* Rose)— con cultivos agrícolas representan

una opción técnica viable que genera beneficios económicos positivos comparados con monocultivos (López-Sánchez y Musalem, 2007).

Por otro lado, en el trópico seco se presentan especies de importancia maderable y de uso múltiple; entre ellas: capomo (*Brosimum alicatrum* Sw.), caobilla (*Swietenia humilis* Zucc.), barcino (*Cordia elaeagnoides* DC.), rosa morada (*Tabebuia rosea* DC.), *T. donnell smithii*, habillo (*Hura polyandra* Baill.) y parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb). Muchas de estas especies están presentes en el agroecosistema de piña bajo sombra de árboles del bosque tropical subcaducifolio y en la zona de transición de bosque de encino en el trópico de los estados de Jalisco y Nayarit, donde se registraron 1,161 individuos correspondientes a 69 especies de plantas vasculares con diámetros ≥ 10 cm y de ≥ 3.0 m de altura (Rosales *et al.*, 2014).

En los SAF y en las plantaciones forestales comerciales la selección de especies es importante; se recomienda que éstas sean nativas. Dentro de ellas, las dos especies valiosas de mayor interés en el trópico mexicano son: *C. odorata* y la caoba (*Swietenia macrophylla* King.); ambas, de gran demanda comercial por sus excelentes características maderables y alto valor comercial; en el caso *S. macrophylla*, la mayor parte de los volúmenes proceden de bosques naturales, por lo que es procesada únicamente en el estado de Quintana Roo (Silva-Guzmán *et al.*, 2015).

La madera de *C. odorata* es de características excelentes; por el bello jaspeado que presenta, se prevé que en un futuro su uso será para la fabricación de chapas y madera terciada con fines de exportación (Pennington y Sarukhán, 2005). Sin embargo, hay que considerar que estas especies son atacadas por *Hypsipyla grandella* Zoller (barrenador del tallo); lo que provoca malformaciones y pérdida de su valor comercial, siendo más susceptible a esta plaga *C. odorata* (Paul y Weber, 2013; González-Martínez *et al.*, 2016). Por lo que es trascendental buscar otras alternativas de especies maderables para satisfacer la demanda en el mercado. Los SAF son una opción para reducir la presión sobre los bosques nativos por la obtención de productos maderables y no maderables; ya que estos recursos los obtiene el productor del componente arbóreo en los SAF.

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

En lo ecológico

Los árboles, en los SAF, contribuyen a recuperar la biodiversidad y son una alternativa para reducir la deforestación, combatir la erosión de suelos y rehabilitar praderas degradadas; representan una estrategia valiosa en la conservación de suelos y el mantenimiento de su fertilidad. Los SAF con altas densidades de especies arbóreas incrementan el potencial de fijación de carbono (Anguiano *et al.*, 2013); asimismo, contribuyen a mantener la calidad y cantidad de agua; constituyen un recurso importante en la diversidad vegetal en ecosistemas silvestres (Beer *et al.*, 2004). Dentro del aspecto ecológico, se resalta también la importancia de las cercas vivas; que, en muchos casos, conectan masas boscosas con áreas fragmentadas y son corredores biológicos donde se desplaza la fauna silvestre, semillas y polen (Palomeque, 2009; De la Ossa-Lacayo, 2013).

En lo social

Se observa la disminución de riesgos; por ejemplo, la susceptibilidad de que algún cultivo pueda ser atacado por plagas o enfermedades disminuyendo el rendimiento, lo cual afectaría al productor; al tener una diversidad de especies este problema disminuye. Existe más oportunidad de empleo permanente, además de una producción constante la mayor parte del año. Un ejemplo son los huertos familiares que se practican en diferentes condiciones biofísicas y socio-económicas en varias partes del país, incluyendo el trópico seco

de los tres estados en estudio (Gaspar *et al.*, 2005); con esto se asegura la provisión de alimentos, al ofrecer una mejor nutrición por la variedad de cultivos y una mejor salud, al consumir alimentos con menor uso de agroquímicos (De la Cruz, 2009).

En lo económico

Se obtiene una mayor producción por mejores condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos; por lo tanto, se reduce el uso de fertilizantes, así como una menor dependencia de insumos externos. Con la sombra de los árboles, se disminuye el estrés por las altas temperaturas en los animales, con una mayor producción. Existe una diversidad de productos, entre ellos: madera, leña, forraje, frutos, postes para cercas y productos agropecuarios (De la Cruz, 2009). Lo que permite, al productor, la venta de esos productos y con ello obtener ingresos económicos de forma inmediata. Destaca, también, la importancia de la cobertura arbórea sobre el consumo de follaje y frutos por el ganado, incrementando la producción tanto de leche como de carne (Betancourt *et al.*, 2003; Palma, 2005).

DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

En lo ecológico

En las asociaciones de árboles con cultivos, podría existir una mayor competencia por luz, nutrientes y espacio, para lo cual se recomienda utilizar especies que fijen nitrógeno atmosférico; árboles cuyos follajes permitan el paso de la luz, para la vegetación herbácea. La orientación se debe realizar de este a oeste. Otro aspecto, es el daño que pueden ocasionar cuando se cosechan los árboles y la dificultad en la mecanización; se sugiere dejar franjas amplias tipo “callejones”. Existe el riesgo de que se presenten enfermedades fúngicas, sobre todo en cultivos de sombra; para reducir este efecto, debe de realizarse raleos y podas en la vegetación leñosa para evitar el exceso de sombra. La posibilidad de efectos alelopáticos, para lo cual se deben elegir especies idóneas en las diversas condiciones edafoclimáticas (De la Cruz, 2009).

En lo social

Renuencia del productor a introducir árboles en sus sistemas agropecuarios. Escasez de personal calificado y con experiencia en el manejo del sistema y los otros componentes que integran los SAF, en diferentes condiciones biofísicas (De la Cruz, 2009).

En lo económico

Posibilidad de obtener rendimientos menores, respecto de los monocultivos; esto sucede cuando alguno de los componentes inhibe la respuesta de otro; sin embargo, esto puede cambiar con el tiempo, de tal suerte que las interacciones negativas o neutras, pueden convertirse pronto en positivas. El objetivo de los SAF es identificar las interacciones positivas y maximizarlas y reducir las negativas.

Por otro lado, se debe tener presente que la producción, aunque no es alta, se mantiene por un periodo mayor, se mejora la fertilidad del suelo y la erosión se controla por la presencia de árboles; es decir, es sostenible. Asimismo, estos sistemas aportan beneficios ecológicos de importancia mundial.

En ciertas prácticas agroforestales se requiere mano de obra especializada; lo que eventualmente podría incrementar los costos de producción; sin embargo, hay que considerar que los SAF contribuyen a la

generación de empleo para la comunidad y se eleva el nivel de vida de la población rural, la cual tiene opción de comprar los bienes que se producen en el sistema. Problemas de comercialización por la diversidad de cultivos. En varios SAF se maneja un producto para el mercado, ya sea frutales, café o el componente animal; los demás elementos del sistema tienen un nivel intermedio entre el comercial y el de subsistencia.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

De acuerdo a la naturaleza de los componentes, los SAF pueden ser: agrosilvícolas, silvopastoriles y agrosilvopastoriles (Nair, 1997; Krishnamurthy y Ávila, 1999). Asimismo, se resalta su contribución a los servicios ambientales (Anguiano *et al.*, 2013; Beer *et al.*, 2004; CONAFOR, 2011; Morán *et al.*, 2014).

Sistemas agrosilvícolas

Se caracterizan por la presencia del componente leñoso, en combinación con cultivos agrícolas; dentro de ellos: agricultura migratoria, barbechos mejorados, huertos caseros o huertos familiares, sistema taungya, combinación plantación-cultivo y cultivo en callejones.

En estos SAF existe una diversidad de prácticas en las que se incorpora el componente forestal para diferentes fines, como son: maderable, leña, forraje, protección de cultivos, mejoramiento del suelo o sombra para algunos cultivos (como el café y cacao), o bien, para el ganado en las áreas de pastoreo. En varias partes del país, es común la presencia de especies nativas maderables entremezcladas; en muchos casos se presentan por regeneración natural. Sin embargo, se recomienda un mejor manejo con las especies maderables, como son las podas de formación, raleos y la selección, para obtener individuos de mayor valor comercial.

En la mayor parte del trópico seco de Jalisco, Colima y Nayarit se realizan las diferentes prácticas agroforestales, intercalando el componente leñoso con cultivos y/o animales, como:

Agricultura migratoria

La agricultura migratoria se caracteriza por la alternancia de un periodo corto de cultivo, de uno o dos años y uno largo de descanso; se inicia cuando se corta la vegetación leñosa, se quema y se establecen cultivos agrícolas o pastizales para la ganadería; tiene consecuencias ambientales, sobre todo por la deforestación y por la liberación de CO₂ en la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global (Villagaray y Bautista, 2011).

En algunas regiones de nuestro país se promueve —en ciertos sitios de agricultura migratoria— el establecimiento de sistemas agroforestales, con plantaciones de árboles maderables nativos, como: *T. rosea* mezclada con especies de rápido crecimiento —como teca (*Tectona grandis* L. f.), gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) y cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Arn.)—; con maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus* sp.), entre callejones, durante los primeros años de crecimiento de las maderables (Ávila-Ayala *et al.*, 2012).

Es importante considerar alternativas para mitigar los efectos de la agricultura migratoria; así, por ejemplo, es necesario fomentar la presencia de especies maderables como: *T. rosea*, *T. donnell smithii* y *C. elaeagnoides*, presentes en forma nativa en los diferentes ecosistemas tropicales de los estados en estudio. Asimismo, existen especies de uso múltiple y excelentes como forrajeras, como son: *B. alicastrum*, *E. cyclocarpum*, *H. polyandra* y *guapinol* (*Hymenaea courbaril* L.).

Barbechos mejorados

Los barbechos mejorados (también conocidos como “acahuales”) son sitios en los cuales se practicó la agricultura migratoria y se dejan en descanso para que se establezca la vegetación leñosa; se conocen dos tipos de barbecho:

- *El barbecho económicamente enriquecido*; el cual promueve el uso de especies que aportarán un recurso económico durante el tiempo que la tierra está en descanso, como árboles frutales y para uso energético, o se fomenta la regeneración natural de especies maderables que podrían aprovecharse a mediano o largo plazo. Se hace enriquecimiento de acahuales con árboles de alto valor comercial, como: *C. odorata* (Ruiz-González, 2015). También se pueden introducir otras maderables y árboles forrajeros; entre ellos: *E. cyclocarpum*, *H. courbaril* (muy abundante en Nayarit), parotilla (*Albizia lebbek* (L.) Benth.), y árbol de lluvia (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.) (Alvear-Caicedo *et al.*, 2013); presentes en el trópico húmedo, pero adaptados en estos tres estados del Pacífico, además del papelillo (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.), entre otros.

- *El barbecho biológicamente enriquecido*; se caracteriza por el establecimiento de especies preferentemente leguminosas; entre ellas: guaje (*Leucaena esculenta* (Moc & Sessé ex DC) Benth.), guajillo (*L. lanceolata* S. Watson), cacahual (*Gliricidia sepium* Kunth ex Steud) y coral (*Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.), para reducir el tiempo de descanso y que el suelo recupere su fertilidad. Aquí, se pueden promover también especies de alto valor económico y de uso múltiple; entre ellas, especies maderables y forrajeras, como guaje (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.), por su alta capacidad de fijación de nitrógeno y excelente fuente de proteína (Rodríguez *et al.*, 2014; Gaviria *et al.*, 2015; Reyes *et al.*, 2015).

Huertos caseros o huertos familiares

Los huertos caseros tropicales ocupan un lugar singular en los SAF. Ningún otro es tan diverso en cantidad de especies y variedades, tan complejo y variado en estratos y en posibles asociaciones, ni tan completo en sus funciones como el huerto casero o huerto familiar.

Generalmente, está compuesto por una diversidad de especies arbóreas de múltiples usos —dependiendo de las dimensiones, en un huerto tropical es común encontrar árboles frutales como: mango (*Mangifera indica* L.), guamúchil (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.), ciruelo (*Spondias purpurea* L.), mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn.), así como árboles ornamentales y maderables, como *T. rosea* y *T. donnell smithii*— con cultivos agrícolas (tubérculos, hortalizas, frutas, plantas de cocina), producción ganadera (animales menores, rumiantes e, inclusive, abejas) y forestal (madera, leña, postes), así como plantas medicinales; cerca o adyacente a los hogares (Krishnamurthy y Ávila, 1999; Rivas-Torresi, 2005).

Los huertos caseros son ecosistemas reconocidos por su importancia en la conservación de micro-hábitats, que fomentan la interacción entre especies vegetales y animales, semejantes a ecosistemas naturales. Este tipo de sistemas son más diversos en áreas rurales por el espacio horizontal; sin embargo, en zonas urbanas representan también una fuente importante de alimento y de plantas medicinales, aun considerando que el ser humano ha influido sobre las condiciones naturales y modificado, en cierta forma, características del medio físico; así, Gaspar *et al.* (2005), realizaron un estudio sobre la diversidad de especies en huertos caseros en la zona conurbada de Guadalajara (Tlaquepaque, Zapopan y Tlajomulco), en el estado de Jalisco, reportando la importancia de este tipo de sistemas; sobre todo, por la presencia de plantas medicinales.

En la mayoría de los huertos caseros tropicales se incluyen especies maderables, como ornamentales y/o sombra, como son: *T. rosea*, *T. donnell smithii*, *C. elaeagnoides*, *ceiba* (*Ceiba pentandra* L. Gaertn.) y *E. cyclocarpum*. En los estados de Jalisco y Colima es común la mezcla de las especies maderables con frutales: *M. indica*, tamarindo (*Tamarindus indica* L.), *Musa spp.*, y *P. sapota*, entre otras; es importante resaltar a *B. alicastrum*, presente en diferentes ecosistemas tropicales tanto en el Pacífico como en el Atlántico; es un árbol

apreciado por sus múltiples usos; así, Orantes *et al.* (2012), realizaron un estudio en comunidades rurales y documentaron nueve usos: forrajero (hojas y frutos); postes (ramas); leña (ramas); construcción de casas (tallo), herramientas de trabajo (ramas); muebles (tallo); importancia melífera (flores); comestible (semillas); medicina tradicional (semilla, corteza, hojas y látex); varios de estos usos como: forrajera, maderable y sustituto de café son muy frecuentes en la zona de estudio (cuadro 1).

En Autlán de Navarro, Jalisco, existe una diversidad de especies en huertos caseros con árboles frutales; entre ellos: nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth), P. dulce, aguacate (*Persea gratissima* C.F. Gaertn.), guayaba (*Psidium guajava* L.), durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch.), granada (*Punica granatum* L.) y *M. indica*. En Nayarit predominan varias de las especies maderables señaladas anteriormente; además de amapa prieta (*Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson) y frutales como el árbol del pan (*Artocarpus altilis*) (Parkinson) Fosberg.

Sistema Taungya

El sistema “taungya” —al igual que la agricultura migratoria— es otro precursor de la agroforestería. Mientras la agricultura migratoria es un sistema secuencial de especies leñosas y cultivos, el método “taungya” es una combinación simultánea de los dos componentes durante las primeras etapas del establecimiento de especies forestales; sin embargo, la producción de alimentos es una motivación para los agricultores (Nair, 1997).

El sistema “taungya” se desarrolló en 1856, en Birmania. Consiste en una combinación de la especie maderable con cultivos agrícolas, durante los primeros años de la plantación. Las especies maderables nativas que se utilizan son: *C. odorata*, *T. rosea* y *T. donnell smithii*, entre otras; y *Eucalyptus spp.*, *G. arborea* y *T. grandis* entre las especies introducidas. Posteriormente, cuando las especies maderables superan la altura de ramoneo, es común introducir el componente animal. Las ventajas que se tienen con este sistema son: ahorrar costos en el establecimiento de las plantaciones forestales y obtener ingresos y beneficios a corto plazo, por concepto de las cosechas y por la venta de los productos pecuarios.

En el estado de Nayarit se realizan plantaciones con *T. grandis* y *G. arborea*, entre otras. En el municipio de Tomatlán, Jalisco, se trabaja con *C. odorata* junto con el cultivo de maíz; otras plantaciones se encuentran entre hileras de plátano (*Musa spp.*). En Colima y Jalisco se establecieron plantaciones de especies maderables de *T. rosea*, *T. donnell smithii* y *E. cyclocarpum*; esta última, presente en Coquimatlán, Colima, en combinación con el pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.).

Combinación plantación-cultivo

Son sistemas de producción donde interactúan dos especies leñosas; un ejemplo son las plantaciones de cocoteros con otros frutales, como: cítricos, mango, guanábana, tamarindo, entre otros; aquí también se presenta la regeneración natural de especies maderables, como: *S. humilis*, *E. cyclocarpum*, *T. rosea* y *T. donnell smithii*; café y cacao con árboles leguminosos, como *Inga jinicuil* Schltdl, *I. laurina* (Sw.) Willd.; árboles de sombra y especies maderables, como: *C. odorata*, *B. simaruba*, laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Oken), así como árboles de uso múltiple como *B. alicastrum* (cuadro 1).

Cuando se asocian árboles maderables en cafetales y en cacaotales, como: *C. alliodora*, *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *T. donnell smithii*, y algunas otras especies que fijan nitrógeno atmosférico, como: *Inga jiniquil*, nogal (*Juglans major* Torr. A. Heller), tepehuaje (*Lysiloma acapulcense* Kunth Benth.), entre otras, se hace un uso más eficiente del suelo y proporciona recursos adicionales al productor.

En algunos cafetales del estado de Colima, en la localidad de Nogueras, se combina este sistema con cultivos de frutales, como *Musa spp.*, *P. sapota* y cítricos. El sistema consiste en establecer cultivos agrícolas con árboles,

de tal manera que el aprovechamiento del espacio del suelo sea simultáneo, tratando de que los árboles no compitan directamente, por luz y nutrimentos, con los cultivos.

En Minatitlán, Colima, cerca de la comunidad de El Arrayanal se planta café entre especies del bosque mesófilo de montaña, como: *J. major*, aile (*Alnus jorullensis* Kunth), fresno (*Fraxinus uhdei* Wenz Lingelsh.), (*Inga colimana* Padilla-V., Cuevas et Solis- M.), lechillo (*Carpinus caroliniana* Walter), presentando una fisonomía de un bosque nativo.

El agrosistema piña con árboles de sombra —en los estados de Jalisco y Nayarit— en un bosque tropical subcaducifolio, predominan especies nativas; la mayoría, leguminosas, como: *E. cyclocarpum* e *H. courbaril*, las de mayor preferencia por los productores, debido a su carácter como caducifolios, en la época cuando la piña necesita mayor cantidad de luz (Rosales *et al.*, 2014).

En Cuixmala, municipio de La Huerta, Jalisco, en plantaciones de cocoteros, se introducen diversos árboles frutales; entre ellos, cítricos: (*Citrus spp.*), canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume), guanábana (*Annona muricata* L.) y *Musa spp.*; en los cuales se encuentran presentes especies maderables, como: *C. odorata*, *E. cyclocarpum* y *C. pentandra*; esta última, tutor del cultivo de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews). En este sitio se estableció una plantación con la especie maderable guayabillo (*Piranhea mexicana* (Standl.) Radcl.-Sm.), en plantaciones de cocoteros.

El cultivo del café (*Coffea spp.*), es otro ejemplo de combinación plantación-cultivo. Los cafetales bajo sombra constituyen verdaderos ecosistemas de bosques tropicales, por la diversidad de especies nativas y servicios ambientales. Los tres estados de mayor importancia en el occidente de México en este cultivo son: Jalisco, Colima y Nayarit.

En el estado de Nayarit se práctica este tipo de cultivo con árboles de sombra con especies nativas de la selva mediana subcaducifolia; entre ellas: *B. alicastrum*, higuera (*Ficus insipida* Willd.) y una especie heliófita guarumbo (*Cecropia obtusifolia* Bertol).

En el rancho El Jabalí, en Colima, se destacan 100 ha de cafetales bajo sombra, con especies nativas, como: *Ficus padifolia* Kunth, *F. segoviae* Miq., *I. jinicuil*, *F. uhdei* y *J. major*.

Cultivos en callejones

Este tipo de cultivo es una tecnología agroforestal que asegura el crecimiento de los cultivos herbáceos, entre los setos de arbustos y árboles, preferentemente de la familia Fabaceae. Los setos son podados periódicamente para impedir la sombra excesiva en los cultivos y para proveer biomasa (que, incorporada al suelo, mejora su contenido de nutrimentos y las propiedades físicas). Este tipo de sistema se implementó en los bancos de proteína establecidos en Colima, con *L. leucocephala* var. Perú (Lam.) de Wit, con cultivos agrícolas como el maíz; posteriormente, se introdujeron pastos forrajeros para complementar la dieta de bovinos en pastoreo (Palma *et al.*, 2000).

En Cuixmala, municipio de La Huerta, Jalisco, es frecuente el uso de plantaciones forestales, en combinación con cultivos agrícolas —como hortalizas y arbustivas— para la fijación de nitrógeno; entre ellas: *L. leucocephala* y *C. pulcherrima*. Dentro de las especies maderables se pueden citar a: *C. odorata*, y *S. humilis*, *C. pentandra* y *P. mexicana*.

Sistemas silvopastoriles

Entre las diferentes combinaciones de los sistemas silvopastoriles, en los cuales se pueden integrar especies maderables y de uso múltiple se encuentran: árboles dispersos en potreros, pastoreo en ecosistemas forestales, pastoreo en plantaciones forestales, pastoreo bajo cocoteros y otros frutales y cercas vivas:

Árboles dispersos en potreros

La diversidad de árboles dispersos en potreros proviene de la vegetación original; entre ellos, frutales nativos y naturalizados, árboles que proporcionan sombra; y, de manera notable, especies maderables, que contribuyen de manera significativa a la demanda de maderas finas tropicales.

En el sector agropecuario y entre los productores se reconoce la sobreexplotación y escasez actual de *C. odorata* y *S. macrophylla*, en los estados y países donde estas especies se encuentran en forma nativa; lo que provoca una mayor demanda de *C. alliodora* y *T. rosea*; que, hasta hace algunos años, tenían poca importancia comercial como especies maderables (Grande y Maldonado, 2011).

La actividad ganadera en áreas tropicales es frecuente en los estados de Colima, Jalisco y Nayarit; los productores, en forma deliberada, dejan especies forestales; entre ellas, maderables y de múltiples usos (cuadro 1), como la guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), *G. sepium*, *L. leucocephala*, guajillo (*L. lanceolata* S. Watson var. *lanceolata*), especies valiosas que proporcionan forraje de alta calidad proteica (Palma, 2005; Román *et al.*, 2013).

Entre las especies maderables y de importancia forrajera destacan, en las tres entidades: *B. alicastrum*, *B. simaruba*, *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *T. donnell smithii*, *H. courbaril* y *H. polyandra*, que el productor, intencionadamente, deja en los potreros por la belleza escénica y por la fuente de alimento que representa para la ganadería, durante la época seca (Román *et al.*, 2011).

Sin embargo, en áreas de aprovechamiento maderable, la regeneración natural es escasa; principalmente, por la competencia que se tiene con la vegetación herbácea; por lo que es necesario aplicar tratamientos de deshierbe y remoción de suelo, para lograr un mejor desarrollo; sobre todo, con especies heliófitas, como *T. rosea*, tal como lo indicaron Mora *et al.* (2006).

Otras especies incluyen a *T. donnell smithii*, *C. odorata*, *C. elaeagnoides*, *S. humilis*, *C. alliodora*, *S. saman* y *A. lebeck*; estas dos últimas son introducidas en los tres estados, adaptándose en forma excepcional, con un rápido crecimiento (sobre todo, *S. saman*). De estas especies, *H. polyandra* presenta buena regeneración natural y se puede encontrar en diferentes clases diamétricas, ya que no es consumida por los animales en su etapa juvenil (Mora, 2003).

Samanea saman y *E. cyclocarpum* son árboles de copa amplia, útiles como sombra en los potreros; sus frutos constituyen una excelente fuente de forraje para animales y fauna silvestre, presentes en la época seca. Las semillas de estas especies se dispersan por los animales y, con manejo de podas de formación, pueden ser aprovechadas como especies maderables.

Cedrela odorata es la especie más vulnerable: no resiste inundaciones, tiene su sistema radicular superficial y es atacada por un barrenador (*Hypsipyla grandella*), que ocasiona lento crecimiento, deformaciones en el fuste, con la consecuente pérdida de su valor comercial (Paul y Weber, 2013).

En el bosque tropical caducifolio de la parte costera del Pacífico resalta por su abundancia, en los estados de Jalisco y Colima, *C. elaeagnoides*, especie maderable de importancia comercial en este ecosistema.

Pastoreo en ecosistemas forestales

En estudios realizados por Román *et al.* (2011) y Román y Mora (2013), se resalta la importancia de especies maderables en sistemas silvopastoriles y remanentes del bosque tropical caducifolio y subcaducifolio, con ganadería extensiva, en el municipio de Tomatlán, Jalisco; las especies que aportan el mayor volumen maderable para aserrío son: *H. polyandra*, *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *T. donnell smithii* y *C. elaeagnoides*. Otras especies presentes pero no abundantes son: *S. humilis* y *C. odorata*, consideradas de mayor valor en el mercado.

En estos sitios existe la presencia de otras especies maderables valiosas y que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2001, como: palo culebro (*Astronium graveolens* Jacq.), árbol maría (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) y *T. chrysantha*. La especie de *P. mexicana* endémica de los estados de Colima y Jalisco, es utilizada para postes y construcción de palapas; las cuales son techadas con hojas de palma (*Sabal mexicana* Mart.), como un recurso forestal no maderable, cuya práctica es común en Jalisco, Colima y Nayarit, sobre todo en las zonas turísticas.

Pastoreo en plantaciones forestales

El pastoreo en plantaciones forestales y frutales se realiza en los tres estados en estudio; la plantación forestal se practica en combinación con cultivos durante los primeros años; posteriormente, en muchos casos, se introducen animales cuando la especie forestal está fuera del alcance de ramoneo.

Así, en Tomatlán, Jalisco, se ha observado en plantaciones de *Cedrela odorata* a bovinos en pastoreo; en este mismo municipio, cerca del poblado El Tequesquite, se realizó una plantación con diversas especies que incluyen a: *C. odorata*, *S. macrophylla*, *C. elaeagnoides*, tampizirán (*Dalbergia congestiflora* Pitier), *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *H. polyandra* y *T. donnell smithii*, entre otras; y cuando estas especies presentaban alturas de aproximadamente dos metros, se introdujeron ovinos de la raza Pelibuey, que consumen hierbas y pastos que crecen entre las plantaciones, lo que permite al productor obtener ingresos adicionales a corto plazo, por la venta del componente animal.

Pastoreo bajo cocoteros y otros frutales

El pastoreo bajo cocoteros es común en Colima, Jalisco y Nayarit; los tres estados presentan superficies importantes de plantaciones de cocoteros (*Cocos nucifera* L.) en combinación con otros frutales, como: tamarindos, mangos, guanábanas, plátanos y cítricos.

También, en muchos sitios se maneja el componente animal; sobre todo, en los municipios costeros de dichos estados. Así, en el municipio de Tecomán, Colima, es frecuente observar a bovinos y ovinos en pastoreo bajo cocoteros, consumiendo pastos como *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. y *P. maximum* (Palma, 2005), así como ovinos en cítricos.

En la localidad de Madrid, del estado de Colima, se realizaron plantaciones de altas densidades de *L. leucocephala* var. *cunningham*, con *Pennisetum purpureum* var. Cuba CT-115, para producir forraje para la ganadería, con densidades de hasta 80 mil árboles/ ha, donde se observó alta producción de biomasa (Anguiano *et al.*, 2012).

Cercas vivas

Las cercas vivas son otra modalidad de los sistemas silvopastoriles; su principal función es delimitar la propiedad e impedir el paso de personas y animales domésticos. Pueden servir de corredores para la fauna silvestre, el diseño incluye el arreglo de una sola especie o multiestratos; también pueden ser especies que aportan forraje para la ganadería; entre ellas: *P. dulce*, *Ficus spp.*, *Acacia spp.*, *asmol* (*Ziziphus mexicana* Rose), *G. ulmifolia*, *Caesalpinia spp.* y vainillo (*Senna atomaria* (L.) H.S. Irwin & Barneby), o especies maderables, que el productor conserva de la regeneración natural.

Las cercas multiestratos tienen mayor biodiversidad y son conservadas por los productores por sus características de usos múltiples (cuadro 1). Entre las especies más representativas de tipo maderable en el área de estudio se pueden citar: *Hymenaea courbaril*, *T. rosea*, *T. donnell smithii*, *E. cyclocarpum*, *S. humilis*, *B. simaruba*, *P. dulce* y *C. odorata*; entre las más abundantes (Román y Palma, 2007; Román *et al.*, 2011).

En Tepames, municipio de Colima, existe una diversidad de especies de uso múltiple como cercos vivos; la mayoría de ellas nativas. Destacan, por su abundancia, *P. dulce*, *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *Spondias mombin* L., cuastecomate (*Crescentia alata* Kunth), *G. ulmifolia* y *C. odorata*.

Por otro lado, en el estado de Jalisco, en el trópico seco, además de estas especies es común observar *Bursera simaruba*, *G. sepium* y *G. ulmifolia*.

Sin embargo, en los últimos años, la CONAFOR ha fomentado en el trópico seco, de los estados en estudio, la producción del coral (*Caesalpinia platyloba* S. Watson), especie maderable y, actualmente, utilizada como cerco vivo, además de tener gran aceptación por los productores para postes, por la durabilidad de la madera.

Sistemas agrosilvopastoriles

Este tipo de sistemas están incluidos en los ya señalados, cuando está presente el componente animal con cultivos; entre ellos, el pasto y el leñoso, como por ejemplo: huertos caseros con animales, combinación-plantación-cultivo, con el componente pecuario en pastoreo.

CUADRO 1
Especies forestales tropicales y su diversidad de usos locales (reportados en la literatura).

Nombre científico	Familia	Sms	Sbc	Usos
<i>Acacia acatensis</i> Benth.	Fabaceae		*	4,6,7, 11,12
<i>A. cochliacantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae		*	4,6,7, 11,12
<i>A. macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae		*	2,4,6,7,11,12,13
<i>A. pennatula</i> (Schltdl. et Cham.) Benth	Fabaceae		*	6,7,10
<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liemb.	Simaroubaceae		*	2,3,4,7,8,12
<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Standl.	Anacardiaceae		*	2,4,6
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	*		2,3, 7, 10, 12
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Arecaceae	*		1,4,6, 8,12
<i>Bauhinia divaricate</i> L.	Fabaceae	*	*	2,6,7,12
<i>B. paulletia</i> Pers.	Fabaceae	*	*	2,6,7,8
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	*		1,2,3,4,6, 7,8,12
<i>Bursera arborea</i> (Rose) L. Riley	Burseraceae	*		2,3,4,6
<i>B. simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	*	*	2,3,4,5,6,7,9,12
<i>Caesalpinia coriaria</i> (Jacq.) Willd.	Fabaceae		*	2,6,11,12
<i>C. platyloba</i> S. Watson	Fabaceae		*	3, 4,6, 12,13
<i>C. sclerocarpa</i> Standl.	Fabaceae		*	3,4,6,7
<i>Calliandra calothyrsus</i> Meisn	Fabaceae		*	6,7,12
<i>C. houstoniana</i> (Mill.) Standl.	Fabaceae		*	2,4,6,7,12
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Clusiaceae	*		2,3,6, 10,
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol,	Urticaceae	*		2,3,4,5,6,7,13
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	*		2,3,5,7 8,10,12
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	Malvaceae		*	2,4, 6,7, 8,10,12
<i>C. pentandra</i> (L.) Gaertn	Malvaceae	*	*	2,3,8,9
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton et Rose var. leucospermum (Brandege)	Fabaceae		*	2,3,6
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng	Bixaceae		*	1,2, 3, 4, 6,7, 8, 10, 12,13
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	*	*	1,2,3,4,5,6,7,10,12
<i>C. elaeagnoides</i> DC	Boraginaceae		*	2, 3,4,6,7,8.,12
<i>Couepia polyandra</i> (Kunth) Rose	Chrysobalanaceae	*		1,3,8
<i>Crescentia alata</i> Kunth	Bignoniaceae		*	2,4,6,8,10
<i>Dalbergia congestiflora</i> Pittier	Fabaceae	*	*	3, 8, 12
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Fabaceae	*		1,2,3,4,5,6,7,8, 10,11,12,13

Sms= Selva mediana subcaducifolia; Sbc= Selva baja caducifolia (adaptado de Román et al., 2011).
1: consumo humano, 2: medicinal, 3: maderable, 4: cerco vivo, 5: sombra, 6: forraje, 7: leña, 8: ornamental, 9: ceremonial, 10: artesanías, 11: taninos, 12: útil para la apicultura, 13: postes.

CUADRO 1

Nombre científico	Familia	Sms	Sbc	Usos
<i>Erythrina lanata</i> Rose.	Fabaceae		*	4,6,8
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Fabaceae		*	2,4,6,7,8,9,10, 12
<i>E. platycarpa</i> Pennell et Saff.	Fabaceae		*	4,6,7,12
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	Moraceae	*		2,4, 5, 6, 12
<i>F. insipida</i> Willd. subs. insipid	Moraceae	*		2, 4, 5,6, 10,13
<i>F. padifolia</i> Kunth	Moraceae	*		1,2,4,5,6
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud	Fabaceae		*	4,6,7,8,12
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	*	*	1,2,3,4,5,6,7, 10,12,13
<i>Gyrocarpus jatrophifolius</i> Domin.	Henandiaceae		*	2,3, 4
<i>Hura polyandra</i> Baill.	Euphorbiaceae	*	*	2,3,4,6,8
<i>Haematoxylum brasiletto</i> H. Karst.	Fabaceae		*	2,3,4,6,12,13
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	*	*	2, 3, 4, 6
<i>Inga eriocarpa</i> Benth	Fabaceae	*		5,12
<i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	Caricaceae		*	1, 2,6,9, 12
<i>Leucaena lanceolata</i> S. Watson	Fabaceae	*	*	1,4,5,6
<i>L. leucocephala</i> Wit.	Fabaceae		*	1,2,6,7,12
<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	Fabaceae		*	2,3,4,5, 6,7,11,
<i>L. microphyllum</i> Benth	Fabaceae	*	*	4,5,6,7, 12
<i>Maltaviscus arboreus</i> Cav.	Malvaceae	*		2, 6,8
<i>Montanoa bipinnatifida</i> (Kunth) K. Koch	Asteraceae		*	4,6,8
<i>Piranhea mexicana</i> (Standl.) Radcl.-Sm.	Picrodendraceae	*	*	3,13
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Fabaceae	*		1,2,3,4,5,6,7,8, 11,12,13,
<i>Plumeria rubra</i> L.	Apocynaceae		*	1,2,4, 8, 9,12
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	Malvaceae		*	2,3, 4,6,7,8,10,12
<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	*	*	2,4,5,6,7,8, 13
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	*	*	1,2,4,6,7,10, 12
<i>S. purpurea</i> L.	Anacardiaceae	*	*	1, 2, 3, 4,6,7,12
<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	Meliaceae	*		2,3,4,10, 12
<i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose	Bignoniaceae	*		2, 3,8,12
<i>T. rosea</i> (Bertol.) A. DC.	Bignoniaceae	*		2,3, 4, 5,6,7,8,12
<i>T. chrysantha</i> G. Nicholson	Bignoniaceae	*		3,8,12

SERVICIOS AMBIENTALES EN SISTEMAS AGROFORESTALES

El concepto de servicios ambientales y su valoración económica es relativamente reciente; en las últimas décadas este aprecio por los servicios que proporcionan los bosques y los SAF, como protectores de ciclos hidrológicos, captura de bióxido de carbono y conservación de la biodiversidad.

El pago por servicios ambientales (PSA) considera que los usuarios de estos servicios paguen a los poseedores de los recursos forestales para que adopten prácticas de manejo, que eleven o, al menos, mantengan las áreas verdes, y compensar el costo de oportunidad que se tendría con alguna otra actividad que ponga en riesgo al ecosistema.

Como parte de esta estrategia la CONAFOR emprendió dos iniciativas: el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), en 2003, y el Programa de Pago por Captura de Carbono, Biodiversidad y Agroforestería (PSA-CABSA), en 2004. En la actualidad, únicamente está vigente el programa PSAH (FONAFITO, 2012).

Al respecto, los estados que reciben este apoyo son Jalisco y Colima; no se tiene documentado para el estado de Nayarit. En Jalisco, se han beneficiado 11 municipios de la zona sur; los cuales reciben PSA, por captación de agua, mantenimiento de la biodiversidad, así como por la captura y almacenaje de carbono.

Destaca también, en Colima, el apoyo a ejidos de Minatitlán; entre ellos, el “Lic. Fernando Moreno Peña” (El Arrayanal), quienes reciben pago por captura de agua y conservación de la biodiversidad, que incluye el cultivo de café bajo la sombra de árboles nativos (CONAFOR, 2011).

En este sentido, los SAF representan una estrategia para la generación de servicios ambientales; entre ellos, el secuestro de carbono.

En Tecomán, Colima, se realizó una plantación de altas densidades de *L. leucocephala* var. *cunningham*, junto con pasto *Pennisetum purpureum* Cuba CT 115, donde se evaluó la captura de carbono, presentando valores de: 101.19; 109.73; 122.00 y 128.62 t C+ ha⁻¹ al año, para densidades de 0, 40, 60 y 80 mil plantas de *Leucaena leucocephala* (Anguiano *et al.*, 2013).

Los SAF contribuyen a la generación de servicios ambientales; sobre todo, aquellos que incluyen obras y tecnologías para la conservación de suelos y captación de agua. Esto evita la erosión, favorece a una mayor captura de agua y, en el aspecto económico, se reduce hasta en un 50 % el uso de fertilizantes (menor contaminación de suelos). La estructura arbórea incrementa la biodiversidad a través de las ramas, raíces y hojarasca; en estos hábitats se favorece la diversidad de microorganismos (Morán *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Los tres estados estudiados presentan una diversidad de los SAF con la inclusión de especies de uso múltiple; resaltan los SSP, con árboles dispersos en potrero, cercas vivas de varios estratos; dentro de los sistemas agrosilvícolas: el cultivo de cocoteros con otros frutales y, en ocasiones, con el componente animal; cafetales con árboles de sombra y los huertos familiares, por lo que los SAF —en el trópico seco en la zona de estudio— son una alternativa viable que genera recursos económicos para los productores.

Además, representan una opción para diversificar la producción de alimentos y obtener, de las especies arbóreas introducidas, productos forestales maderables y no maderables; entre ellos: leña, forraje, madera, y postes, lo cual reduce la presión a los bosques nativos y conservan la diversidad biológica en estos ecosistemas.

Asimismo, se resalta la importancia de los sistemas agroforestales en la generación de servicios ambientales, como: secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad, mayor calidad y cantidad de agua y conservación de suelos; por lo que se justifica su fomento para mejorar la calidad de vida y el desarrollo sostenible en zonas tropicales.

Comentarios finales

Es importante destacar que la propuesta de introducir árboles en los sistemas de producción agropecuaria tiene como objetivo el incremento de las áreas con especies forestales y la reducción de la presión a los bosques naturales, por recursos forestales maderables y no maderables; por lo cual, se recomienda el establecimiento de los sistemas agroforestales en las áreas agropecuarias, sin la eliminación de la vegetación original. Es imprescindible valorar todos los bienes y servicios que nos proporcionan los SAF y es fundamental la gestión para que se apoyen proyectos en los que se ejecute un manejo eficiente del suelo con la producción de alimentos en forma sostenible y conservando los recursos naturales.

LITERATURA CITADA

- Alvear-Caicedo, C. M.; Melo, M. W.; Apráez, G. J. E.; Gálvez, C. A. e Insuasty, S. E. G. (2013). Especies arbóreas y arbustivas con potencial silvopastoril en la zona de bosque muy seco tropical del norte de Nariño y sur de Cauca. *Agroforestería Neotropical* (3): 36-46.
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2012). Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocos nucifera*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46 (1):103-107.
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2013). Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *Leucaena leucocephala*, var. *cunningham* y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria* 17 (1):149-160.
- Ávila-Ayala, R.; Muñoz-Gutiérrez, L. y Mireles, R. E. (2012). *Manejo de una plantación Forestal mixta en la planicie Huasteca*. INIFAP-SAGARPA, San Luis Potosí, S.L.P. 48 pp.
- Beer, J.; Ibrahim, M.; Somarriba, E.; Barrance, A. y Leakey, R. (2004). *Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. Árboles de Centroamérica*. OFI-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 197-242 pp.
- Betancourt, K.; Ibrahim, M.; Harvey, C. y Vargas, B. (2003). Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Mantiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Avances de Investigación. Agroforestería en las Américas* 10 (39- 40):47-51.
- CONABIO. (2006). *Capital natural y bienestar social*. 1ª. edit. Redacta, S.A. de C. V., México. 71 pp.
- CONAFOR. (2009). *Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México*. Colegio de posgraduados. México. 472 pp.
- CONAFOR. (2011). *Servicios ambientales y cambio climático*. 76 pp. Disponible en: http://sernapam.tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/dpcc_servicios_ambientales_cambio_climatico.pdf (Consultada el 19 de octubre de 2016).
- De la Cruz, B. (2009). *Sistemas agroforestales: Ventajas y desventajas*. Disponible en: <http://edialogo.ning.com/forum/topics/sistemas-agroforestales> (Consultada el 3 de marzo de 2016).
- De la Ossa-Lacayo, A. (2013). Cercas vivas y su importancia ambiental en la conservación de avifauna nativa. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 5 (1): 171-193.
- FONAFITO, CONAFOR y Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador. (2012). *Lecciones aprendidas para REDD+ desde los programas de pago por servicios ambientales e incentivos para la conservación*. Ejemplos de Costa Rica, México y el Ecuador. Disponible en: <https://www.forestcarbonpartnership.org/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/PDF/June2012/PSA%20para%20REDD+%20en%20Espa%C3%B1ol%20versi%C3%B3n%20completa.pdf> (Consultada el 7 de junio de 2016).
- Gaspar-Peralta, A. M.; Distancia, C. O.; Sánchez-Calderas, A. y Román, M. L. (2005). Diversidad de especies y usos de los huertos caseros de familias del medio rural. Ed. 2005-*Avances en la Investigación Científica en el CUCBA*. pp 61-64. ISBN: 970-27-0770-6.
- Gaviria, X.; Rivera, J. y Barahona, R. (2015). Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes de un sistema silvopastoril intensivo. *Rev. Pastos y Forrajes* 38 (2): 194-201.
- González-Martínez, A. J.; Chavarría-Ñamendi, F. J. y Rojas-Hernández, J. (2016). *Incidence of Hypsipyla grandella Zoller in Cedrela odorata and Swietenia humilis in an Agro Forestry System Taungya*. Disponible en: <http://www.sjpub.org/sjmb/sjmb-201.pdf> (Consultada el 12 junio de 2016).
- Grande, D. y Maldonado, M. Los sistemas silvopastoriles del estado de Tabasco. En: Palma-García, J. M.; Toral, J. N.; Sanginés-García, L. (Eds.). *Agroforestería pecuaria en México. Alternativas para una reconversión ganadera sustentable*. México, Universidad de Colima, ECOSUR, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. (2011). 15-40 p.
- Jadán, O.; Günter, S.; Torres, B. y Selesi, D. (2015). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. *Rev. Forestal Mesoamericana Kurú* 12(28): 13-22.

- Krishnamurthy, L. y Ávila, M. (1999). *Agroforestería básica. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental*. No. 3. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México. 340 pp.
- López-Sánchez, E. y Musalém, M. A. (2007). Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas, Veracruz, México. *Rev. Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 13(1): 59-66.
- Miranda, F. y Hernández, X. (1963). Los tipos de vegetación de México y su distribución. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 28: 29-179.
- Mora, S.A. (2003). *Fenología y regeneración natural de tres especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia de la Costa de Jalisco*. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México, México.
- Mora, S. A.; Valdez-Hernández, J. I.; Ángeles, P. G.; Musalem, S. M. A. y Vaquera, H. H. (2006). Establecimiento y desarrollo de plántulas de *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae) en una selva subcaducifolia manejada de la costa del Pacífico de México. *Rev. Biol. Trop.* 54 (4): 1215-1225.
- Morán, M.B.; Herrera, A. y López, B. K. (2014). Evaluación socioeconómica y ambiental en tres sistemas agroforestales en el trópico seco nicaragüense. *Rev. Científica de FAREM- Esteli. Medio Ambiente. Tecnología y Desarrollo Humano* 11 (3): 13-26.
- Nair, P. K. (1997). *Agroforestería*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo, México. 543 pp.
- Orantes-García, C.; Caballero, R. A. y Velázquez, M. M. A. (2012). Aprovechamiento del árbol nativo *Brosimum alicastrum* Swartz (Moraceae) en la selva Zoque, Chiapas, México. *Lacandonia* 6 (1): 71-82.
- Palma, J. M.; Ruiz, T. E. y Jordán, H. (2000). *Bancos de proteína con Leucaena leucocephala. Una experiencia de transferencia de tecnología en sistemas silvopastoriles en México*. Editorial Agrosystems Editing. México. 58 pp.
- Palma, J.M. (2005). Los árboles en la ganadería del trópico seco. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria* 9 (1): 1-11.
- Palomeque, F. E. (2009). *Sistemas agroforestales*. Disponible en: <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemas-agroforestales.pdf?iv=54> (Consultada el 2 de octubre de 2016).
- Paul, C. y Weber, M. (2013). *Intercropping Cedrela odorata with Shrubby Crop Species to Reduce Infestation with Hypsipyla grandella and Improve the Quality of Timber*. Disponible en: <http://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/637410/> (Consultada el 19 de junio de 2016).
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. K. (2005). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. 3ª edición. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 523 pp.
- Reyes, J. J.; Padilla, C.; Martín, C. P.; Gálvez, M.; Rey, S.; Noda, A. y Redilla, C. (2015). Consumo de forrajes tropicales por vacas lecheras, mestizas Siboney, manejadas en condiciones de estabulación. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*. 19(1): 31-40.
- Rivas-Torresi, D. (2005). *Sistemas agroforestales*. Traducción del documento de ICRAF. Disponible en: <http://www.rivasdaniel.com/AGROFORESTERIA.pdf> (Consultada el 16 de junio de 2016).
- Rodríguez, R.; González, N.; Alonso, J.; Domínguez, M. y Sarduy, L. (2014). Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48 (4): 371-378.
- Román, M. L.; Martínez, R. L. A.; Mora, S. A.; Torres-Morán, P.; Gallegos, R. A. y Avendaño, L. A. (2013). *Leucaena lanceolata* S. Watson ssp. *lanceolata*, especie forestal con potencial para ser introducida en sistemas silvopastoriles. *Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y el Ambiente* 19 (1): 103-114.
- Román, M. L. y Mora, S. A. (2013). *Especies forestales nativas en sistemas agroforestales en el Occidente de México*. En: Salcedo, E., Hernández, E., Vázquez, J.A., Escoto, T. y Díaz, N. (Eds.). Recursos Forestales en el Occidente de México. Diversidad, Manejo, Producción, Aprovechamiento y Conservación. Amaya Ediciones. México. 387-406 p.
- Román, M. L.; Mora, S. A. y Gallegos, R. A. (2011). Árboles y arbustos de uso múltiple en la costa de Jalisco, México. En: Endara, A., Mora, S. A. y Valdez, H. J. I. (Eds.). *Bosques y árboles del Trópico Mexicano: Estructura, crecimiento y usos*. Pandora, S.A. México. 81-106 p.

- Román, M. L. y Palma, J. M. (2007). Árboles y arbustos tropicales nativos productores de néctar y polen en el estado de Colima, México. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*. 11 (3): 3-24.
- Rosales, A. J. J.; Cuevas, G. R.; Gliessman, S. R. y Benz, B. F. (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.
- Ruiz-González, C. G. (2015). *Crecimiento y turno absoluto de Cedrela odorata L. a 17 años de establecimiento en plantaciones de acabual, Pochutla, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Antonio Narro. División de Agronomía. Departamento Forestal. Saltillo, Coah., México.
- Rzedowski, J. (1983). *Vegetación de México*. Edit. Limusa, S. A., México. 2da. Reimpresión. 432 p.
- SEMARNAT. (2005). *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Compendio de Estadísticas Ambientales. SEMARNAT, México. Disponible en: http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/informe_mex2005.pdf. 382 p. (Consultada el 21 de junio de 2016).
- SEMARNAT. (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y de desempeño ambiental. http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf. 382 p. (Consultada el 3 de junio de 2016).
- Silva-Guzmán, J. A.; Ramírez-Arango, A. M.; Fuentes, T. F. J.; Rodríguez-Anda, R.; Turrado, S. J. y Georg-Richter, H. (2015). Diagnóstico de la industria de la transformación primaria de las maderas tropicales de México. *Rev. Mexicana de Ciencias Forestales* 6(28): 202-221.
- Velázquez, A.; Mas, J. F.; Mayorga-Saucedo, R.; Díaz, J. R.; Alcántara, C.; Castro, R.; Fernández, T.; Palacio, J. L.; Bocco, G.; Gómez-Rodríguez, G.; Luna-González, L.; Trejo, I.; López-García, J.; Palma, M.; Peralta, A.; Prado-Molina, J. y González-Medrano, F. (2002). Estado actual y dinámica de los recursos forestales de México. CONABIO. *Biodiversitas* 41: 8-15.
- Villagaray, S.M. y Bautista, E. I. (2011). Sistemas agroforestales con tecnología limpia en los suelos del VRAEM, Perú. *Acta Nova*; Vol. 5 (2): 289-311.