

Sistemas agroforestales para la adaptación al cambio climático en el área protegida La Frailescana, Chiapas, México

Martin Laurenceau y Lorena Soto Pinto¹

Resumen. Campesinos de Chiapas establecieron sistemas agroforestales de maíz asociado con árboles maderables (*Ixim'te* tipo *Taungya*) para incrementar el valor de su tierra, así como mitigar y adaptarse al cambio climático en la zona de amortiguamiento del área protegida La Frailescana. El objetivo de este estudio fue analizar el desempeño de estos sistemas en los primeros años de establecimiento y los tradeoffs, asociados en tres comunidades del Área Protegida La Frailescana. Se realizaron inventarios ecológicos en 20 parcelas y se aplicaron 28 entrevistas. Los resultados mostraron relación positiva y significativa entre el tiempo de establecimiento y la complejidad, diversidad, biomasa, riqueza de especies, volumen de madera y valor económico ($p < 0.05$), al mismo tiempo, este sistema mantiene los rendimientos de maíz (1ton/ha) y frijol (600kg/ha) asociados a los árboles maderables (se observaron 33 especies arbóreas). Este sistema contribuye a la mitigación y adaptación al cambio climático, captura de carbono, además de que produce alimentos, genera valor económico e ingresos. Sin embargo, se observaron algunos tradeoffs socioecológicos.

Palabras clave: agroforestería, maíz con árboles maderables, pagos por servicios ambientales, Sierra Madre, *Taungya*, uso del suelo.

¹ El Colegio de la Frontera Sur, e-mail: lsoto@ecosur.mx

Abstract. *Farmers in Chiapas established agroforestry systems with maize associated to timber trees (Ixim'te Taungya type) to increase value to their land, mitigate and adapt to climate change. The aim of this study was to analyze the performance of these systems during the early years of the establishment and to discuss the associated tradeoffs, in three communities of the Frailescana Protected Area. Ecological inventories were conducted in 20 plots, 28 interviews were applied. The results showed significant positive relationship among the establishment time and complexity, diversity, biomass accumulation, species richness, wood volume and economic value ($p < 0.05$). At the same time, this system maintains maize (1ton / ha) and bean (600kg / ha) yields. Thirty three woody species were recorded. This system contributes to mitigate and adapt to climate change, sequesters carbon, produces food, and yields economic value and income. However, some social and environmental tradeoffs were observed.*

Keywords: *agroforestry, maize with timber trees, payment for environmental services, Taungya, Sierra Madre, land use change.*

INTRODUCCIÓN

Según las últimas estimaciones, el calentamiento de la tierra será entre 1.5 y 2.5 grados Celsius durante el próximo siglo, si no se logran frenar las emisiones de gases de efecto invernadero. Las consecuencias del calentamiento serían catastróficas para la biodiversidad mundial, el funcionamiento de los ecosistemas y la disponibilidad de los servicios ambientales (IPCC, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/index.shtml>).

Los sistemas agroforestales se han considerado importantes para ofrecer múltiples productos y servicios socioecológicos (Moreno *et al.*, 2013), y para contribuir en el proceso de mitigación y adaptación al cambio climático (Soto *et al.*, 2012). La agroforestería no sólo puede contribuir al proceso de captura de carbono, sino ayuda a diversificar los bienes de las familias campesinas a través de la disponibilidad de

alimentos, forrajes, leña, madera, medicinas, así como servicios tales como la polinización, la sombra, el control de plagas y enfermedades, y la conservación de recursos naturales (Tscharrntke *et al.*, 2011).

En los últimos años, México y los países mesoamericanos se han visto afectados por desastres naturales como huracanes y sequías, al respecto existe un consenso de que la frecuencia e intensidad de este tipo de eventos es probable que aumente en el futuro (Philpott *et al.*, 2008; Schroth *et al.*, 2009). Estudios realizados en México, Guatemala y Honduras indican que las temperaturas han aumentado entre 0.2 y 1 °C, y en algunos casos las lluvias han disminuido hasta en 15% con respecto a los últimos 30 años, por lo que algunas de las regiones cafetaleras más secas en Mesoamérica podrían dejar de producir café a finales de siglo.

En el estado de Chiapas, las causas principales de las emisiones de gases de efecto invernadero (78%) son debido a los cambios de uso de suelo (deforestación y degradación forestal), la silvicultura, la agricultura y la ganadería (Morales *et al.*, 2011). La agricultura figura en lugar preeminente, dada la utilización del sistema de roza-tumba-quema con ciclos de rotación de corta duración y la falta de disponibilidad de las tierras para el uso agrícola, lo que trae como consecuencias la degradación del suelo y bajos rendimientos, además de emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera (Cairns y Garrity, 1999).

El fenómeno de cambio climático pasa necesariamente por un proceso de adaptación (ajuste social o natural para reducir la vulnerabilidad causada por los impactos del cambio climático) (Parry *et al.*, 2007) y mitigación (reducción de los impactos). Una agricultura multifuncional que genere bienes de consumo y servicios socioambientales, que sea diversa, ofrezca empleo y conserve la base de recursos naturales podrá estar mejor adaptada al cambio climático (Wilson, 2008).

La región de La Frailescana, en la Sierra Madre de Chiapas, representa una zona de gran importancia por su diversidad de selvas y bosques. Además de su amplia cobertura forestal, La Frailescana es un área de transición entre dos regiones bioclimáticas: el Soconusco y el

sur de la Sierra Madre de Chiapas, y entre dos reservas biológicas: la Sepultura al norte y el Triunfo al sur (Figura 1). Esta región presenta una vulnerabilidad importante al cambio climático, considerando la deforestación para reconversiones a tierras agrícolas, aprovechamiento de los recursos maderables y las frágiles actividades productivas (milpa, cafetales, ganado bovino en su mayoría).

En esta región, campesinos dedicados al cultivo de maíz establecieron sistemas agroforestales de maíz con árboles maderables (*Ixim'te* o *Taungya*) con la finalidad de diversificar la producción, conservar el suelo, producir alimentos de manera tradicional, generar ingresos en el mediano y largo plazos y por los recursos naturales en general, así como adaptarse al cambio climático y ofrecer el servicio ambiental de captura de carbono. Ellos diseñaron, en conjunto con la Cooperativa Ambio, los sistemas de maíz con árboles maderables nativos de alto valor comercial a través del programa *Scolel'te* ("El árbol que crece" en idioma tzeltal, AMBIO, s.f. *Scolel'te*, <http://www.ambio.org.mx>), que funciona desde 1994. Este programa representa el proyecto más longevo de su tipo, a nivel mundial, con más de 1200 productores, distribuidos en más de 90 comunidades campesinas e indígenas del estado de Chiapas.

En este estudio, se analizó el desempeño, estructura y función de sistemas agroforestales de maíz con árboles maderables y los *tradeoffs* en el cambio de uso del suelo en los primeros años de establecimiento, en tres comunidades campesinas del APRN La Frailescana.

Figura 1. En área de estudio en la Sierra Madre de Chiapas, México



MATERIALES Y MÉTODOS

Área del estudio

El estudio se llevó a cabo en tres comunidades de la Sierra Madre de Chiapas, en el Área Protegida de Recursos Naturales La Frailescana, ubicada entre las Reservas de Biosfera la Sepultura y el Triunfo (Figura 1). Los tres ejidos se ubican en el suroeste del estado de Chiapas, en la parte alta de la Sierra Madre, municipio de Villa Corzo. El ejido Bonanza se ubica en la micro-cuenca Monterrey-Frailesca, entre las coordenadas 16° 2' 5.80" y 15° 57' 7.78" latitud norte y los 93° 21' 55.16" y 93° 30' 6.38" longitud oeste. Los ejidos La Unión y Nuevo Refugio se ubican en la micro-cuenca Tierra Santa, localizada entre las coordenadas 16° 2' 5.55" y 15° 58' 0.42" latitud norte y los 93° 24' 55.11" y 93° 30' 10.94" longitud oeste.

La altitud media de las parcelas recorridas es 896 ms n m (entre 861 y 1022 metros), y con pendientes hasta 70%. El clima es de tipo Aw2 (w) en la clasificación de Köppen; es un clima cálido subhúmedo con temperaturas medias superiores a 22°, con una estación de invierno seca y una cantidad de precipitación inferior a 60 mm para el mes más seco. Los suelos son, en su mayoría, litosoles (suelo de piedra, profundidad inferior a 10 cm) asociados con regosoles. Estos últimos son suelos sin estructura y de textura variable, muy parecidos a la roca madre; tienen poco desarrollo, en general son claros o pobres en materia orgánica, suelos frágiles, generalmente de baja fertilidad y susceptibles a la erosión; su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad (INEGI, www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/.../EdafIII.pdf) (CAMBIO, 2014).

Se distinguen tres coberturas vegetales distintas: agricultura, vegetación secundaria y bosque de pino-encino. La agricultura en su mayoría es de temporal, basada en el sistema de milpa, que incluye cultivos de maíz, frijol y calabaza, principalmente. La agricultura permanente consiste en sistemas de café con sombra. La vegetación secundaria se divide en vegetación de pino-encino (algunas especies son *Pinus oocapa*, *Quer-*

cus sapotifolia, *Quercus peduncularis*, *Acacia pennatula*), selva de galería, selva baja caducifolia (algunas especies son *Astronium graveolens*, *Bursera simaruba*, *Bursera bipinnata*, *Cedrela salvadorensis*, *Cordia alliodora*) y selva mediana subperennifolia (algunas especies son *Ulmus mexicana*, *Cedrela salvadorensis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Tapirira mexicana*, *Ceiba pentandra*) (CAMBIO, 2014).

Caracterización de los sistemas agroforestales Ixim'te o Taungya

Se caracterizaron los sistemas de milpa con árboles por medio de variables de estructura: diámetro de los árboles, altura, densidad, y variables funcionales del sistema: captura de carbono (Rendón y Soto, 2007), volumen maderable, valor de la madera, valor económico total, riqueza de especies, índice de complejidad de Holdridge y los valores de importancia de las diferentes especies (Soto y Armijo, 2014).

El volumen maderable se tomó usando la siguiente fórmula (Segura, 2005):

$$\ln V = -9.1833 + 2.0107(\ln D) + 0.7455(\ln H),$$

Dónde: V = volumen maderable del árbol (m³),

D = diámetro (m) y

H = altura (m)

El valor del volumen maderable fue determinado usando los precios de referencia para especies tropicales, y el valor total fue estimado por medio de la fórmula:

$$VT \text{ en USD por hectárea} = VM + VC + PSA,$$

Dónde: VT= Valor Total por ha en USD,
VM= Valor de la Madera,
VC= Valor de los productos comestibles (precio del maíz y el frijol en los primeros años),

PSA= Pago por servicios ambientales (\$891 por ha, pagado en cinco veces los años 1, 2, 3, 5 y 8 después del establecimiento del sistema (Sotero Quechulpa, Cooperativa Ambio, comunicación personal).

Se hicieron regresiones lineares entre edad de las parcelas y las diferentes variables de estructura y de función del sistema en el programa R.

Estimación de los almacenes de carbono

Se analizaron las especies presentes, la captura de carbono y las características del suelo en 20 parcelas: 12 parcelas de milpa con árboles tipo Taungya (entre 1 y 3 años de edad), 6 parcelas de milpa (con maíz, frijol, o ambos) y 2 parcelas de café.

Se midieron la altura (con un hipsómetro Haga) y el diámetro (con una cinta diamétrica) de los árboles y arbustos (diámetro >10cm), y de los juveniles (diámetro de 2-9.9 cm) a 1.3 m a la altura del pecho (d.a.p), en dos rectángulos de 250 m², cada uno en cada parcela. Los rectángulos forman entre ellos una "T", uno de los cuales se marca sobre la pendiente mínima y el otro sobre la pendiente máxima.

Se colectaron ocho muestras de herbáceas en cuadrados de 0.50 m², y cuatro muestras de hojarasca (separando la muestra en hojarasca fresca, seca y humus) en cada parcela. Las muestras fueron secadas, pesadas y después analizadas en un auto analizador LECO para determinar la cantidad de carbono total.

La biomasa aérea se estimó con una fórmula alométrica aceptada por el IPCC (Chave *et al.*, 2005) :

$$BA = \exp [-2.997 + \ln (\rho D^2 H)]$$

Donde: BA = biomasa aérea (kg/árbol),

ρ = densidad de la madera de cada especie o promedio (gr/cm³)

D = diámetro a la altura del pecho (cm),

H = altura (m)

La biomasa de las raíces también se estimó con una fórmula alométrica (Cairns *et al.*, 1997):

$$BR = \exp [-1.0587 + 0.8836 \ln (ABD)]$$

Donde: BR = biomasa total de las raíces gruesas y finas (kg peso seco)

ABD = suma de la biomasa arbórea y arbustiva (Mgha⁻¹ de materia seca).

Se midieron el largo y el diámetro (dos diámetros para las ramas de largo superior a 50 cm) de todas las ramas caídas que cruzan dos cuerdas dispuestas en el centro del lado mayor de los rectángulos (40 m de trayecto). La biomasa de las ramas caídas se calculó con la relación:

$$Brc = Lm * Btr * 10000 / \text{área promedio}$$

Donde,

Brc = Biomasa de las ramas caídas (kg/ha)

Lm = Longitud promedio de las ramas

Btr = Biomasa resultante en el trayecto de 40 m (kg), con área promedio = Lm*40 m

Se colectaron con una barrena 10 muestras de suelo a profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm, que se mezclaron para obtener una muestra compuesta por profundidad y parcela. Las muestras fueron secadas y analizadas en el laboratorio para determinar las tasas de carbono, nitrógeno

(método Kjeldahl), fósforo (método Olsen), caliza, densidad aparente, pH y textura.

Todas las especies registradas en las parcelas de 500 m² fueron colectadas e identificadas.

Aspectos sociales

Se hicieron 28 entrevistas semiestructuradas a productores de las tres comunidades participantes y no participantes del proyecto *Scolec'ite*. Se incluyeron indicadores sobre el manejo de los árboles y cultivos, el uso del suelo, así como la descripción del manejo de sus diferentes parcelas y cultivos. Se llevó a cabo una tipología de los productores en dos etapas: primero, un Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), que permitió resumir todas las variables que describen los individuos en un número reducido de ejes, y segundo, una Clasificación Ascendente Jerárquica (CAH) con el método de Ward, utilizando los tres primeros ejes del ACM, que agrupó los individuos similares en clases.

Además, se hicieron discusiones de grupo con los productores en las tres comunidades sobre los conocimientos que tienen del proyecto (calentamiento climático, mercado de carbono), los posibles riegos (falta de tierras disponibles para la milpa, enfermedades del café, variaciones de los precios) y sus puntos de vista de manera general (nivel de satisfacción, adecuación entre pago y trabajo requerido). Otras entrevistas fueron realizadas con el equipo de trabajo de AMBIO (detalles sobre funcionamiento de los proyectos, presencia en las comunidades, pagos por la captura de carbono).

RESULTADOS

Descripción del sistema de maíz/frijol con árboles (Taungya)

Este sistema consiste en la asociación entre cultivos tradicionales de milpa (maíz, frijol, calabaza, chile, yuca, piña, chipilín, frutales) y árboles maderables de alto valor en un sistema de rotación (Cuadro 1). Durante los primeros años (1 a 3 años) se asocian los cultivos junto a los árboles. Después, cuando hay demasiada sombra para cultivar junto a los árboles, las parcelas se dejan descansar con los árboles establecidos, los cuales se mezclan, al paso del tiempo, con los nativos de acahual (barbecho), hasta que los árboles sean aprovechados. Según el caso, las parcelas vuelven a un sistema de milpa tradicional, evolucionan a un sistema agro-silvo-pastoril o a un sistema de café con sombra (Soto *et al.*, 2013).

En Bonanza, La Union y Nuevo Refugio los productores entraron en el proyecto con la idea de una reconversión al café, la mayoría con una superficie de una hectárea. El plan más común es cultivar maíz, frijol, o ambos, en asociación con los árboles durante los dos primeros años (el maíz y el frijol se siembran en junio y agosto, respectivamente, y se cosechan en diciembre). El tercer año, los productores siembran, en promedio, un cuarto de hectárea con café (dentro de la hectárea de Taungya), aprovechando la sombra de los árboles. Después, durante cada año siembran un nuevo cuarto de hectárea con café, hasta tener un cafetal de 1.5 ha el sexto año. Este escenario varía entre los productores, y algunos decidieron una transición más rápida para obtener un cafetal completo al 4º año.

Cuadro 1. Lista de especies registradas en las parcelas de milpa con árboles (*Ixim'te* o *Taungya*) en comunidades de la APRN La Frailescana, Chiapas, México

Nombre Común	Especie	Familia	Uso
Aguacate, aguacatillo	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	fruto comestible
Café	<i>Coffea arabica</i>	Rubiaceae	comestible
Calabaza	<i>Cucurbita pepo</i>	Cucurbitaceae	comestible
Caoba, Mahogany	<i>Sweitenia macrophyla</i>	Meliaceae	maderable, sombra
Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	frutos para alimento del ganado
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	maderable, sombra
Chalum	<i>Inga oerstediana</i>	Fabaceae	vaina comestible, sombra de café
Cojon de coche	<i>Olmediella betslediana</i>	No identificada	leña
Ixscanal	No identificada	No identificada	leña
Espigal	No identificada	No identificada	leña
Espino, Quebracho	No identificada	No identificada	leña
Frijol	<i>Phaseolus spp.</i>	Fabaceae	comestible
Guanacastle, Piche	<i>Enterobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	forraje, maderable, leña
Guarumbo	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol	Cecropiaceae	maderable,
Guash	<i>Leucaena Brachycarpa</i>	Fabaceae	comestible, forraje, leña
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	comestible, leña
Hierba de burro	No identificada	No identificada	leña

Hormiguillo	Platymicium dimorphandrum	Fabaceae	maderable
Guachipilín	Diphysa robinoides	Fabaceae	maderable, leña, sombra de café
Lolito	No identificada	No identificada	leña
Maculis, Matilis Guate	Tabebuia rosea	Bignoniaceae	maderable
Maíz	Zea mays	Poaceae	comestible, forraje
Malacate	Tricospermum mexicanum	Tiliaceae	maderable, leña
Mango	Manguifera indica	Anacardiaceae	fruto comestible
Matarratón	Glicedidia sypium	Fabaceae	cerco vivo, forraje
Matawai			
Nance	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	comestible
No identificada	No identificada	No identificada	leña
No identificada	No identificada	No identificada	leña

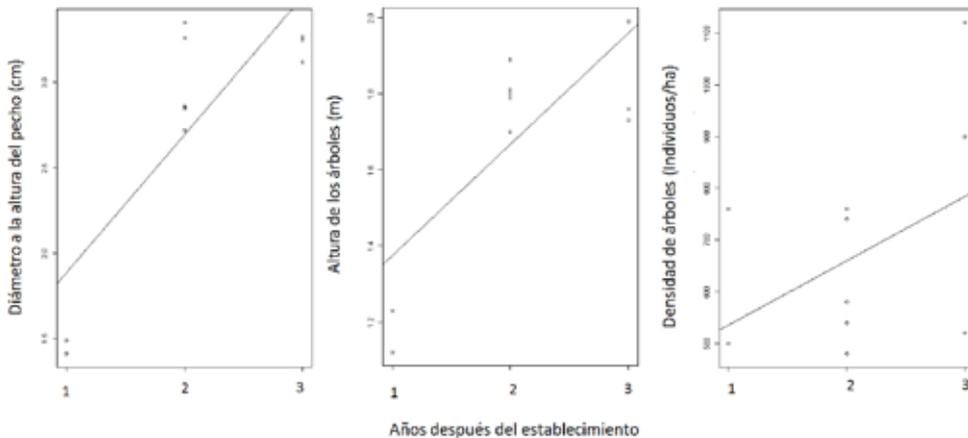
Estructura del sistema y especies

Las especies establecidas fueron: cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Sweitenia macrophylla*), matiliguate (*Tabebuia rosea*) y guachipilín (*Diphysa robinoides*), como madera de alto valor de uso, de servicio, y como sombra del café. Los valores de importancia más altos fueron para el cedro y el guachipilín (177% y 105% el segundo año, respectivamente), ya que fueron las especies sembradas para el enriquecimiento. Se debe notar que los productores no se restringen a estas especies y toleran otros arbustos, así como a árboles nativos que consideran de alto valor de uso o agroecológico, respondiendo a numerosos objetivos y necesidades (especies de sombra, comestible, maderable o para la leña); por lo que al tercer año se observaron 33 especies de árboles y arbustos en total, pertenecientes a 14 familias botánicas

(Cuadro 1). Esto explica, en parte, el aumento del Índice de Complejidad de Holdridge durante los tres primeros años (0.1, 0.3 y 0.6, respectivamente)

Durante los tres primeros años, después del establecimiento del sistema, el diámetro y la altura de los árboles establecidos aumentaron hasta $3.21\text{cm}\pm 0.08$ y 1.83 ± 0.14 ($P<0.01$; $r^2=0.69$, $P<0.01$; $r^2=0.58$, respectivamente) (Figura 2). El número de árboles por hectárea varió entre 500, para el primer año, hasta 1120 árboles, para el tercer año; la relación no fue estadísticamente significativa, pues hubo alta variabilidad entre parcelas ($P>0.05$) (Figura 2).

Figura 2. Cambios en el diámetro, altura y densidad de árboles en los primeros años de establecimiento, en parcelas de maíz con árboles tipo Taungya, en comunidades de la APRN La Frailescana, Chiapas, México



Fuente: elaboración propia

Funciones del sistema

Los usos principales reportados para las especies registradas fueron sombra del café, leña, alimentos, forraje, madera para construcción y herramientas (Cuadro 1).

Se produce una cosecha de maíz, frijol, o ambos (si son cultivados en asociación) por año, con rendimientos de aproximadamente 1t/ha para el maíz (hasta 4 t/ha con maíz híbrido) y 600 kg/ha para el frijol, que es lo que requiere una familia para su alimentación, incluyendo los animales de traspatio. No se encontró efectos de los árboles sobre los rendimientos los dos primeros años, sólo un productor notó una disminución de 1t/ha para su maíz al tercer año.

En los primeros tres años de establecimiento aumentaron las funciones ambientales del sistema, la riqueza de especies ($P<0.01$; $r^2=0.73$), el carbono total ($P<0.01$; $r^2=0.51$), el volumen y valor de la madera ($P<0.01$; $r^2=0.71$) (Figura 3).

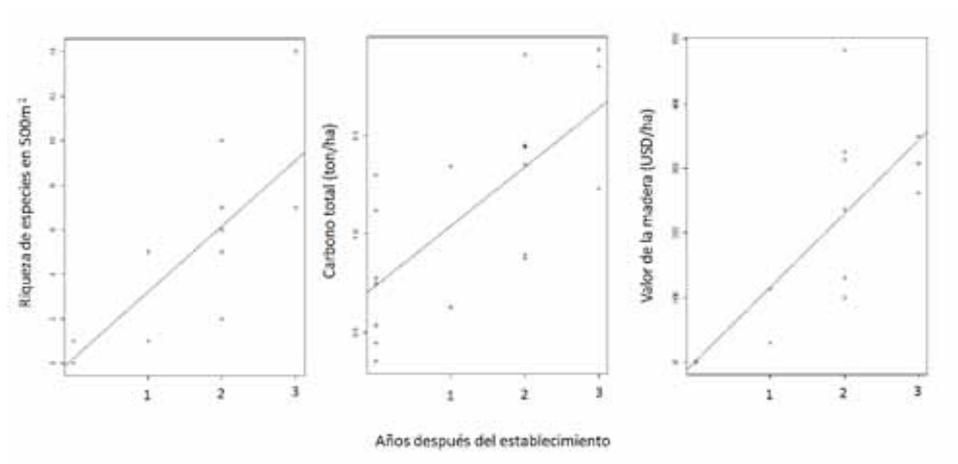
Utilizando las tasas de crecimiento en diámetro y altura, se puede predecir un volumen de madera de 150 m³/ha al año 15, con un valor aproximado de 13000 USD/ha o 5000 USD/ha en valor neto (35 USD/m³), y un valor total de 13900 USD (Figura 4).

Se observaron niveles bajos de carbono en el suelo a las profundidades 10-20 y 20-30 centímetros, los árboles podrían facilitar la incorporación de carbono en el futuro a estas profundidades. Los suelos mostraron buenos niveles de nitrógeno y fósforo.

Este estudio muestra un efecto positivo de este sistema con el paso del tiempo, considerando los tres primeros años del establecimiento y las previsiones a largo plazo, de acuerdo con estudios previos (Soto *et al.*, 2012; Cortina *et al.*, 2012). La utilización de especies maderables de alto valor permite un aumento de la productividad de la tierra, respondiendo, al mismo tiempo, a los objetivos de los productores (desarrollar un dosel forestal para la sombra del café, diversificar los ingresos por madera y el pago por servicios ambientales). Por otra parte, el incremen-

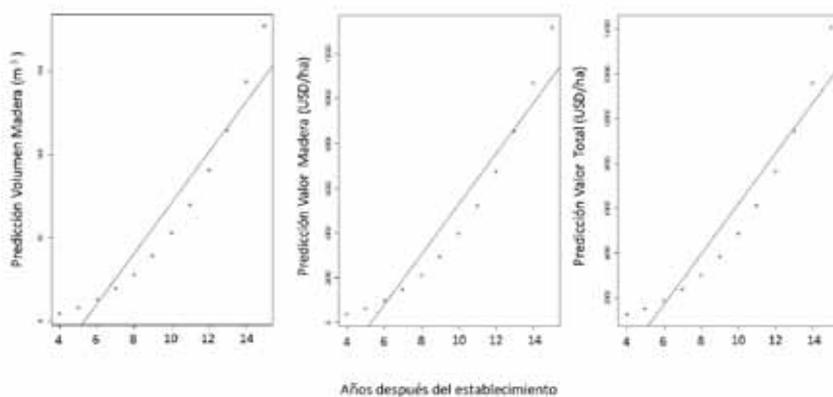
to de la riqueza de especies vegetales favorece la restauración de zonas degradadas en áreas de vegetación secundaria. El sistema de maíz con árboles maderables ofrece numerosos servicios ambientales, tales como el almacenamiento de carbono, la restitución de coberturas forestales, la protección de los suelos contra erosión y el mantenimiento de los ciclos hidrológicos.

Figura 3. Cambios en las variables funcionales en los primeros años de establecimiento, en parcelas de maíz con árboles tipo Taungya, en comunidades de la APRN La Frailescana, Chiapas, México



Fuente: elaboración propia

Figura 4. Predicción del volumen de madera en los primeros quince años de establecimiento de sistemas de maíz con árboles maderables, para comunidades de la APRN La Frailescana, Chiapas, México



Fuente: elaboración propia

Motivaciones de los productores y *tradeoffs* del sistema

El programa Scolel'te es implementado bajo el estándar Plan Vivo, reconocido como uno de los mejores a nivel mundial. La particularidad del Plan Vivo es diseñar el proyecto de manera participativa, por ello parte de un ordenamiento territorial comunitario. Los productores entraron en el proyecto con la finalidad de responder a sus propios objetivos.

Las razones para sembrar los árboles fueron: establecer una sombra para el cultivo del café (100% de los productores entrevistados), obtener madera de alto valor de uso y comercial (50%), el pago por servicios ambientales (40%), mejorar la calidad de la tierra (20%) y cuidar el medio ambiente (20%). Los productores manifestaron interés en reconvertirse al café, considerando que los cafetales pudieran ser más productivos,

en términos de recursos económicos, que los sistemas de milpa, sistema que dicen exige menos trabajo (y a la sombra) y tiene precios más altos que el maíz. De manera general, encontramos que la participación de los productores involucra factores con relación a los ingresos y recursos (cantidad de tierras), y factores relacionados al contexto institucional y social. Los productores poseen un promedio de 4.1 ± 1.7 hectáreas, y los ingresos provienen, en su mayoría, de la venta de los excedentes de maíz y de frijol. Por eso, las posibilidades de diversificar los ingresos con diferentes apoyos representan oportunidades importantes para ellos. Por otra parte, están en un contexto social que favorece su participación en el proyecto. Algunos productores mencionaron los problemas de la falta de apoyos por parte del gobierno y de la variabilidad importante de los precios del maíz como factores explicativos de la participación de la comunidad.

Por otro lado, las reglas del Área de Protección de Recursos Naturales (APRN) La Frailescana prohíben el sistema tradicional de roza-tumba-quema (no se puede quemar), colocando a los productores en una situación difícil, por lo que se ven obligados a recurrir, de manera importante, a los fertilizantes y químicos, que representan gastos importantes y consecuencias en su salud. Asimismo, en busca de alternativas, los cafetales con sombra aparecen como una opción muy interesante. También se derivó de las entrevistas el hecho de que los productores no consideran los riesgos posibles de la reconversión al café en el mediano y largo plazos; la mayoría de ellos no tienen experiencia en el manejo del café y desconocen las dificultades del trabajo que involucra y las capacidades requeridas para su buen manejo, además de que hay que considerar la volatilidad de los precios y la incidencia de plagas y enfermedades, así como los impactos que sobre este cultivo tendrá el cambio climático en los próximos años, especialmente en las zonas bajas.

También se encontró que la cooperativa AMBIO planea intercambios entre campesinos de estas comunidades y otras que tienen una experiencia mayor en el manejo de cafetales, con la intención de compartir

los riesgos del cambio de uso del suelo. Esta cooperativa procura sensibilizar a los productores acerca de la importancia de la diversificación de los cafetales, el manejo orgánico y la importancia de la suficiencia alimentaria. En esa lógica, planea promover la capacitación, siembra y manejo de frutales (Sotero Quechulpa, comunicación personal).

Dinámicas en cambios del uso del suelo

Los ejidos de La Unión, Nuevo Refugio y Bonanza se fundaron en 1984 con una extensión territorial de 570 hectáreas; para 1994 con una extensión de 218 hectáreas, y en 1996 con una extensión de 152 hectáreas. Los tres se fundaron en respuesta a la tensión sobre la tierra en los ejidos de Tierra Santa, Zacatonal de Juárez y La Frailesca, respectivamente (CAMBIO, 2014); la historia de su fundación se enmarca dentro del contexto más amplio de problemas para el acceso a la tierra en México (CAMBIO, 2014). En 1992, el gobierno federal estableció medidas para la creación de nuevos ejidos, facilitando un mercado entre propietarios privados y pequeños productores (CAMBIO, 2014). En 2007, el estado de Chiapas ocupó el primer lugar en nuevos ejidos creados desde 1992, con 63.4% del total nacional (Ramos, 2008). La mayoría de éstos son extensiones de ejidos ya existentes, y son un reflejo de la presión sobre la tierra que se vive en la mayoría de los ejidos chiapanecos (Ramos, 2008).

Se analizó el cambio del uso del suelo de 20 productores del proyecto; del total de los 76.6 hectáreas de tierras que tienen, casi 40% (o 30 hectáreas) entraron en el programa para la reconversión al café, esta conversión se hizo en tierras de milpa (95%), y en potreros (5%).

Se clasificó a los productores en función de sus superficies y usos del suelo, obteniendo 3 grupos de productores distintos (Figura 5). La clasificación con los tres primeros ejes del ACM explican 53.5% de la varianza total. Las contribuciones más importantes a los ejes son las de la superficie total (contribución de 29.9%, 46.3% y 14.4% para los ejes 1, 2 y

3, respectivamente), la superficie de los acahuales (contribución de 28.3%, 42.3% y 32.2% para los ejes 1, 2 y 3, respectivamente) y la superficie de las parcelas de Taungya (contribución de 20.8%, 2.4% y 44.7% para los ejes 1, 2 y 3, respectivamente) (Figura 6). Los usos de suelo en las comunidades son la milpa, los acahuales (vegetación natural derivada de la sucesión en diferente grado de madurez, que se establece después del cultivo agrícola por un periodo de 3 a más de 20 años [Roncal *et al.*, 2008]), los cafetales, los potreros (vegetación arbustiva sin cobertura aparente) y las parcelas tipo Taungya. Las parcelas mayores tuvieron entre 6 y 8 ha en total, al menos 2 ha de acahuales y más de 1 ha en Taungya. En el segundo grupo estuvieron productores con 3 a 6 ha, 1 a 2 ha de acahuales y algunas parcelas de café. En el último grupo, estuvieron los productores con menos de 3 ha y menos de 1 ha de acahuales. Se observó una relación fuerte entre la superficie de tierra y el tipo del uso de suelo; por ejemplo, los acahuales aparecieron sólo a partir de una superficie mínima (3 hectáreas) y como consecuencia un uso más intensivo (en cuanto al tiempo de uso y aplicación de insumos) en las superficies más pequeñas.

Figura 5. Tipología de acuerdo con los productores del proyecto *Scoleté* por su disponibilidad de tierra, en la APRN La Fraileskana, Chiapas, México

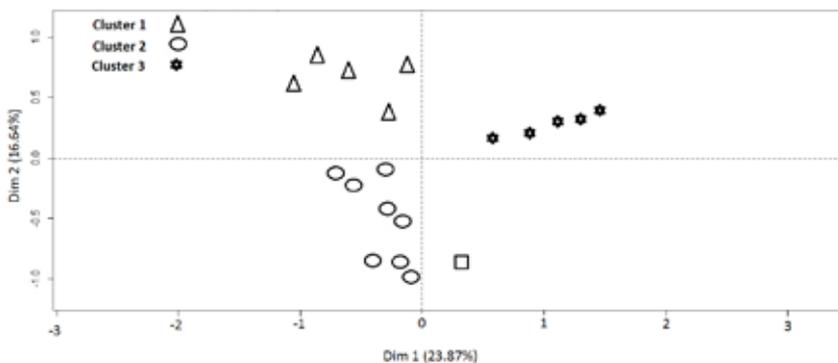
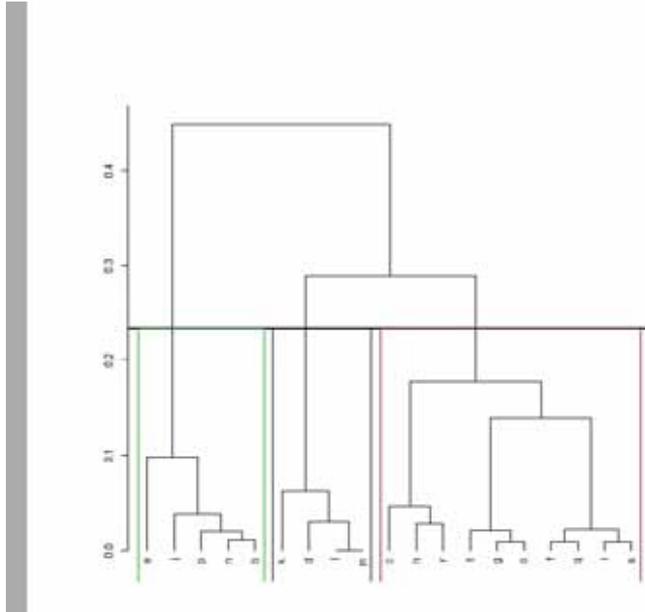


Figura 6. Dendrograma derivado del análisis de Clasificación Ascendente Jerárquica con el método de Ward



Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el desempeño del sistema agroforestal de maíz con árboles maderables es positivo. La estructura y las funciones económicas y socioambientales del sistema se observan crecientes en los tres primeros años de establecimiento. Por su parte, los rendimientos de maíz y frijol no parecen ser muy impactados, como ocurre en los sistemas tradicionales rotacionales (Soto y Armijo, 2014), adicional a que aumentan la densidad de árboles, la riqueza de especies, la biomasa y el potencial de producir madera de alta calidad e ingresos derivados por

ésta. Otro aspecto importante y que no fue evaluado, es que se esperaría que la erosión se frene y se aumente la cantidad de materia orgánica del suelo debido a la incorporación de hojarasca derivada de los árboles del sistema, que estaría funcionando como un descanso o barbecho (Kwesiga *et al.*, 1999; Diemont *et al.*, 2006). Este sistema muestra su potencial para capturar carbono como una función ecosistémica que coadyuva a la mitigación de los efectos del cambio climático; además, dado que es un sistema que produce alimentos variados a lo largo del tiempo, ya sea en la fase de cultivo o en la fase arbórea, puede contribuir a bajar el riesgo y la vulnerabilidad por falta de alimentos en periodos críticos, y también puede generar empleo, ingresos, producir una diversidad de rubros como madera, leña, postes u otras plantas que pueden tener valor de uso y de cambio. Con este sistema se evita la quema, lo que puede contribuir a mantener el suelo, su fertilidad y atributos físicos, todo lo cual puede contribuir a la adaptación al cambio climático.

Sin embargo, observamos también *tradeoffs* en la concepción de largo plazo del sistema y los cambios en el uso del suelo. Los productores como primera prioridad señalaron el establecimiento de la sombra para el cultivo del café, en una zona que es bastante marginal para este cultivo, pues está ubicada debajo de mil msnm y con una marcada estación seca, una zona en donde el café es vulnerable por cuestiones climáticas y de calidad (Schroth *et al.*, 2009). Como en muchas otras regiones de Chiapas y México, se prioriza el sistema de mercado sobre el de autoabasto, dejando de lado las implicaciones que pudiera tener un cambio de uso del suelo y el riesgo de dejar de cultivar la milpa, dado que la superficie con que cuentan es bastante reducida y, en ocasiones, los productores tienen que decidir entre uno y otro sistema. De este modo, es necesario tomar en cuenta las tensiones que pudieran ocurrir por un cambio de uso del suelo, en el contexto de la seguridad alimentaria en sistemas de agricultura familiar. Para los campesinos de esta región, el maíz y el frijol representan los dos primeros alimentos de consumo diario, por ello, al no cultivarse *in situ* tienen que comprarlo, ya sea con productores que tienen

excedentes o fuera de la región, desconociendo a veces su procedencia y calidad. El autoconsumo de maíz varía de 400 kg a 1t/familia/año, y los productores estiman que una hectárea representa la superficie mínima para asegurarse una cosecha suficiente para una familia promedio de 5 miembros.

Entre los productores del grupo con una superficie inferior a 3 hectáreas, algunos casos son preocupantes, por ejemplo, dos productores (sobre los 9 de esta clase) entraron en el proyecto y sólo van a tener de un cuarto a media hectárea para producir maíz, por tanto, tendrán que comprar el maíz, o bien, comprar más tierras, según los propios testimonios; eso podría ser contraproducente, ya que podría favorecer la deforestación en otras tierras y reducir la adicionalidad del proyecto (Sierra & Russman, 2006; Arriagada, 2008; Arriagada *et al.*, 2012; Alix-García *et al.*, 2012) o disminuir las capacidades alimentarias de estas familias al depender de un mercado de alimentos que incrementa sus costos cada vez más. Otros autores ya han demostrado que una cantidad de tierras mínima es una de las condiciones para el éxito de sistemas del tipo Taungya (Paladino, 2011; Soto y Armijo, 2014; Hendrickson y Corbera, 2015).

Por otro lado, la presión que ejercen las instituciones ligadas a la conservación orienta al cambio de uso del suelo. Desde hace varias décadas ocurre el debate sobre los métodos más eficientes para la protección del ambiente, desde las más directas (pagos por servicios ambientales) hasta las “indirectas” (conservación basada en la comunidad y áreas protegidas) (Kiss, 2002; Nepstad, 2006; Andam, 2008; Pattanayak *et al.*, 2010). De hecho, la realidad es más compleja y no se puede reducir a esta discusión dicotómica. En el caso estudiado, el proyecto de pagos por servicios ambientales se hace dentro del área protegida La Frailescana, y más que una competencia entre esquemas de protección ambiental diferentes, se observan dos sistemas complementarios (Cortina *et al.*, 2012). Las reglas principales de la APRN La Frailescana son el control del aprovechamiento forestal, la interdicción del uso del fuego, de la ganadería extensiva, de las plantaciones de café convencionales y de la milpa tipo

roza-tumba-quema (Portillo, 20 marzo 1979; INE, 1999, 1999b; Quesada, 27 de noviembre 2007). Con el fin de promover el respeto de las reglas establecidas, el gobierno tiene diferentes programas, tal como el PSAH (Pagos por Servicios Ambientales Hídricos), y diferentes programas de adaptación al cambio climático (CONANP *et al.*, 2011). Asimismo, las acciones de la Cooperativa AMBIO participan en el esfuerzo general para la adopción de las reglas del área protegida en las comunidades: propone, por ejemplo, apoyos para la adopción de sistemas alternativos a la milpa tradicional, como los sistemas agroforestales de milpa con árboles o los cafetales diversificados, lo cual puede contribuir a la adaptación. Sin embargo, el éxito de la conservación ambiental y de programas, tanto de mitigación como de adaptación al cambio climático, dependen del diálogo que existe entre los diferentes actores de la región, para que se desarrollen acciones colectivas en las comunidades que permitan la aplicación de las normas del APRN, conciliando los intereses y necesidades de las familias campesinas (Dietz *et al.*, 2003). Involucrar a las comunidades en el proceso de conservación ambiental parece particularmente importante, considerando el efecto positivo de las comunidades sobre el medioambiente cuando tienen más poder de decisión en el proceso de gobernanza de los recursos naturales (Cortina *et al.*, 2004; Chhatre y Agrawal, 2009; Ostrom, 2010). Por su parte, el éxito de los pagos por servicios ambientales depende íntimamente de su diseño institucional (Ostrom, 2002; Ostrom, 2007; Chhatre y Agrawal, 2009; Kosoy y Corbera, 2010).

CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales de maíz con árboles maderables de alto valor de uso y comercial establecidos por comunidades, en acompañamiento con el proyecto *Scolel'té* mostraron, durante los tres primeros años estudiados, un desempeño positivo por el incremento en la complejidad, di-

versidad, biomasa, riqueza de especies, volumen de madera y valor económico, y por mantener los rendimientos de maíz y frijol asociado a los árboles maderables. En las comunidades estudiadas de la Sierra Madre de Chiapas este tipo de sistemas ya contribuye a la mitigación al cambio climático por medio de la captura de carbono, y pueden contribuir a la adaptación, ya que son sistemas que producen alimentos, conservan el suelo, pueden generar valor económico por la madera, ingresos y empleo. Sin embargo, hay *tradeoffs* para las familias que cuentan con escasa tierra. La decisión de un cambio de uso del suelo puede poner en riesgo la suficiencia alimentaria y, por otro lado, la reconversión a sistemas agroforestales de café con sombra en zonas bajas y secas es marginal por los efectos de posibles sequías y aumento de la temperatura, así como por la calidad del grano.

Es necesario poner más atención a las dinámicas del uso del suelo de los productores. La diversificación de la producción será uno de los elementos clave de la adaptación de los productores al cambio climático en el futuro, teniendo en cuenta las necesidades e intereses de las familias campesinas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las comunidades de Bonanza, La Unión y Nuevo Refugio. Martin Laurenceau agradece particularmente a los participantes sus cálidas acogidas y las numerosas cosas que le enseñaron. Agradecemos a Sotero Quechulpa Montalvo, Israel Cárdenas Mayorga, Luis Mendoza Velásquez, Marcela Delgadillo y demás miembros de la Cooperativa AMBIO por su apoyo en la realización del estudio en las comunidades. A Manuel Anzueto por su ayuda en la metodología del inventario, y a Emmanuel Valencia de Laige ECOSUR por el mapa. También a Claire Aubron, en Francia, por su acompañamiento durante este rico año de descubrimientos y de aprendizaje, al "Proyecto Multidisciplinario y

Transversal Agricultura Familiar”, de El Colegio de la Frontera Sur y al proyecto “Innovación socioambiental en zonas cafetaleras para la reducción de la vulnerabilidad”, FOMIX 11063 por el financiamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alix, J. *et al.*, 2012, “Forest conservation and slippage: evidence from Mexico’s National Payments for Ecosystem Services”, en *Land Economics*, 88(4): 613-638.
- AMBIO, s.f. Scolel’te, en <http://www.ambio.org.mx/scolelte/bonos-de-carbono/>, consultado el 15/11/2015.
- Andam, S., 2008, “Measuring the effectiveness of protected area networks in reducing”, en *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(42): 16089–16094.
- Arriagada, A., 2008, *Private Provision of Public Goods: Applying Matching Methods to Evaluate Payments for Ecosystem Services in Costa Rica*, tesis de doctorado, Faculty of North Carolina University, EEUU.
- Rodrigo, A. *et al.*, 2012, “Do Payments for Environmental Services Affect Forest Cover? A Farm-Level Evaluation from Costa Rica”, en *Land Economics*, 88(2): 382-399.
- Cairns, A. *et al.*, 1997, “Root biomass allocation in the world’s upland forests”, en *Oecologia*, 111: 1-11.
- Cairns, M. y D. Garrity, 1999, “Improving shifting cultivation in Southeast Asia by building on indigenous fallow management strategies”, en *Agroforestry Systems*, 47: 37-48.
- CAMBIO, 2014, Ordenamiento Territorial Comunitario, Ejido Bonanza (comunicación personal con Sotero Quechulpa).
- CAMBIO, 2014, Ordenamiento Territorial Comunitario, Ejido La Unión, (comunicación personal con Sotero Quechulpa).
- Chappell, J. *et al.*, 2013, *Food sovereignty: an alternative paradigm for poverty reduction and biodiversity conservation in America Latina*, en *F 1000 Research*, 2(235).

- Chave, J. *et al.*, 2005, "Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests", en *Oecologia*, 145(1): 87-99.
- Chatre, A. y A. Agrawal, 2009, "Trade-offs and synergies between carbon storage and livelihood benefits from forest commons", en *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(42): 17667-17670.
- Coase, H., 1960, "The Problem of Social Costs", en *The Journal of Law and Economics*, 3: 1-44.
- CONANP, 2011, Programa de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas del complejo de Sierra y Costa de Chiapas. México. Tuxtla Gutiérrez Chiapas, en http://cambioclimatico.conanp.gob.mx/documentos/re_sierra_y_costa_de_chiapas.pdf, consultado el 10/12/2015.
- Corbera, E. *et al.*, 2007, "The Equity and Legitimacy of Markets for Ecosystem Services", en *Development and Change*, 38(4): 587-613.
- Corbera, E., *et al.*, 2007, Equity implications of marketing ecosystem services in protected areas and rural communities: Case studies from Meso-America, en *Global Environmental Change*, 17(3): 365-380.
- Corlett, T. y A. Westcott, 2013, "Will plant movements keep up with Climate Change?", en *Trends in Ecology and Evolution*, 28(8): 482-488.
- Cortina, S. *et al.*, 2004, *La deforestación en ejidos de Los Altos de Chiapas, México y las áreas de uso común, Oaxaca, México*.
- Cortina, S. *et al.*, 2012, "Resolving the Conflict Between Ecosystem Protection and Land Use in Protected Areas of the Sierra Madre de Chiapas, Mexico", en *Environmental Management*, 49(3): 649-662.
- Dietz, T. *et al.*, 2003, "The Struggle to Govern the Commons", en *Science*, 302(5662): 1907-1912.
- Ducourtieux, O. *et al.*, 2006, "Introducing Cash Crops in Shifting Cultivation Regions – The Experience with Cardamom in Laos" en *Agroforestry Systems*, 66(1): 65-76.
- Engel, S. *et al.*, 2008, "Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues", en *Ecological Economics*, 65(4): 663-674.

- FAO, 2014, Family Farming, en <http://www.fao.org/family-farming-2014/home/what-is-family-farming/es/>, consultado el 22/02/2016.
- Ferraro, J. y R. Simpson, 2002, "The Cost Effectiveness of Conservation Payments", en *Land Economics*, 78(3): 339-353.
- Hecken, V. y J. Bastiaensen, 2010, "Payments for ecosystem services: justified or not?", en *Environmental Science and Policy*, 13(8): 785-792.
- Hendrickson, Y. y E. Corbera, 2015, "Participation dynamics and institutional change in the Scolel Té carbon forestry project, Chiapas, Mexico", en *Geoforum*, 59: 63-72.
- INEGI, 1999a, *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Triunfo*, en http://eltriunfo.conanp.gob.mx/docs/Revision_periodica_MAB_Triunfo_2003.pdf, consultado el 13/09/2015.
- INEGI, 1999b, *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera La Sepultura*, México, p. 247, en http://lasepultura.conanp.gob.mx/docs/Revision_periodica_MAB_Sepultura_2003.pdf, consultado el 09/09/2015.
- INEGI, 2002, *Recursos naturales*, en www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/.../EdafIII.pdf, consultado el 03/09/2015.
- IPCC, 2014, *Fifth Assesment Report*, en <http://www.ipcc.ch/report/ar5/index.shtml>, consultado el 14/10/2015.
- Jong, H. *et al.*, 2000a, "An economic analysis of the potential for carbon sequestration by forests: evidence from southern Mexico", en *Ecological Economics*, 33(2): 313-327.
- Jong, H. *et al.*, 2000b, "Carbon Flux and Patterns of Land-Use Land-Cover Change in the Selva Lacandona, Mexico", en *Ambio*, 29(8): 504-511.
- Kalacska, G. *et al.*, "Species composition, similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest", en *Forest Ecology and Management*, 200(1-3): 227-247.
- Kiss, J., 2002, "Direct Payments to Conserve Biodiversity", en *Science*, 298(5599): 1718-1719.
- Kosoy, N. y E. Corbera, 2010, "Payments for ecosystem services as commodity fetishism", en *Ecological Economics*, 69(6): 1228-1236.

- Morales, G. *et al.*, 2011, "Estrategia del Sector Cafetalero para la Adaptación, Mitigación y Reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático en la Sierra Madre de Chiapas, en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/11554/1717/1/Estrategia_del_sector_cafetalero.pdf, consultado el 24/11/2015.
- Muradian, R. *et al.*, 2010, "Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services", en *Ecological Economics*, 69(6): 1202-1208.
- Nepstad, D. *et al.*, 2006, "Inhibition of Amazon Deforestation and Fire by Parks and Indigenous Lands", en *Conservation Biology*, 20(1): 65-73.
- Nestel, D., 1995, "Coffee in Mexico: international market, agricultural landscape and ecology", en *Ecological Economics*, 15(2): 165-178.
- Norgaard, B., 2010, "Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder", en *Ecological Economics*, 69(6): 1219-1227.
- Osborne, M., 2011, "Carbon forestry and agrarian change: access and land control in a Mexican rainforest", en *The Journal of Peasant Studies*, 38(4): 859-883.
- Ostrom, E., 2002, *Governing the Commons, the evolution of institutions for collective action*, Cambridge University Press, EEUU.
- Ostrom, E., 2007, "Diagnostic approach for going beyond panaceas. Proceedings of the National", en *Academy of Sciences*, 104(39): 15176-15178.
- Ostrom, E., 2010, "Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems", en *American Economic Review*, 2(2): 1-12.
- PACCCH, 2010, *Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas*, en http://www.academia.edu/4631307/Programa_de_acci%C3%B3n_ante_el_cambio_clim%C3%A1tico_del_estado_de_Chiapas, consultado el 10/10/2015.
- Paladino, S., 2011, "Tracking the Fault Lines of Pro-Poor Carbon Project", en *Culture, Agriculture, Food and Environment (CAFE)*, 33(2): 117-132.
- Parry, L. *et al.*, 2007, *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of*

the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, EEUU.

- Pattanayak, K. *et al.*, 2010, "Show Me the Money: Do Payments Supply Environmental Services in Developing Countries?", en *Review of Environmental Economics and Policy*, 4(2): 254-274.
- Portillo, L., 20 marzo 1979, "Decreto por el que las causas de interés público se establece zona de protección forestal en los municipios de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villaflores, Jiquipilas, Chiapas", Diario Oficial de la Federación .
- Quesada, R., 27 de noviembre 2007, "Decreto por el que se recategoriza como área protegida con la categoría de área de protección de recursos naturales a zona de protección forestal en los municipios de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villaflores, Jiquipilas, Chiapas", Diario Oficial de la Federación.
- Ramos, E., 2008, "Los nuevos ejidos en Chiapas", en *Estudios Agrarios, Revista de la Procuraduría Agraria*, 37: 45-66.
- Rendón, N. y L. Soto, 2007, *Manual de metodología rápida para la estimación y monitoreo de captura de carbono*, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
- Roncal, S. *et al.*, 2008, "Sistemas Agroforestales y Almacenamiento de Carbono en Comunidades Indígenas de Chiapas, Mexico", en *Interciencia*, 33(3): 200-206.
- Schroth, G. *et al.*, 2009, "Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico", en *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14: 605-625.
- Segura, M., 2005, "Allometric models for Tree Volume and Total Above-ground Biomass in a Tropical Humid Forest in Costa Rica", en *Biotropica*, 37(1): 2-8.
- Sierra, R. y E. Russman, 2006, "On the efficiency of environmental service payments: A forest conservation assessment in the Osa Peninsula, Costa Rica", en *Ecological Economics*, 59(1): 131-141.

- Soto, L. y C. Armijo, 2014, "Changes in Agroecosystem Structure and Function Along a Chronosequence of Taungya System in Chiapas, Mexico", en *Journal of Agricultural Science*, 6(11): 43-57.
- Soto, L. et al., 2012, "Agroforestry Systems and Local Institutional Development for Preventing Deforestation in Chiapas, Mexico", en *Deforestation Around the World*, Moutinho, P. (Ed.), en <http://www.intechopen.com/books/deforestation-around-the-world/agroforestry-systems-and-local-institutionaldevelopment-for-preventing-deforestation-in-chiapas-mex>.
- Soto, L. et al., 2013, *La Milpa con árboles Ixim'te o Taungya, un prototipo agroforestal*, El Colegio de La Frontera Sur, Unidad San Cristóbal, San Cristóbal de Las Casas.
- Vertti, M. et al., 2010, La recategorización de Áreas Naturales Protegidas como mecanismos de protección y manejo de macizos forestales en el Corredor Biológico Mesoamericano, III Congreso Mesoamericano de Áreas Protegidas. Naturaleza viva, pueblos vivos: asumiendo nuestros retos globales.
- Wilson, A., 2008, "From 'weak' to 'strong' multifunctionality: Conceptualising farm-level multifunctional transitional pathways", en *Journal of Rural Studies*, 24(3): 367-383.
- Wunder, S., 2007, "The Efficiency of Payments for Environmental Services in Tropical Conservation", en *Conservation Biology*, 21(1): 48-58.
- Tscharntke, T. et al., 2011, "Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes- a review", en *Journal of Applied Ecology*, 48: 619-629.

