

# EL ACAHUAL MEJORADO UN PROTOTIPO AGROFORESTAL

Lorena Soto Pinto, Manuel Anzueto Martínez, Sotero Quechulpa





# EL ACAHUAL MEJORADO UN PROTOTIPO AGROFORESTAL



Lorena Soto Pinto, Manuel Anzueto Martínez, Sotero Quechulpa



ECOSUR

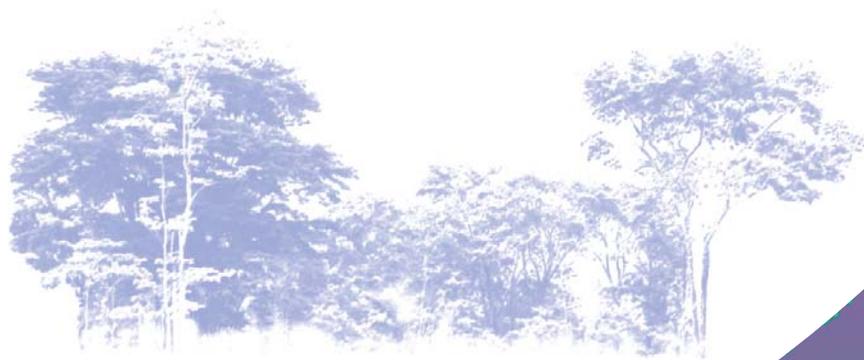
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR



Red de Espacios de Innovación Socioambiental

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	5
¿QUÉ ES UN PROTOTIPO AGROFORESTAL?.....	6
¿QUÉ ES UN ACAHUAL?.....	6
¿QUÉ ES UN ACAHUAL MEJORADO O ENRIQUECIDO?.....	9
¿DÓNDE APLICA EL SISTEMA DE ACAHUAL MEJORADO?.....	10
CRITERIOS DE DISEÑO DEL ACAHUAL MEJORADO.....	10
¿CÓMO SE ESTABLECE UN SISTEMA DE ACAHUAL MEJORADO?.....	11
¿CUÁLES SON LAS ESPECIES QUE SE UTILIZAN?.....	13
¿CUÁL ES EL MANEJO QUE REQUIERE UN ACAHUAL MEJORADO?.....	13
¿CUÁL ES EL MODELO CONCEPTUAL DEL ACAHUAL MEJORADO?.....	14
EXPERIENCIA VIVA: EL EJEMPLO DE SCOEL TE'.....	15
CONSIDERACIONES FINALES.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18
ANEXOS.....	20







# PRESENTACIÓN

Esta guía está basada en investigación científica realizada en la Línea Sistemas Silvícolas y Agroforestales de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal. Es una síntesis de documentos científicos que procura hacer accesible información útil para la toma de decisiones. Está dedicada a políticos, técnicos, campesinas y campesinos interesados en el manejo de recursos naturales, la producción forestal, los servicios ecosistémicos, el ordenamiento territorial, el cambio climático y el desarrollo sustentable.

Los acahuales mejorados se proponen como una alternativa a la roza-tumba-quema y aplican en áreas donde existe poca presión sobre la tierra. Su objetivo es reducir los impactos sobre el bosque, mantener la capacidad productiva de la tierra, conservar los recursos naturales y las funciones del ecosistema, evitar la quema, mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y revalorizar la tierra y el trabajo de hombres y mujeres del campo. Pueden contribuir en la conectividad de los paisajes, la conservación de hábitats, y la producción forestal de largo plazo.

Partimos del reconocimiento de que el cambio de uso del suelo de bosques a ganadería y agricultura, y la extracción forestal sin planes de manejo han impactado severamente los bosques. Consideramos que el manejo de los acahuales es importante como parte del esfuerzo de producir y conservar al mismo tiempo, para el mantenimiento de las condiciones productivas de la tierra y la obtención de beneficios económicos y sociales de las familias campesinas. Esto nos llevó a proponer y evaluar este prototipo agroforestal como parte de un proceso de innovación socioambiental. Agradecemos a los integrantes de las comunidades participantes de la zona Tzeltal del Municipio de Chilón, Chiapas y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (SEP-CONACYT (SEP-46244) y FORDECYT-CONACYT (FORDECYT-ECOSUR 116306) por su apoyo.

# ¿QUÉ ES UN PROTOTIPO AGROFORESTAL?

Un prototipo agroforestal es un modelo propuesto que consta de un conjunto de elementos funcionando como un sistema y que contiene árboles con cultivos y/o animales en la misma parcela o en rotaciones. El acahual mejorado chiapaneco es un sistema agroforestal **prototipo**, resultado de la interacción del conocimiento local y técnico. Se inicia con el enriquecimiento de acahuals de menos de cinco años de abandono por medio de la siembra de árboles de alto valor, y se continúa con su cuidado para alcanzar el primer turno (su aprovechamiento). Este prototipo excluye la quema.

La propuesta aquí planteada se basa en investigación previa (Montoya et al., 1995; Soto Pinto et al., 2004, 2008, 2010; Roncal et al., 2008; Soto-Pinto et al., *some-tido*) y en los conocimientos y experiencia de los productores chiapanecos que han establecido estos sistemas en sus parcelas.

## ¿QUÉ ES UN ACAHUAL?

Acahual se llama a la vegetación secundaria en diferentes grados de madurez originado por la agricultura migratoria, y que según la lógica campesina, en el mediano o largo plazo volverá a convertirse en milpa, y así sucesivamente, en rotaciones. A esto se le conoce como un sistema rotacional.

En algunos sitios el acahual es también llamado barbecho, hub che', charral o matorral.

Los productores tradicionales de maíz, que tienen suficiente tierra para rotar períodos de descanso-cultivo-descanso derriban el bosque para cultivar la milpa; luego de limpiar el terreno de arbustos y juveniles, tumban los árboles de mayores diámetros y después de recoger los materiales útiles para fines domésticos, usan el fuego

para eliminar los residuos vegetales. El período de cultivo dura usualmente tres años, lapso en el cual se siembra maíz, frijol, calabaza, chile, yuca, camote y otros cultivos asociados. Este periodo es seguido por una fase destinada a la recuperación del sitio, etapa donde ocurre el proceso de sucesión secundaria, a través del cual se recupera la vegetación y las capacidades productivas del suelo. Después del período de cultivo la tierra pierde su fertilidad, las arvenses invaden el terreno, atacan las plagas y los rendimientos bajan considerablemente (Nations y Nigh, 1980; Levy, 2000). Por estas razones, los productores dejan en descanso la tierra por largo plazo, es decir abandonan el terreno para recuperar sus condiciones productivas, período que solía durar 30 años. La recuperación artificial implica el uso de fertilizantes, pesticidas y un mayor costo de trabajo para lidiar con las plagas, enfermedades, arvenses y la disminución de nutrientes. En los períodos de descanso los productores usan otros sitios para agricultura, abriendo el bosque y estableciendo la milpa en otra parcela (Parra Vazquez et al., 1989, 1994). A este proceso de agricultura rotacional se ha llamado ciclo de roza-tumba-quema o agricultura migratoria, que en el paisaje se manifiesta como un complejo de parches de tipo “estampilla” en donde se alternan acahuals de distintas edades, cultivos, pasturas, bosques y cultivos (Gonzalez Espinosa et al., 2007).

A medida que la tierra se vuelve cada vez más escasa, los productores reducen los períodos de descanso, dejando cada vez menos tiempo de recuperación, es decir, los acahuals cada vez son más jóvenes cuando se convierten de nuevo a cultivo. Este es un proceso de intensificación que no necesariamente se traduce en mejoras socioambientales, sino en la mayoría de los casos, en un círculo de degradación (García Barrios et al., 1989). Estudios previos han indicado que las funciones del ecosistema declinan con la intensidad del ciclo de roza-tumba-

quema (Lawrence et al., 2010); mientras más largo es el periodo de cultivo y más corto el descanso, el suelo y las capacidades del sitio se degradan (Li et al., 2009).

Por otro lado, aunque la vegetación se recupere aparentemente, la funcionalidad del ecosistema depende en gran medida del estado inicial del sitio, de los objetivos del productor y del tiempo que dura el ciclo, entre otros aspectos (Chazdon, 2008). La duración del ciclo es una decisión de los productores y depende, entre otras cuestiones, de sus opciones económicas y de factores externos como las políticas públicas (Merino y Segura-Warnholtz, 2005).

En México la deforestación ocurre a una tasa de 350 mil hectáreas por año (FAO, 2010). Esta pérdida resulta principalmente de la tala forestal indiscriminada e ilegal, la ganadería, la urbanización y la agricultura; siendo la agricultura migratoria la principal fuente de cambio de uso del suelo (Maser et al., 2001; CONAFOR, 2010; FAO, 2010).

Estos datos y los impactos observados en distintas áreas, han generado el interés de buscar alternativas para el proceso de roza-tumba-quema, mediante una práctica de “sedentarización de la milpa”, que considere las prácticas culturales de los productores, el derecho a la autosuficiencia alimentaria, la conservación y a la reproducción de la cultura del maíz.

Así, se han propuesto algunas alternativas entre las cuales figuran el sistema tipo taungya y el achual mejorado (Soto-Pinto et al., 2008). El achual mejorado también suele llamarse barbecho mejorado o achual enriquecido.

En la Figura 1 se muestra un esquema del ciclo que sigue la roza-tumba-quema.

Figura 1. Proceso de la roza-tumba-quema



# ¿QUÉ ES UN ACAHUAL MEJORADO O ENRIQUECIDO?

Un acahual mejorado o enriquecido es definido como un sistema rotacional que combina especies maderables de alto valor con las especies colonizadoras naturales de la sucesión secundaria. Las especies maderables se establecen en la primera fase del acahual –antes de los cinco años- y en el largo plazo el acahual se reconvertirá en cultivo, una vez que los árboles alcanzan su primer turno (son cosechados) o bien se reconvertirá en un sistema permanente en el mediano plazo.

Este sistema puede además contribuir a mejorar los medios de vida de los productores ofreciendo beneficios económicos, ambientales y sociales (Ramírez et al., 2002; Palm et al., 2004; Tschakert et al., 2007; Canadell and Raupach, 2008).

El objetivo del acahual mejorado en Chiapas es el de producir bienes forestales fuera del bosque y evitar presión sobre éste, además de producir alimentos en la fase de cultivo, proteger el suelo, recuperar condiciones del sitio después de la agricultura, mantener la capacidad de regeneración de la vegetación natural, aumentar la fertilidad del suelo, disminuir la compactación, aumentar la cantidad de materia orgánica, disminuir la acidez del suelo, evitar la quema, aumentar el potencial del suelo para mantener una agricultura de largo plazo, aumentar cobertura, biomasa y productividad, aumentar los ingresos, revalorizar la tierra y el trabajo de los productores, sedentarizar el proceso de la milpa y evitar la quema (Soto-Pinto et al. sometido). En la Figura 2 se muestra la secuencia que sigue el acahual mejorado o enriquecido.

Figura 2. Secuencia de las etapas que sigue el acahual mejorado en la zona tzeltal de Chiapas, México.



## ¿DÓNDE APLICA EL SISTEMA DE ACAHUAL MEJORADO?

Este sistema sólo aplica en sitios donde se utiliza el sistema de roza-tumba-quema, se utiliza como alternativa a aquél. Es una premisa indispensable que los campesinos tengan otras parcelas destinadas para la producción de maíz en tanto que los árboles alcanzan una talla aprovechable (por lo menos 30cm. de diámetro). Es necesario evitar la competencia de uso del suelo entre usos forestales y los destinados a la alimentación. La agroforestería deberá hacer compatible ambos usos.

Este tipo de sistemas sólo aplica donde hay seguridad en la tenencia de la tierra, poca presión por el uso del suelo, legislación agraria bien clara, uso actual del suelo rotacional y disponibilidad de tierra para cultivar maíz.

Los productores deberán ser los dueños de la parcela o tener el derecho sobre ésta, ya que se ha observado que cuando los productores no son dueños del terreno evitan arriesgar con iniciativas de largo plazo, como es la siembra de árboles. La legislación y las reglas de operación de los programas estatales sobre el derecho de la tierra y la propiedad y usufructo de los árboles deben ser muy claras y favorecer a los pequeños productores que restauran y reforestan sus tierras, aún en pequeñas áreas.

Los productores campesinos mexicanos, especialmente en el sur del país, hacen un uso múltiple del suelo según sus necesidades. En ocasiones, cuando la tierra es escasa y siguiendo las políticas públicas y los programas de gobierno, los productores –por recibir estímulos eco-

nómicos o por promesas de altos rendimientos de productos altamente valiosos, principalmente destinados al mercado internacional- se obligan a cambiar el uso del suelo, de un sistema múltiple a un sistema especializado; en muchas ocasiones perjudicando el autoabasto alimentario. Los programas forestales y agroforestales no deben competir con la producción de alimentos, sino complementarse con ésta.

Los sistemas de acahual mejorado sólo pueden establecerse en áreas donde los productores hacen, de por sí, un uso rotacional. Es decir, se propone como una alternativa a la roza-tumba-quema, donde la gente todavía cultiva con un período de descanso y en parcelas grandes. En áreas con un uso del suelo muy intensivo, pequeñas parcelas y una competencia fuerte por el uso del suelo no se recomiendan los sistemas rotacionales. Por lo mismo, las personas involucradas deberán tener garantizado el autoabasto de grano en otras parcelas para el cultivo de granos básicos.

Algunos sistemas con el uso de coberteras, leguminosas de piso, también llamados abonos verdes, como el “frijol nescafé” o terciopelo (*Mucuna pruriens*), la Canavalia (*Canavalia ensiformis*) y el frijol botil (*Phaseolus coccineus*) pueden mantener las condiciones de sitio y ayudar a que la milpa se mantenga por más tiempo (Soto-Pinto 1997; Pool, 1997; Quiroga et al., 2006), auxiliando a que la siembra de árboles sea compatible con la producción de alimentos.

## CRITERIOS DE DISEÑO DEL ACAHUAL MEJORADO

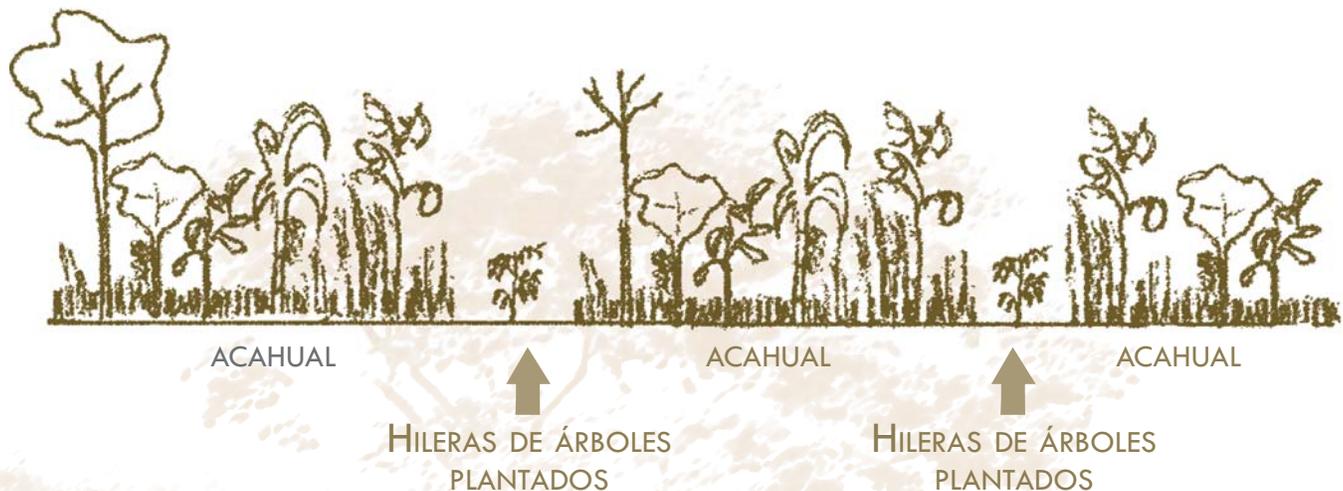
Para lograr los objetivos de este tipo de sistemas deberá pensarse en que se requiere mantener diversidad, incluir especies nativas en combinación de lento y rápido crecimiento, obtener productos para la familia campesina, contener especies de alto valor comercial, usar recursos locales que son ampliamente conocidos y manejados

por los productores, evitando la introducción de especies que pueden constituirse como malezas, que son desconocidas o que no tienen un mercado seguro, así como manejar el sistema, garantizando la sobrevivencia y el crecimiento de los árboles. Es necesario considerar la minimización de riesgos de mercado y de riesgos sociales.

La participación de las mujeres es de vital importancia en el diseño y adaptación de estos sistemas. Por ejemplo, ellas tienen sus preferencias en cuanto a usos

de las especies, principalmente a las destinadas para leña y producción de alimentos.

**Figura 3. Esquema del acahual mejorado mostrando las hileras de árboles plantados y las hileras de acahual natural en Chiapas, México.**



## ¿CÓMO SE ESTABLECE UN SISTEMA DE ACAHUAL MEJORADO?

Un sistema de acahual mejorado o enriquecido se logra mediante la siembra de árboles de especies de alto valor durante la primera fase del descanso (antes de 5 años). De esta manera, y con un manejo adecuado los árboles de alto valor comercial se mezclarán con los colonizadores (de la vegetación natural) agregando valor a la tierra y al trabajo de los productores.

El establecimiento se realiza como se indica a continuación:

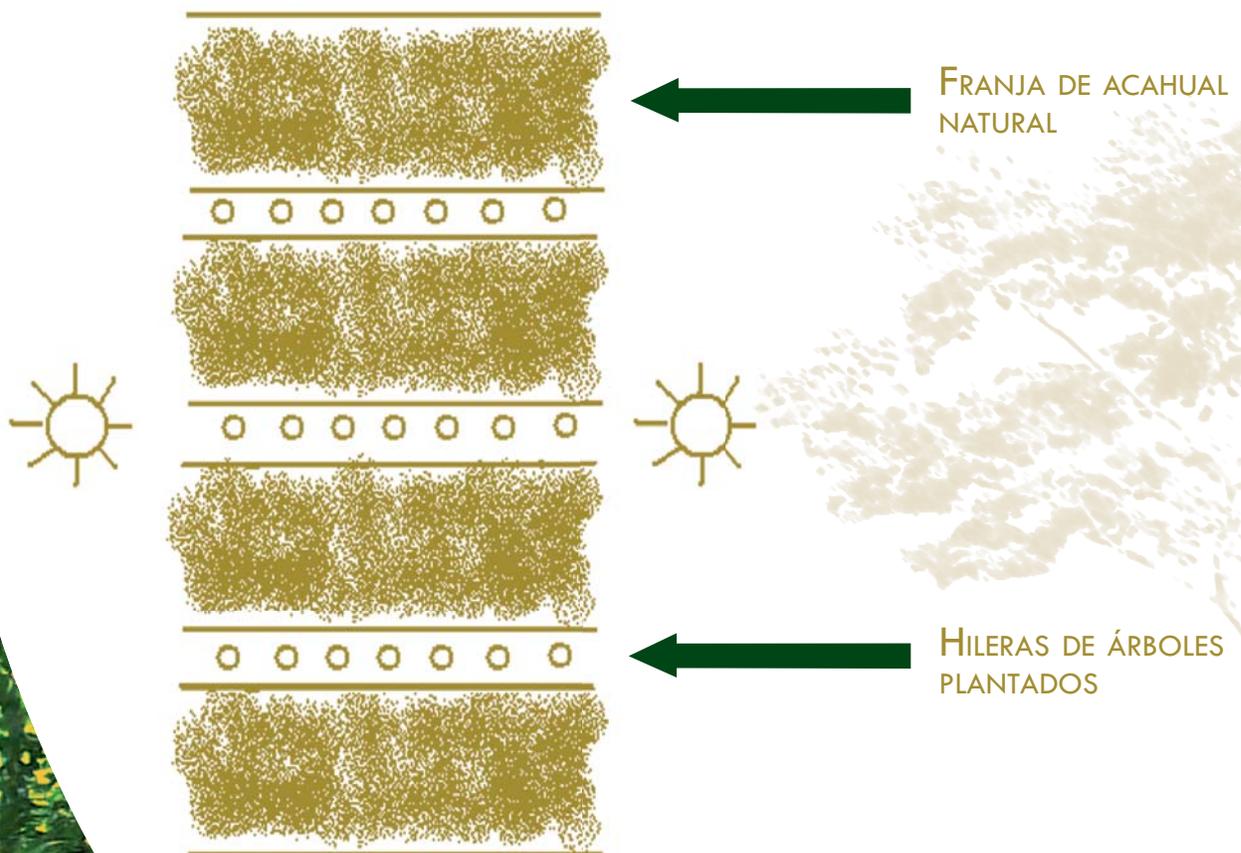
1. En el matorral que se ha formado luego del abandono de la milpa, entre 1 y 5 años de descanso se abren brechas en dirección este-oeste, de 2m de ancho, con machete, baliza, cinta métrica, cuerda y estacas pintadas (Figura 3). La dirección este-oeste ayuda a que los árboles reciban luz durante todo el día (Figura 4).
2. En las líneas abiertas se marcan los puntos donde se realizarán las cepas (hoyaduras), cada 3m y donde se

sembrarán los arbolitos. Las cepas se harán de 30x30cm de diámetro y profundidad.

3. Entre línea y línea de árboles, se deja una franja de 7m de acahual natural. Esta disposición de los árboles cultivados entre franjas de acahual dará una densidad de árboles de alrededor de 476 árboles por hectárea (Figura 3).

Si se encuentran árboles grandes, de más de 20cm de diámetro deben dejarse para evitar mayor trabajo y evitar cortar unos árboles para sembrar otros. Esto además da diversidad y multifuncionalidad a la plantación.

Figura 4. Los árboles deberán sembrarse de preferencia en dirección este-oeste para permitir la entrada de luz durante todo el día.



## ¿CUÁLES SON LAS ESPECIES QUE SE UTILIZAN?

La selección de la especie es clave. Algunos criterios que se utilizan para la selección de especies son: especies nativas, conocidas y preferidas por los productores, con información previa sobre su reproducción, crecimiento y adaptación; que tengan alta sobrevivencia, de alto valor maderable, frutal o de uso múltiple. Además del valor económico es deseable una combinación de varias especies para dar diversidad. Se prefieren las especies que son resistentes a plagas y enfermedades y sin capacidad de convertirse en malezas.

En experiencias previas se ha observado que una combinación de especies de crecimiento rápido y lento puede funcionar bien. Las primeras ofrecerán beneficios a corto plazo para motivación de los productores y ayudarán al establecimiento de las más lentas; y estas últimas tendrán madera de mejor calidad y un alto valor funcional en el sistema. Se pueden incorporar también algunas especies que ayuden a mantener biodiversidad

asociada, por ejemplo especies frutales, que sirven para alimento y además para atraer aves o mamíferos.

En experiencias previas, por ejemplo que en la zona húmeda de Chiapas, los productores pueden cosechar madera de buena calidad (guanacastle) a los 12 años de establecimiento.

En Chiapas en acahuals mejorados de la zona tropical se han usado: cedro (*Cedrela mexicana*, *C. odorata* L.), caoba (*Swietenia macrophylla* King), maculís (*Tabebuia pentaphylla* (DC.) Hemsl.), ceiba (*Ceiba pentandra*), guanacastle (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) hormiguillo (*Cordia alliodora* (R. & P.) Cham.), aguacate (*Persea americana*), ramón (*Brosimum allicastrum*), nogal (*Juglans pyriformis*), zapote (*Pouteria sapota*). En la zona subtropical se han usado roble, pino y ciprés (*Quercus* spp., *Pinus chiapensis* y *Cupressus* sp.).

## ¿CUÁL ES EL MANEJO QUE REQUIERE UN ACAHUAL MEJORADO?

El manejo está destinado a favorecer la sobrevivencia y el crecimiento de los árboles plantados. Este consiste en las siguientes prácticas:

1. Limpia o deshierbe 2 veces por año durante los primeros tres años de establecimiento, y podas o desrame de los árboles aledaños a la línea de árboles, para permitir la entrada de luz hacia los arbolitos, cuidando de dejar intactas las franjas de acahual.

2. Podas de ramas de los árboles cultivados para ayudar a una buena formación del tronco y garantizar la calidad de la madera. Todos los árboles deberán podarse antes de los primeros cinco años, quitando las ramas laterales hasta en un 25-30% de follaje. En el caso de las meliáceas (Cedro y Caoba) es muy importante la poda para ayudar a controlar

el daño que puede efectuar la plaga de estas especies (el barrenador *Hypsipylla grandella*) (Macías-Sámamo, 2007).

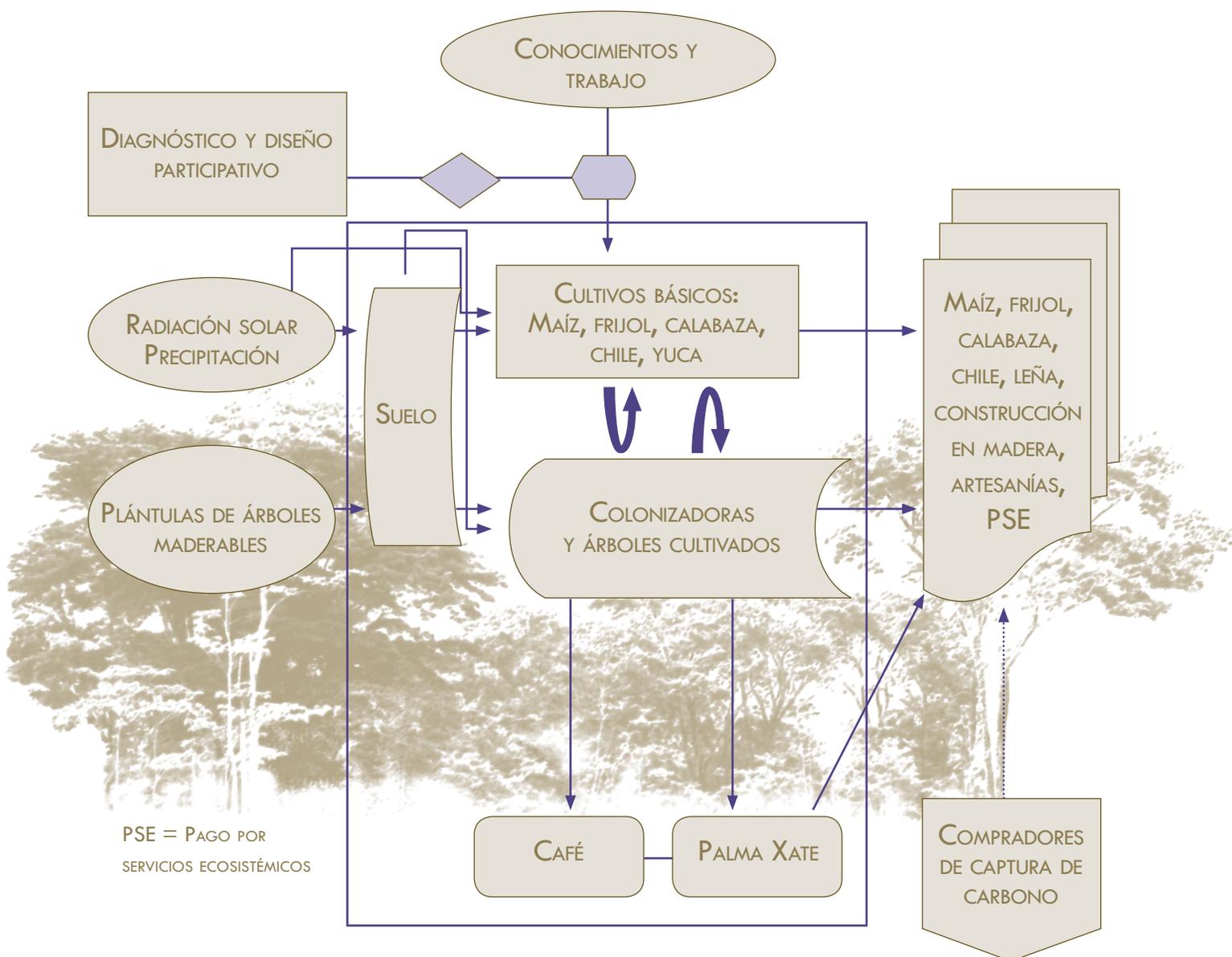
Un sistema semi-intensivo caracterizado por 3 años de cultivo y un largo período de descanso es lo que se sugiere, como en la agricultura tradicional (Nations and Nigh, 1980; Levy, 2000). Para el enriquecimiento es deseable sembrar los árboles en acahuals de no más de cinco años de abandono, para evitar la perversión de cortar árboles para sembrar otros. El tiempo de la rotación cultivo-descanso-cultivo y una mezcla de árboles cultivados y colonizadores en proporción de 1 árbol cultivado por 2 colonizadores es lo que le daría al sistema su característica de semi-intensivo, además del uso de conocimientos e insumos locales y trabajo familiar, que sería lo ideal para mantener la condición de productividad y conservación durables y robustas.

## ¿CUÁL ES EL MODELO CONCEPTUAL DEL ACAHUAL MEJORADO?

Este modelo, representa el sistema de acahual mejorado establecido en la zona tzeltal de Chiapas por el proyecto Scolel te'. Es un modelo a nivel parcela. Los elementos que contiene son los cultivos básicos en rotación con las colonizadoras y los árboles cultivados (enriquecimiento). Produce granos básicos y otros productos para uso doméstico y para alimentación, así como madera para construcción, fabricación de instrumentos locales y ar-

tesanías; y está en un modelo de pagos por servicios ambientales de captura de carbono. El compartimento de las colonizadoras y los árboles cultivados funciona como un almacén de biomasa, mientras que los conocimientos y el trabajo familiar, en combinación con información científica y un diseño participativo, son importantes entradas al sistema (Figura 5).

Figura 5. Modelo conceptual del acahual mejorado establecido por productores del proyecto Scolel te', Chiapas, México



Fuente: Modificado de Soto-Pinto et al., sometido.

## EXPERIENCIA VIVA: EL EJEMPLO DE SCOLEL TE'

Una vez que los árboles cultivados crecen, se mezclan con la vegetación natural. Pueden distinguirse por lo menos cinco estratos de vegetación: hierbas y plántulas, juveniles, pequeños árboles, árboles del dosel, y árboles emergentes. Después de nueve años de establecimiento el crecimiento en diámetro promedio de los árboles alcanzó  $18.42 \pm 2.4$  cm en la zona cálida húmeda de Chiapas (Chilón), y de  $13.8 \pm 1.2$  cm en la zona intermedia (Comitán). La altura promedio de los árboles fue de  $7.4 \pm 7.7$  m en la zona cálida húmeda y  $5.5 \pm 0.6$  m en la zona intermedia. La densidad promedio fue de  $470 \pm 185.8$  y  $408.3 \pm 95.9$  árboles por hectárea en las zonas cálida e intermedia respectivamente. Los juveniles alcanzaron una densidad de  $3962.5 \pm 1978.0$  individuos por hectárea en la zona baja, y  $1566.7 \pm 714.6$  en la zona intermedia. El 59.4% de los árboles fueron colonizadores, el resto fueron árboles plantados para el enriquecimiento del acahual, lo que da una relación de 2 colonizadoras por 1 árbol cultivado en la parcela.

Este sistema puede contribuir a mejorar la calidad del sitio después de varios años de cosecha de maíz, en términos de calidad del suelo y mantenimiento de las funciones del ecosistema. Con el tiempo aumenta la complejidad, se acumula biomasa, materia orgánica en el suelo, carbono de la hojarasca y riqueza de especies (Soto-Pinto et al., sometido y Anexos). Asimismo, con el acahual mejorado manejado de forma semi-intensiva se mantiene la capacidad de regeneración de la vegetación secundaria (Soto-Pinto et al., sometido y Anexos).

Se esperaría que la diversidad de especies de árboles y la diversidad asociada se incrementen con el tiempo del acahual, para ser muy similares a los acahuales maduros en el mediano y largo plazos.

El incremento en biomasa, como un indicador de la productividad, alcanzó 6.71 ton por hectárea por año. El sistema tiene una alta capacidad para acumular carbono (Roncal et al, 2008) y para producir madera (Soto-Pinto et al., 2010).

En común que este sistema se reconvierta a un sistema permanente en la zona tzeltal, ya que muchos productores que han establecido acahuals mejorados, una vez que los árboles han crecido, suelen sembrar palma xate o café debajo de la sombra, lo cual permite una reconversión de un sistema rotacional a un sistema permanente.

Es necesario analizar el balance entre el valor económico de producir café o palma xate y los riesgos de perder biodiversidad u otros servicios ecosistémicos.

Las Figuras 6 y 7 muestran fotografías del acahual mejorado tropical y subtropical respectivamente.

En los anexos se presentan los atributos estructurales y funcionales del sistema cuadros 1 y 2, y las tendencias del nitrógeno, la biomasa, la riqueza de especies y el carbono orgánico del suelo (Figuras 8, 9, 10 y 11), como indicadores del potencial que tiene el acahual mejorado para simular los atributos de estructura y función de los acahuals naturales y aumentar el valor de la tierra y del trabajo de los productores al incluir árboles de alto valor.

Figura 6. Acahual mejorado tropical, comunidad Alan Kantajal, Mpio. de Chilón



Figura 7. Acahual mejorado subtropical comunidad de Yalumá, Mpio. de Comitán, Chiapas, México.



# CONSIDERACIONES FINALES

El acahual mejorado puede convertirse en un sistema conveniente para zonas en donde se practica la agricultura de roza-tumba-quema para la sedentarización de la milpa, siempre que se maneje en una forma semi-intensiva como fue descrito en este prototipo. Una alta intensidad de uso del suelo por largo plazo puede ir en detrimento de las funciones ecológicas del sistema (Uhl, 1987; Chazdon, 2009; Klanderud et al., 2010).

Este sistema no se recomienda para zonas donde el uso del suelo es muy intenso, permanente o hay una fuerte competencia por uso del suelo.

Los acahuales mejorados deben ser considerados como parte de una matriz más amplia que incluya a los parches de bosque, los acahuales naturales, las plantaciones de café y los cultivos para contribuir a la conectividad. Los acahuales mejorados también pueden ayudar a la adaptación y mitigación del cambio climático.

El establecimiento del acahual mejorado no obstante que cumple con premisas básicas de la sustentabilidad, como incrementar el valor de la tierra y el trabajo, ser manejados bajo el control de las comunidades y ser atractivos como recursos forestales renovables, debe tomar en cuenta las expectativas de los productores, las condiciones económicas y sociales y el contexto global (Merino, 1997). Las familias campesinas tendrán la última palabra en la decisión de establecer un sistema de acahual mejorado en sus parcelas.



# BIBLIOGRAFÍA

- Canadell J. G., M. R. Raupach. 2008. Managing forests for climate change mitigation. *Science* 320: 1456-1457.
- Chazdon R. L. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, 320 (5882):1458 – 1460.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010. Readiness preparation proposal (R-PP) template for Mexico. Zapopan, Jal, Mexico, 100p
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2010. Global Forest Resources Assessment 2010. FAO. Rome, 375p.
- García-Barrios, B. L., L. Soto Pinto, M. L. Pool, N. y S. Meza-Díaz. 1989. Efectos agroecológicos de la rotación pastizal-cultivo y la roturación del suelo en los sistemas de producción de maíz del Carst Chamula, Altos de Chiapas, México. *Agroecología Neotropical*, 2: 14-21.
- Gonzalez-Espinosa M., N. Ramírez-Marcial, A. Camacho-Cruz, S. C. Holz, J. M. Rey Benayas, M. R. Parra V. 2007. Restauración de bosques en territorios indígenas de Chiapas: modelo ecológico y estrategias de acción. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 80:11-23
- Lawrence D, C. Radel, K. Tully, B. Schmook, L. Schneide. 2010. Untangling a Decline in Tropical Forest Resilience: Constraints on the Sustainability of Shifting Cultivation across the globe. *Biotropica* 42(1): 21–30.
- Levy T.S.I. 2000. Sucesión causada por roza-tumba-quema en las selvas de Lacanhá Chansayab, Chiapas. PhD Thesis. Colegio de Posgraduados, Montecillos Edo. Mexico. 165p.
- Li W.J., J.H. Li, J. H. H. Knops, G. Wang, J. J. Jia, Y.Y. Oin. 2009. Plant communities, Soil Carbon, and Soil Nitrogen Properties in a Successional Gradient of Sub-Alpine Meadows on the Eastern Tibetan Plateau of China. *Environmental Management* 44:755–765.
- Macías-Sámamo J. E. 2007. Manual de podas para árboles con énfasis en el uso de podas para el control del barrenador *Hypsipyla grandella*, plaga del Cedro y de la Caoba. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 27 p.
- Masera O.R., A.D. Cerón, A. Ordoñez. 2001. Forestry mitigation options for Mexico: finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 6:291-312.
- Merino-Pérez, L., G. Segura-Warnholtz. 2005. Las políticas forestales y de conservación y sus impactos en las comunidades forestales en México. In: Bray, D. B., L. Merino-Pérez, D. Barry (Eds), pp. 49-70. *The Community forests of Mexico: managing for sustainable landscapes*. University of Texas Press. Austin.
- Montoya, G. G., M.L. Soto-Pinto, B. Jong, K. Nelson, P. Farías, J. Taylor, R. Tipper. 1995. Desarrollo forestal sustentable. Captura de carbono en las zonas tzeltal y Tojolabal del estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 79 p
- Nations JD, R. Nigh. 1980. The evolutionary potential of lacandon maya sustained-yield tropical forest agriculture. *J Anthropol Res* 36(1):1–30.
- Palm C.A, T. Tomich, M van Noordwijk, S. Vosti, J. Gockowski, J. Alegre, L. Verchot. 2004. Mitigating GHG emissions in the humid tropics: case studies from the alternatives to slash-and-burn program (ASB). *Environment, Development and Sustainability* 6:145-162.

- Parra Vazquez. M. R., T. Alemán, S., B. Díaz, H., M. C. García, A., L. García, B., A. López, M., J. Nahed, T., H. Plascencia, V., L. Pool, N. y M. L. Soto Pinto. 1994. La producción silvoagropecuaria en Los Altos de Chiapas: análisis de un sistema complejo. En: *Sistemas de producción y desarrollo agrícola*. ORSTOM-CONACYT, pp. 247-256
- Parra Vazquez. M. R., T. Alemán S., J. Nahed T., L.M. Mera, M. L. Lopez M., A. López Meza. 1989. El subdesarrollo agrícola en los Altos de Chiapas. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Mexico. 405 p.
- Pool N., L. 1997. Intensificación en la agricultura tradicional y cambios en el uso del suelo. pp. 1-22. In: Parra V. M. y B. Díaz H. (eds.). *Los Altos de Chiapas: Agricultura y crisis rural*. Tomo 1. Los recursos naturales. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de la Casas, Chiapas, México.
- Pool Novelo L., León Martínez N. S., González Santiago C., Figueroa Fuentes P. 1998. Frijol terciopelo, cultivo de cobertura en la agricultura chol del Valle del Tuliá, Chiapas, México. *Terra*. 16(4): 359-369
- Quiroga M. R., P. Ponce-Díaz, R. Pinto-Ruiz, R. A. Alonso, M. E. Velasco-Zebadúa, J. L. Zuart, R. Camas-Gómez, M. L. Soto-Pinto, N. S. León Martínez. 2006. La asociación de cultivos de maíz-canavalia: ventajas agroecológicas y económicas. Universidad Autónoma de Chiapas, Villaflores Chiapas, 46 p.
- Ramírez O.A., C. E. Carpio, R. Ortiz, B. Finnegan. 2002. Economic Value of the Carbon Sink Services of Tropical Secondary Forests and Its Management Implications. *Environmental and Resource Economics* 21: 23–46.
- Roncal-García S., L. Soto-Pinto, J. Castellanos-Albores, N. Ramírez-Marcial, B. de Jong. 2008. sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Interciencia* 33 (3): 200-206.
- Soto-Pinto L., Jimenez-Ferrer G, Vargas-Guillen A, de Jong B, Esquivel-Bazan E (2004) Experiencia agroforestal para la captura de carbono en comunidades indígenas de Mexico. *Revista Forestal Iberoamericana*, 1:44–50
- Soto Pinto L. 1997. Plantas útiles no convencionales para el desarrollo de los sistemas productivos de Los Altos de Chiapas. In: Parra, V. M. R. y B. Díaz, H., *Los Altos de Chiapas: agricultura y crisis rural*. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas pp. 119-147
- Soto-Pinto L., G. Jiménez-Ferrer, T. Lerner-Martínez. 2008. Diseño de sistemas agroforestales para la producción y la conservación. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chis. México, 93p.
- Soto-Pinto L., M. Anzueto-Martínez, J. Mendoza V., G. Jimenez-Ferrer, B. de Jong B. 2010. Carbon sequestration through agroforestry in indigenous communities of Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 78 (1):39-51.
- Soto-Pinto L., M. J. Anzueto, S. Roncal G., M. Delgadillo. Improved fallows as an alternative to shifting cultivation, and GHG mitigation in Chiapas, Mexico. *Sometido*.
- Tschakert P., O.T. Coomes, C. Potvin. 2007. Indigenous livelihoods, slash-and-burn agriculture, and carbon stocks in Eastern Panama. *Ecological Economics* 60: 807-820.

## ANEXOS

Figura 8. Tendencias del nitrógeno del suelo (%) en sistemas de maíz, acahual tradicional y acahual mejorado (Soto-Pinto et al., sometido).

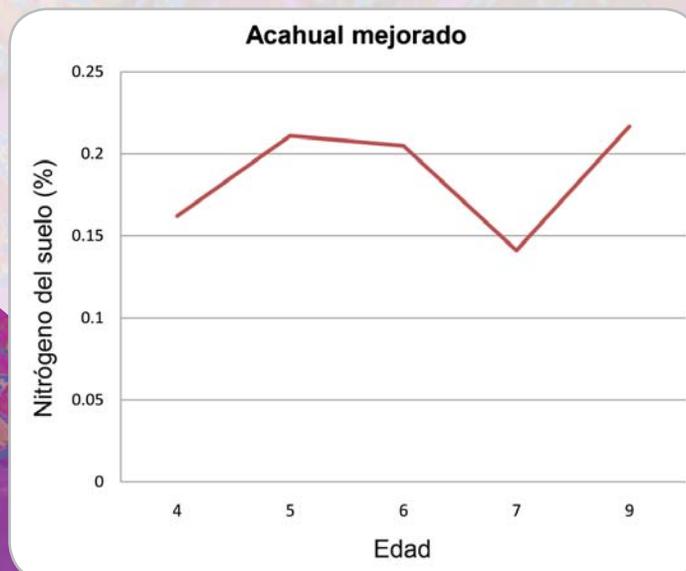
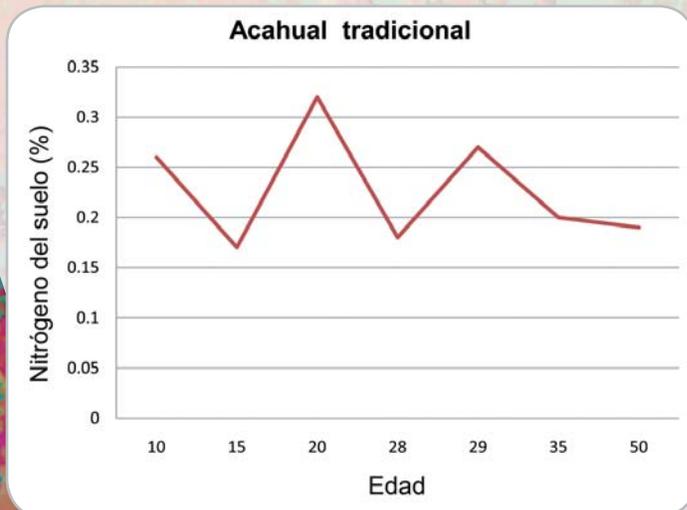


Figura 9. Tendencias de la biomasa en sistemas de maíz (ton/ha), acahual tradicional y acahual mejorado (Soto-Pinto et al., sometido).

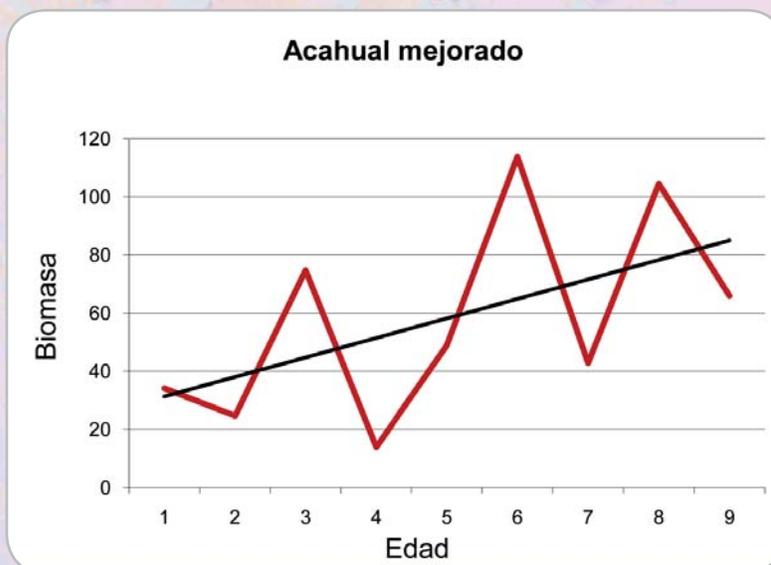
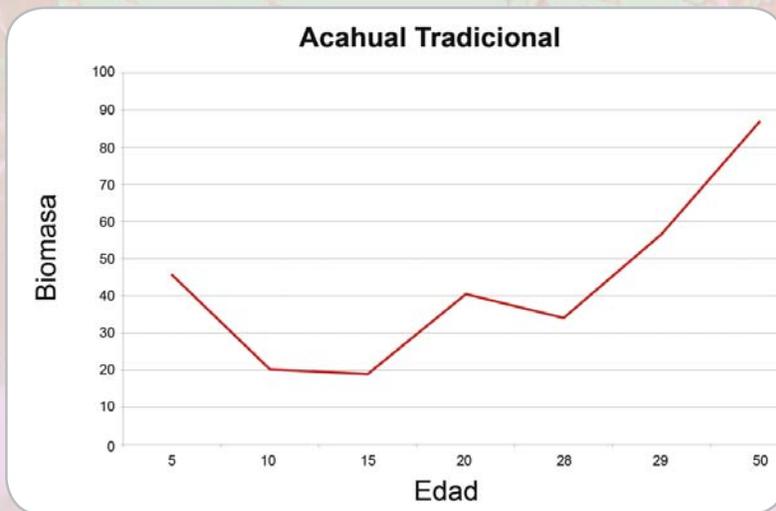


Figura 10. Tendencias de la riqueza de especies de árboles en sistemas de maíz, acahual tradicional y acahual mejorado (Soto-Pinto et al, sometido)

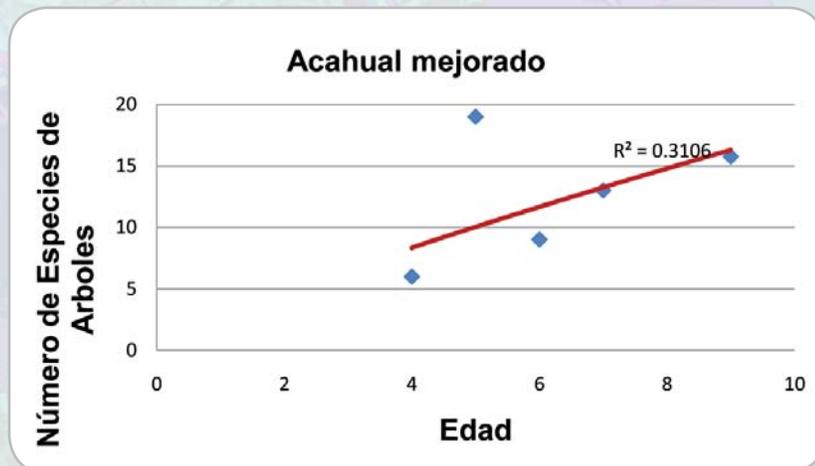
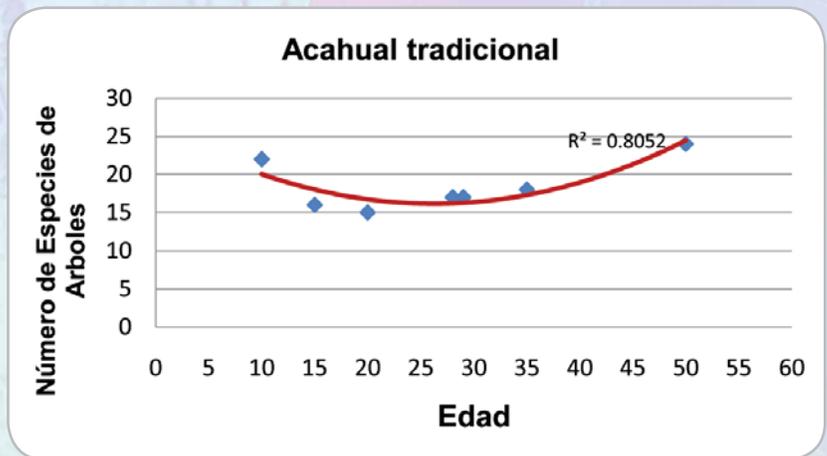
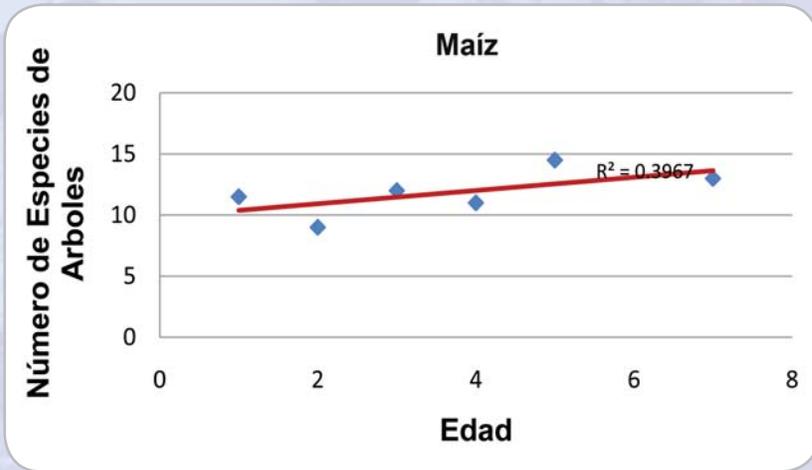
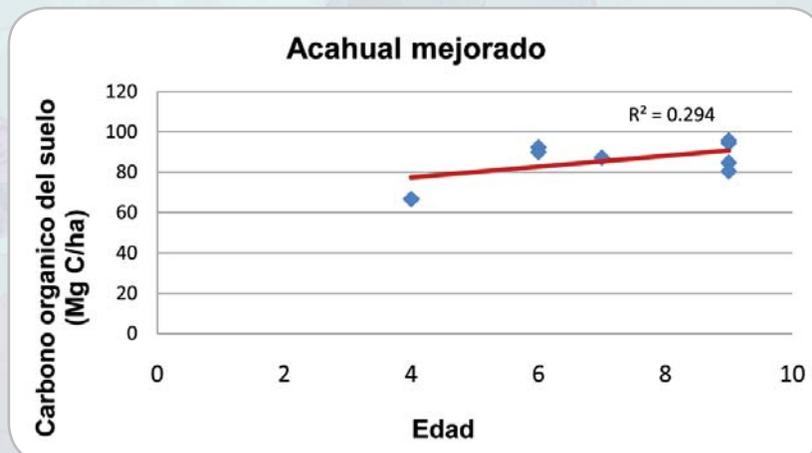
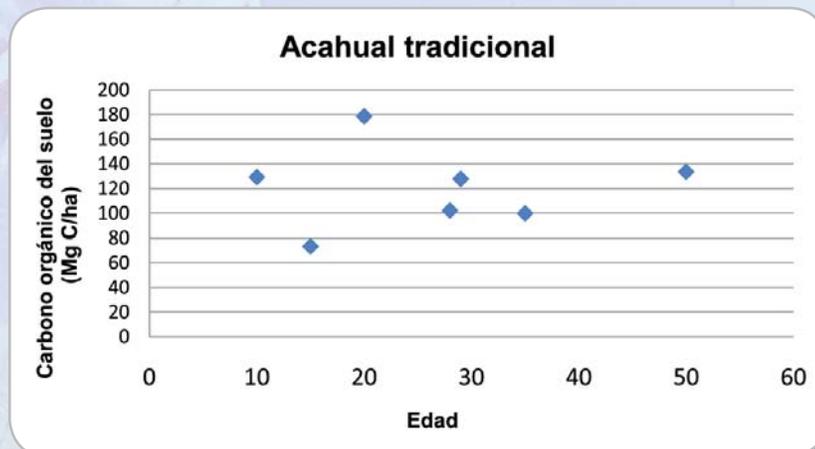
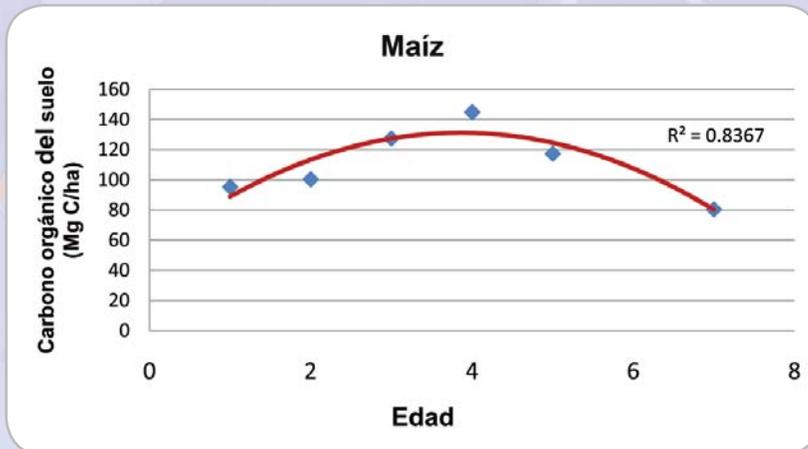


Figura 11. Tendencias del carbono orgánico del suelo en sistemas de maíz, acahual tradicional y acahual mejorado (Soto-Pinto et al., sometido)



# AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la participación de las familias participantes de la zona Tzeltal y Tojolabal. A Todas y todos los participantes de Scolel te', a la Cooperativa Ambio y a los fondos SEP-CONACYT (SEP-46244) y FORDECYT-CONACYT (FORDECYT-ECOSUR 116306) por el financiamiento.



DR © El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)  
Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n  
Barrio de María Auxiliadora  
CP 29290  
San Cristóbal de Las Casas, Chiapas  
[www.ecosur.mx](http://www.ecosur.mx)  
[lsoto@ecosur.mx](mailto:lsoto@ecosur.mx)

Fotografía: Cecilia Armijo Florentino, Guillermo Jiménez Ferrer  
Diseño: Rina Pellizzari Raddatz  
Impresión: SEPRIM-HEUA730908-AMI  
Tiraje: 500 ejemplares  
Chiapas, México.  
Junio 2011

ISBN: 978-607-7637-43-1





ECOSUR

 **redISA**

Red de Espacios de Innovación Socioambiental

ISBN: 978-607-7637-43-1



9 786077 163743 1