

A stylized black tree with thick branches and roots. The branches are adorned with green leaves and pink flowers. A black toucan is perched on a branch in the upper right. At the base of the tree, there are silhouettes of palm trees and two small black insects (ants or beetles) on the ground.

MÁNUAL
DE
RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA
CAMPESiNA
PARA LA
SELVA LACANDONA

David Douterlungne
Bruce G. Ferguson



Manual de Restauración Ecológica Campesina para la Selva Lacandona



MANUAL
DE
RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA
CAMPESINA
PARA LA
SELVA LACANDONA

David Douterlungne
Bruce G. Ferguson



Manual de Restauración Ecológica Campesina para la Selva Lacandona

Ilustración de portada y diseño editorial: Marianne Decorme B. y Ursula Lascurain H.

Primera edición, 2012.

DR © El Colegio de la Frontera Sur

www.ecosur.mx

El Colegio de la Frontera Sur

Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n

Barrio de María Auxiliadora

CP 29290

San Cristóbal de Las Casas, Chiapas

ISBN 978-607-7637-74-5

Esta obra fue financiada por el Consejo Nacional para el Patrimonio mediante el Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal constituido por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnológica (CONACYT), proyecto Nr. 116289, con recursos adicionales provenientes del Comité editorial de El Colegio de La Frontera Sur (ECOSUR). Los contenidos de los artículos son responsabilidad de los autores.

Impreso en México / Printed in Mexico

AGRADECIMIENTOS

Este manual es producto de varios años de investigación realizada en colaboración con un grupo de académicos, profesionales y campesinos. Agradecemos a cada uno de ellos aunque no los nombremos de manera individual. En Maravilla, Tenejapa, recibimos apoyo de las familias campesinas de Mateo Vázquez Pérez, Mario Jimenez Morales, Galación Pérez Gutiérrez, Víctor Morales Vázquez y Maricruz Ruiz Alvarado; mientras que en la Comunidad Lacandona colaboraron las familias de Manuel Chankín Castellanos, Pedro Díaz, Antonio Vázquez y la dirección y alumnos de la escuela CECYT núm. 25.

Varios investigadores comprometidos con la Restauración Ecológica —la mayoría académicos de El Colegio de La Frontera Sur (ECOSUR)— fueron indispensables para uno o varios experimentos mencionados en el manual, en específico Guillermo Jiménez Ferrer, Lorena Soto, Karen Holl (Universidad de California- Santa Cruz), Ronald Nigh (CIESAS), Stewart Diemont State (State University of New York), Mario González, Samuel Levy y Neptalí Ramírez. La facilitación logística de la CONANP, de la Reserva de Biosfera de Montes Azules (REBIMA) y las habilidades técnicas de Carlos Sánchez Astudillo fueron de gran ayuda en campo. Gabriela Buda Arango y Doriam del Carmen Reyes Mendoza mejoraron el estilo, la redacción y la ortografía del texto. Ilyas Siddique (Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil), Ivar Vleut (ECOSUR) y Mireya Carrillo Garcia (BUAP) contribuyeron respectivamente en los textos relacionados con la calidad del suelo y dispersión de semillas por murciélagos y aves. El análisis costo-beneficio fue realizado principalmente por Marie Claude Brunel.

Las fuentes de financiamiento más sustantivas para la realización de este manual provienen del Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (CONACYT y CONAFOR; núm. de proyecto 2009-116289), CONACYT (Sistema de Becas para Estudiantes Doctorales) y ECOSUR (Fondo Editorial). El Colegio de La Frontera Sur es la institución académica que recibió la mayoría de los financiamientos y estudiantes relacionados con uno o varios proyectos que sustentan el manual.



CONTENIDO



PREFACIO	8
INTRODUCCIÓN TEÓRICA	12
¿Por qué restaurar?	13
La degradación y deforestación en la selva Lacandona	13
Impactos de la degradación ecológica	13
¿Cómo restaurar?	17
Estrategias e indicadores de restauración	19
¿Para quién restaurar?	23
La restauración como parte de los manejos locales	25
COSTOS DE LA RESTAURACIÓN	31
Hablando de pesos	32
Restauración de una hectárea de potrero	33
Sistemas agroforestales establecidos en áreas restauradas	37
Producción de café	38
Producción de cacao	38
Producción de palma xate	39
Conclusiones	40

GUÍA PRÁCTICA PARA ESTABLECER PLANTACIONES DE RESTAURACIÓN

Vivero	45	Siembra del terreno	59
¿Cuáles especies debo de producir?	45	Preparación del terreno	59
Las semillas	46	La siembra de los árboles	60
¿De dónde obtengo las semillas?	46	Mantenimiento del sitio que va a restaurarse	63
¿Cómo cosecho las semillas?	46	Protocolos forestales de 10 especies arbóreas útiles para la restauración ecológica en la Selva Lacandona	65
Especies con semillas carnosas	47	<i>Carica papaya</i>	68
Especies con semillas ligeras que vuelan por largas distancias y que se encuentran muy alto en la copa	47	<i>Cedrela odorata</i>	70
Especies con frutos de semillas finitas	47	<i>Guazuma ulmifolia</i>	72
Almacenaje de semillas	47	<i>Inga vera</i>	74
Construcción y manejo de un vivero rústico	48	<i>Muntingia calabura</i>	76
¿Dónde pongo mi vivero?	48	<i>Ochroma pyramidale</i>	78
¿Cuál tierra uso?	49	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	80
¿Cómo organizo el vivero?	52	<i>Spondias mombin</i>	82
Manejo de camas y bolsas	52	<i>Swietenia macrophylla</i>	84
Propagación de especies útiles para la restauración	52	<i>Trichospermum mexicanum</i>	86
Tratamientos pregerminativos	52	GLOSARIO	81
Siembra	53	REFERENCIAS	12
Plagas y enfermedades	55		
Transporte de bolsas	57		
Deshidratación de la planta	57		
Daño al sistema radicular	57		

PREFACIO



Durante siglos, la Selva Lacandona ha sido el refugio de una fauna y flora exuberante y maravillosa, por ello representa un relicto importante de la selva alta perennifolia en Mesoamérica. Los pocos poblados se caracterizaban por usar manejos ancestrales mayas, lo cual permite una armonía entre los procesos ecológicos de la selva y las necesidades humanas. La milpa roza-tumba-quema tradicional se fundamenta en la capacidad extraordinaria de la selva para regenerarse y recuperar la fertilidad del suelo. Los animales comen los sobrantes de la milpa y a la vez la gente los caza para alimentarse. En los acahuales, numerosas plantas útiles proveen material de construcción, leña, alimento, utensilios y medicinas, entre otros.

Sin embargo, durante el último siglo, los inmigrantes poblaron la zona en busca de maderas tropicales valiosas y tierras fértiles. Las nuevas carreteras facilitaron el acceso a agroquímicos y grandes áreas de selva fueron

taladas para establecer monocultivos o criar ganado. Los manejos tradicionales fueron sustituidos por estrategias modernas de producción agropecuaria, implementadas en ausencia de capacitaciones técnicas o tecnología adecuadas. Hoy en día, la Selva Lacandona, igual que muchas otras zonas tropicales, es víctima de un círculo vicioso entre la degradación ambiental y un reducido bienestar de sus habitantes. Existen vastas extensiones deforestadas, los ríos llevan cada vez menos agua, algunas especies útiles, como el cedro (*Cedrela odorata*), la palma xate (*Chamaedorea* spp.) o el tepezquintle (*Agouti paca*) se encuentran en algún estado amenazado, y los reducidos rendimientos agropecuarios en las tierras degradadas ya no generan ingresos dignos. No es de sorprender que los hijos y nietos de los propios fundadores de las comunidades miren hacia el norte, en donde esperan poder solucionar su precaria situación económica.

No obstante, este proceso es reversible y la restauración ecológica holística, que contempla a los campesinos como parte inseparable del ecosistema, es sin duda parte de la solución. Durante los últimos 10 años, los campesinos de diferentes partes de la Selva Lacandona nos abrieron generosamente sus casas y campos, y nos compartieron sus conocimientos ecológicos. Diseñamos numerosos experimentos que buscan cómo aplicar los conocimientos locales al desarrollo de estrategias costo-eficientes de restauración aplicables en contextos diversos.

Así, este manual ilustrado tiene el objetivo de hacer accesible la información generada para campesinos, técnicos de campo e instituciones comprometidas con el desarrollo rural sustentable. Evitamos el uso de palabras técnicas o científicas y omitimos gráficos complejos y análisis estadísticos, mientras que los términos ecológicos en cursivas aparecen en un glosario al final del manual.



Para los interesados, incluimos (con números entre paréntesis) las referencias a los trabajos académicos que respaldan científicamente este manual. Si bien nos enfocamos en la Selva Lacandona, las técnicas descritas aquí también pueden ser aplicadas en otros lugares donde predomina la selva alta perennifolia. No obstante, este librito no pretende ser una enciclopedia, ni un manual universal para restaurar un sinfín de ecosistemas.



El texto está escrito desde el punto de vista de los usuarios de los recursos forestales y se divide en tres grandes módulos: teórico, económico y práctico. La parte teórica describe brevemente cómo interactúan algunos procesos ecológicos selváticos en la vida diaria campesina y muestra

a grandes rasgos ciertas estrategias importantes de restauración. La segunda parte consiste en una estimación de los costos de la restauración forestal de una hectárea de potrero degradado. También presentamos el resumen de un análisis costo-beneficio monetario de alternativas productivas en parcelas restauradas que permiten recuperar esta inversión. Ilustramos con datos cómo la restauración puede ser una opción ecológicamente sustentable y económicamente redituable que podría aumentar el bienestar local. Finalmente, la parte medular de este manual contiene información práctica y técnica para restaurar paso a paso las parcelas degradadas mediante plantaciones forestales. Incluimos también protocolos para la propagación, establecimiento y mantenimiento de 10 especies útiles para la restauración y abundantes en la Selva Lacandona. Presentamos tanto experiencias exitosas como fracasos; buscamos que todo el material necesario esté disponible en zonas rurales y que la inversión mínima no rebase la economía campesina. También hacemos énfasis en el uso de técnicas orgánicas y biológicas.

Finalmente advertimos que la degradación puede ser resultado de un sinfín de factores y las di-

ferentes parcelas degradadas requieren diferentes estrategias de restauración. Optamos por concentrarnos en la situación más común en la Lacandona y en los trópicos: los pastizales degradados. A su vez, nos enfocamos en aquella estrategia de restauración que ha sido comprobada tanto por la ciencia indígena como la ciencia formal: las plantaciones forestales. No obstante, la restauración no se deja resumir en un recetario para llegar automáticamente a la situación deseada. La creatividad y la experiencia del restaurador son la clave en la recuperación de la productividad e integridad del ecosistema.

David Douterlungne

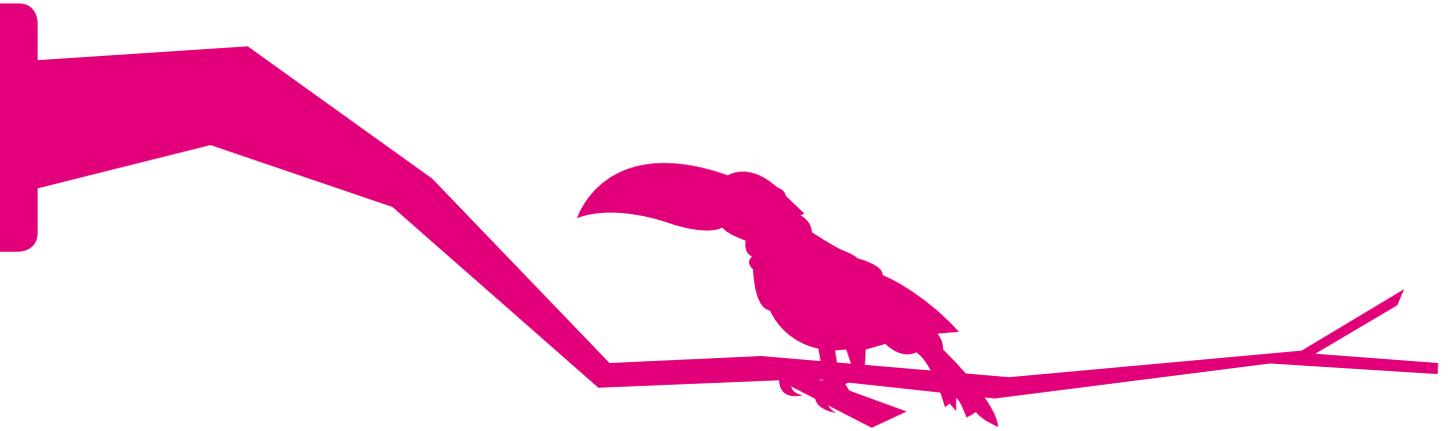
Marzo 2012

San Cristóbal de Las Casas, Chiapas



Ceiba pentandra,
pochote o ceiba

INTRODUCCIÓN TEÓRICA



¿POR QUÉ RESTAURAR?



La degradación y deforestación en la Selva Lacandona

La Selva Lacandona es el relicto más grande de selva alta perennifolia (con árboles que nunca pierden sus hojas por completo) en Mesoamérica. En este ecosistema, único por su alta biodiversidad y productividad biológica, miles de animales y plantas interactúan armónicamente desde mucho antes de la llegada del ser humano. El manejo tradicional de la selva ha evolucionado durante miles de años y es interdependiente con su riqueza biológica (1). No obstante, el área lacandona ha sufrido una deforestación de más de 800,000 ha o casi el doble de su tamaño actual (2). Esta tendencia preocupante se observa en la mayoría de los trópicos del mundo (3); se estima que 70% de su área total consiste en pastizales o potreros, campos agrícolas y paisajes manejados (4), y 60% de las selvas ya se en-

cuentra en algún estado de degradación (5).

La degradación puede ser resultado de diferentes procesos; algunos son naturales y difíciles de prevenir, como los eventos climatológicos catastróficos (inundaciones, tormentas, huracanes, lluvias o secas prolongadas), incendios naturales o la introducción accidental de especies exóticas e invasores. Otros factores provienen de la interacción del ser humano con su entorno, como la tala completa o selectiva de árboles y la quema incontrolada de áreas agropecuarias. Dentro de la Selva Lacandona, las causantes comunes son el establecimiento de potreros (6) y monocultivos de plantas introducidas, como la palma africana (*Elaeis guineensis*) (7). Estas prácticas se caracterizan por bajos niveles de biodiversidad y un rápido agotamiento del suelo. Irónicamente, se trata de las actividades fomentadas por diversos programas gubernamentales (8), a pesar de que existen alternativas productivas econó-

micamente viables y ecológicamente sostenibles.

Impactos de la degradación ecológica

En paisajes rurales las necesidades humanas y el estado de los recursos naturales están estrechamente relacionados en un equilibrio fácilmente alterado por la degradación. Por ejemplo, los habitantes de paisajes con tierras poco productivas necesitarán talar más áreas forestadas, lo cual bajará a la vez su productividad. Así se crea una espiral negativa entre la degradación ambiental y una reducida calidad de vida que afecta la cotidianidad campesina (Tabla 1).

	INDICADOR DE DEGRADACIÓN	IMPLICACIONES ECOLÓGICAS	IMPLICACIONES EN LA VIDA DIARIA
Indicadores estructurales	Deforestación	La eliminación parcial o completa de la cobertura forestal interrumpe muchos procesos ecológicos, como la humedad en el suelo, la retención del suelo, proveer hábitat para fauna silvestre y especies que necesitan sombra, etc.	<ul style="list-style-type: none"> Suelos secos y agrietados (figura 1) Deslaves y suelos erosionados (figura 2) Menos animales para cazar u observar Menor disponibilidad de productos forestales de uso común (leña, frutos silvestres, material de construcción, etc.) Lugares menos atractivos para el ecoturismo (figura 3) Temperaturas más calientes
	Fragmentación	La sobrevivencia de las poblaciones de muchos animales de la selva depende de grandes áreas de selva ininterrumpidas o interconectadas. Ejemplos son los tapires, monos y el jaguar, e incluso algunas aves como la guacamaya. La construcción de caminos es la principal causante de la fragmentación.	<ul style="list-style-type: none"> Menos animales carismáticos que atraen el ecoturismo
Indicadores de composición de especies	Menor biodiversidad	Redes de interacción de organismos menos complejos y una menor <i>resiliencia</i> (capacidad del sistema para recuperarse después de perturbaciones). Según algunos estudios, los sistemas menos diversos tienen menor productividad biológica.	<ul style="list-style-type: none"> Los ecosistemas son más vulnerables al sufrir perturbaciones y son menos productivos para actividades agroforestales Mayor probabilidad de brotes de plagas y enfermedades en los cultivos como la broca en el café o la moniliasis, el hongo que ataca el cacao
	Composición alterada de especies	Los sitios degradados suelen ser más susceptibles a las invasiones por “malezas” de competencia agresiva. Algunas especies invasoras como los helechos y zacates colonizan por completo los terrenos recién rozados o quemados y agobian por completo a las especies existentes.	<ul style="list-style-type: none"> Parcelas difíciles de limpiar con machete por la dominancia de “malezas” con una amplia red de raíces o rizomas (figura 4) Menor presencia de plantas útiles (figura 5) Algunas especies de interés comercial pueden ser menos abundantes, por ejemplo la vainilla o la palma xate Menor disponibilidad de productos forestales de uso común

Continúa tabla 



	INDICADOR DE DEGRADACIÓN	IMPLICACIONES ECOLÓGICAS	IMPLICACIONES EN LA VIDA DIARIA
Indicadores físicos	Ciclo hidrológico modificado	Las alteraciones se dan, entre otras, en áreas deforestadas donde faltan las raíces para retener o filtrar el agua en el suelo o para evaporar al aire a través de las hojas.	<ul style="list-style-type: none"> ☀ Ríos secos o con menos agua (figura 1) ☀ Menos filtración de posibles contaminantes ☀ Suelos secos, agrietados y difíciles de trabajar (figura 1) ☀ Poca productividad de cultivos y mayor mortalidad de plantas por falta o exceso de agua
	Agotamiento de nutrientes en el suelo	Retrasa la productividad biológica del sistema, lo cual se traduce en un crecimiento más lento, árboles de menor estatura máxima con menos defensas naturales y menos alimento para fauna.	<ul style="list-style-type: none"> ☀ Mayor probabilidad de ataques de plagas y enfermedades a los cultivos
	Suelos alterados	Se altera el hábitat de los organismos macro y microscópicos con un papel crucial para la vida sobre el suelo. Los suelos compactados son menos porosos y absorben menos agua en temporada de secas mientras que se inundan más fácilmente durante las lluvias. Las raíces penetran con mayor dificultad el suelo, retrasando su crecimiento. Típicamente, los suelos se compactan por el pisoteo del ganado.	<ul style="list-style-type: none"> ☀ Menor productividad (natural y agroforestal) ☀ Suelos secos y agrietados en secas e inundados en lluvias (figura 1) ☀ Mayor dificultad para trabajar la tierra (para sembrar postes, estacas, árboles, etc.)

Tabla 1. Algunos factores comunes de degradación y sus impactos ecológicos y en la vida diaria de la población local.



Figura 1. Impactos de degradación: alteraciones en el ciclo hidrológico en sitios deforestados.



Figura 2. Impactos de degradación: menor retención del suelo por las raíces de los árboles.



Figura 3. Impactos de degradación: senderos en paisajes arbolados (izquierda) y deforestados (derecha). ¿Cuál de estos caminos se prefiere para caminar en días calientes?



Figura 4. Impactos de degradación: plantas invasoras que agobian la vegetación, el helecho *Pteridium aquilinum* (izquierda), tzip (tzeltal) o warkan (maya lacandón); bejucos rastreros (derecha).

Figura 5. Impactos de degradación: contraste entre un potrero productivo (izquierda) y un potrero degradado (derecha) con una alta abundancia de especies no comestibles para el ganado.



¿CÓMO RESTAURAR?



La restauración ecológica abarca diferentes enfoques con diferentes objetivos y estrategias. Los conservacionistas buscan aumentar la biodiversidad y regresar el ecosistema dañado a su estado prístino. Los ecólogos se concentran en los *servicios ecosistémicos* y en aumentar la *diversidad funcional* (la cantidad de diferentes *servicios ambientales*). Los productores desean aumentar la productividad y sus acciones pertenecen al campo de la “rehabilitación o conversión productiva”. Los climatólogos quieren maximizar las tasas de captura de carbono. Las instituciones comprometidas con el desarrollo rural pretenden mejorar las interacciones del ser humano con su entorno.

En general, una estrategia de restauración costo-eficiente debe apoyarse mayoritariamente en los procesos naturales de la *regeneración forestal* o recuperación ecosistémica, de tal manera que la inversión laboral y monetaria sean mínimas. En par-

ticular las selvas húmedas tienen un alto potencial de recuperarse sin intervención humana, sobre todo en paisajes con remanentes de vegetación madura y fauna dispersora de semillas (ver texto “Las aves y los murciélagos: compañeros útiles para la restauración”, en la p. 18 y figura 6). Con la llegada de las semillas forestales se establecen nuevos árboles, en un proceso llamado *regeneración forestal espontánea* o *reclutamiento forestal*, y las condiciones microambientales van cambiando paulatinamente hasta que se asemejan a las características de la vegetación madura.

Así, la restauración ecológica de bosques y selvas tropicales cataliza y acelera la *regeneración forestal*, mejorando la *composición, estructura y funcionalidad* del ecosistema. La composición hace referencia a la identidad de especies mientras que la estructura refleja la complejidad espacial, como doseles a diferentes alturas, la presencia de un sotobosque y árboles altos (mayor a

25 m). La funcionalidad es el conjunto de funciones ecosistémicas y ambientales como retención del agua, erosión evitada, captura de carbono, provisión de hábitat para fauna, formación de *materia orgánica* o “tierra negra de monte”, etc. Tal como un ecosistema puede cumplir una función, también los árboles individuales lo hacen. Así por ejemplo existen árboles cuyas hojas producen más *materia orgánica* o abono, cuyos frutos atraen más animales, que crean rápidamente sombra, etc. De esta manera se distinguen diferentes “grupos funcionales” en los árboles, y típicamente se necesitan de diferentes grupos para restaurar un área degradada.

Las aves y los murciélagos: compañeros útiles para la restauración

Una de las principales barreras para la restauración de terrenos degradados es la falta de semillas forestales (9). Las aves (10-12) y los murciélagos (13) son los principales dispersores de semillas, desde la selva hasta las áreas abiertas. El transporte de las semillas facilita su germinación y establecimiento, ya que evita la competencia con la planta parental (14, 15) y las aleja de depredadores y causantes de enfermedades (*patógenos*). Esta dispersión de semillas es un proceso clave para la (re)colonización forestal (16), completamente gratis para los dueños de las parcelas, siempre y cuando existan las condiciones microambientales adecuadas para la germinación y el crecimiento inicial.

Los pájaros se alimentan de frutas y granos (17) y comen el tejido carnoso de las frutas. Cuando las semillas pasan por el aparato digestivo, se perfora la capa dura exterior, lo cual es necesario para la germinación (14). Las aves visitan más los lugares con alimento y donde puedan percharse y esconderse (18), por lo que son menos vistas en áreas abiertas en comparación con la selva (16). Se pueden atraer más aves en los pastizales y acelerar su *regeneración forestal* cuando se aumenta la complejidad estructural. Algunas estrategias útiles son conservar los árboles remanentes

o establecer perchas artificiales, arbustos y árboles adicionales, aumentar la disponibilidad de frutos comestibles y mantener la conectividad (corredores) con los fragmentos de selva (11, 19, 20).

Los murciélagos no siempre son bien vistos, dado que hay tres especies que se alimentan de la sangre del ganado (los llamados vampiros, *Desmodus rotundus*, *Diaemus youngi* y *Diphylla ecaudata*). Sin embargo, la mayoría de las especies de murciélagos no incluyen sangre en su dieta. Las especies que se alimentan de frutos o *frugívoros* dispersan las semillas mientras van volando, a diferencia de las aves que depositan las semillas en el sitio donde perchan (21). Los murciélagos que se alimentan del néctar de las flores (nectarívoros) se impregnan de *polen* y lo trans-



Figura 6. Murciélago frugívoro (*Artibeus lituratus*) (foto: cortesía de Ivar Vleut) (izquierda); semilla dispersada y depositada por aves (aquí el matapalo o *Ficus nymphaeifolia*) (derecha).

portan de flor en flor, polinizándolas (22) y asegurando la producción de semillas y frutos de plantas importantes para la regeneración de bosque. Los murciélagos que se alimentan de insectos nocturnos (*insectívoros*) reducen las plagas al comer los mosquitos, escarabajos, polillas, chinches u otros animalitos herbívoros que durante su etapa larval o adulta dañan las plantas (23, 24). Visto que los murciélagos *insectívoros* comen hasta una cuarta parte de su peso corporal en una sola noche, se ahorra dinero al reducir la necesidad de comprar pesticidas (25).



Estrategias e indicadores de restauración

Así como existen diferentes tipos de degradación, las estrategias de restauración deben adaptarse al sitio que va a restaurarse y se traducirán en diferentes costos/ha (tabla 2). En general, los *ecosistemas degradados* se distinguen de sus equivalentes sanos por tener una composición de especies reducida y distinta, una estructura menos compleja, menos *funciones ecosistémicas* y una sucesión más lenta o detenida temporalmente. Estos cam-

bios pueden y deben ser medidos durante la restauración, con el fin de evaluar y/o ajustar la estrategia de restauración cuando sea necesario.

Típicamente se monitorean las trayectorias de un conjunto de *indicadores* ecológicos y socioeconómicos. Dos elementos son clave en este proceso: los distintos objetivos planteados al inicio de la restauración y un *ecosistema* o *sitio de referencia*. Los restauradores desean transformar el sitio

degradado en un estado semejante al sitio de referencia, lo cual podría ser la selva prístina, pero también un cafetal de alta biodiversidad y rendimiento, un acahual maduro e incluso un potrero productivo con árboles dispersos.



ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN	PRINCIPALES ACTIVIDADES	SISTEMAS DEGRADADOS DONDE APLICAR	COSTO RELATIVO (JORNALES/PESOS)
Restauración pasiva y regeneración natural asistida	Eliminación de las causantes de degradación (por ejemplo, detener o reducir las actividades productivas o de extracción, o la exclusión de ganado, mediante cercas o alambre de púas). Se aplican <i>cajeteos</i> o limpiezas locales y aclareos para favorecer el crecimiento de los árboles presentes.	Sitios con suelo no muy dañado y en donde persisten procesos de <i>regeneración forestal</i> (como rebrotes de árboles o vegetación madura cercana [< 200 m] que proporciona semillas y alberga animales que las dispersan).	Bajo Sobre todo en áreas que no necesitan ser cercadas en ausencia de ganado u otros herbívoros grandes.
Plantaciones de enriquecimiento	Aclareo de brechas y siembra de especies deseadas (generalmente maderables).	Achuales y selvas cuyas especies de valor comercial o tradicional han sido extraídas.	Bajo El sitio aún tiene cobertura y funcionalidad forestal; sólo se invierte en su enriquecimiento.
Nucleación	Diferentes métodos para acelerar la sucesión natural, como la construcción de perchas para atraer aves dispersoras de semillas; introducción de tierra negra de selva con semillas; establecimiento de plantaciones en forma de islas que se expanden naturalmente.	Sitios cercanos (< 200 m) a vegetación madura con un suelo no muy dañado sin inundaciones prolongadas. Cabe señalar que aún existen pocos ejemplos a gran escala de esta estrategia.	Bajo a medio Reduce el costo al catalizar y acelerar la sucesión natural.
Obras de restauración del suelo	Evitar y contrarrestar la erosión y agotamiento mediante obras de conservación de suelo, como cercas vivas, terrazas, etc.	Áreas severamente degradadas, sin tierra o altamente perturbadas. Generalmente, las obras de conservación de suelo preceden a otras actividades de restauración.	Alto Requiere mucha mano de obra y en ocasiones la compra de material como mallas, postes, costales, etc.
Plantaciones de restauración	Se establecen plantaciones forestales que facilitan la <i>regeneración forestal</i> y recuperan la <i>funcionalidad</i> del sistema.	Áreas cercanas a relictos de vegetación madura, con suelos no muy dañados. En áreas lejanas a remanentes de selva, es necesario establecer un mayor número de especies en la plantación.	Alto Las áreas con ganadería necesitan ser cercadas. Los costos de establecimiento y mantenimiento de las plantaciones sobrepasan los \$15,000/ha (ver capítulo Costos de la restauración p. 31).

Tabla 2. Algunas estrategias de restauración comúnmente usadas en los trópicos.



INDICADORES DE LA RESTAURACIÓN DE SELVAS		VARIABLES OBSERVABLES EN CAMPO SIN AYUDA DE HERRAMIENTAS
Indicadores biológicos	Composición de especies	<ul style="list-style-type: none"> Diversidad y riqueza de especies sembradas y reclutadas Semejanza con la composición de especies del ecosistema de referencia Cantidad de grupos funcionales (<i>diversidad funcional</i>) Abundancia o biomasa de malezas invasoras y dominantes
	Estructura de la vegetación	<ul style="list-style-type: none"> Grado de la complejidad vertical (varios estratos a diferentes alturas, presencia de sotobosque) Porcentaje de cobertura forestal Intensidad lumínica a nivel de suelo
	Presencia de fauna	<ul style="list-style-type: none"> Abundancia de huellas, nidos, excrementos Abundancia y diversidad de fauna dispersora de semillas como aves o mamíferos
Indicadores físicos	Suelo (figura 8)	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura y biomasa de hojarasca Grosor de la capa de <i>materia orgánica</i> Grado de la compactación del suelo Presencia de hongos descomponedores Abundancia y profundidad de grietas
	Microambiente	<ul style="list-style-type: none"> Intensidad de sombra Temperatura ambiental Cantidad de humedad en el suelo
Indicadores socioeconómicos	Nivel local	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de conflictos con respecto a tenencia y uso de las parcelas restauradas Rendimientos e ingresos provenientes del pago de <i>servicios ambientales</i>, actividades ecoturísticas o de la venta de productos cultivados o extraídos de la parcela restaurada (en caso de la reconversión productiva)
	Nivel sociedad	<ul style="list-style-type: none"> Indicadores de desarrollo rural

Tabla 3. Algunos indicadores fáciles de evaluar durante la restauración.

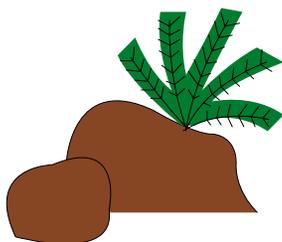




Figura 7. Evolución de la *repoblación forestal* de una milpa abandonada en restauración, en Lacanhá Chansayab. Se observa un cambio radical desde una dominancia de malezas (aquí la compuesta *Bidens pilosa*) hasta un sotobosque con más de 50 especies de árboles reclutados en 1 ha.

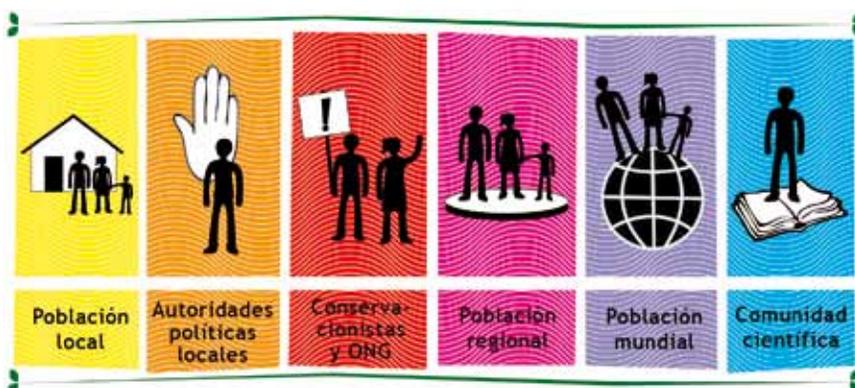


Figura 8. Evolución del suelo de un potrero abandonado en restauración, en Maravilla Tenejapa. Se observa la reducción de malezas y el aumento de hojarasca conforme el paso del tiempo. Después de dos años, observamos hongos descomponedores y plantas que sólo crecen bajo sombra.



¿PARA QUIÉN RESTAURAR?

Idealmente, la restauración es una actividad que se planea entre todos los actores involucrados, en función de los objetivos, necesidades comunes (tabla 4) y características del sitio que va a restaurarse. Los programas de restauración que no contemplen las necesidades locales o que prohíban el uso de los recursos forestales tendrán menor probabilidad de éxito. Las zonas severamente degradadas y de bajos rendimientos agropecuarios deben tener prioridad para ser restauradas, al tiempo que las áreas productivas deben mantenerse para generar ingresos locales. De esta manera se crean paisajes mosaico con milpas, potreros, sistemas agroforestales y parches de vegetación madura y/o restaurada, muy similares al entorno donde vivían los mayas antepasados. Estos paisajes, a través de las funciones ecosistémicas brindadas, ofrecen ventajas tanto para los habitantes locales como para los regionales (26-29).



Actores involucrados en la restauración.

Pago de servicios ambientales. No todo lo que brilla es oro

Actualmente existen diversos programas gubernamentales y no gubernamentales que recompensan a los dueños de áreas forestales por los *servicios ambientales* brindados. No obstante, coexiste una corriente crítica hacia dichos programas basada en sus deficiencias éticas y operativas, en particular

hacia aquellos que fomentan la captura de carbono.

🔥 La lógica de “pagar por contaminar” es cuestionable ya que permite a las empresas y países económicamente poderosos seguir emitiendo gases de efecto invernadero.

🔥 El costo de los llamados “créditos de carbono” —la moneda en que se

ACTOR INVOLUCRADO	PRINCIPALES OBJETIVOS PARA RESTAURAR
Población local	<ul style="list-style-type: none"> Mayor productividad agropecuaria y menor incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos Protección de cauces de ríos Evitar erosión y deslaves Presencia de animales para la cacería Provisión de productos forestales como leña, material de construcción, alimento Diversificar las actividades productivas al contar con sitios aptos para la producción y extracción de plantas <i>umbrófilas</i> (que necesitan sombra, como el café, cacao o la palma xate), y que los productores se vean menos afectados en plagas y enfermedades masivas o bajos precios de cierto cultivo Acceso a programas que recompensan la reforestación, restauración o conservación (ver texto “Pago de servicios ambientales. No todo lo que brilla es oro” en la p. 23) Paisajes más frescos con más sombra
Autoridades políticas locales	<ul style="list-style-type: none"> Ordenamiento y planeación territorial
Dependencias gubernamentales con índole conservacionista y las ONG	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar la superficie de ecosistemas forestales en buen estado de salud con altos niveles de biodiversidad Cumplir con programas nacionales y mundiales que fomenten la conservación y reforestación Aumentar el bienestar local a través de programas de desarrollo rural
Población regional	<ul style="list-style-type: none"> Protección de cuencas de río y mayor filtración del agua que se escurre de sitios donde se aplican agroquímicos Regulación del clima local
Población mundial	<ul style="list-style-type: none"> Mitigar los efectos de los gases de efecto invernadero y contrarrestar el cambio climático (ver texto “Pago de servicios ambientales. No todo lo que brilla es oro” en la p. 23) Salvaguardar los recursos genéticos con beneficios para el ser humano, como las sustancias con propiedades médicas Ecoturismo
Comunidad científica	<ul style="list-style-type: none"> Juntar y analizar datos sobre los procesos relacionados con la ecología de la restauración

comercializa el derecho de emitir gases de efecto invernadero— es bajo en comparación con el costo de la restauración o reforestación.

- Los créditos de carbono son revendidos de empresa (país) a empresa (país) en un sistema de bolsa de valores que les permite obtener ganancias sin fomentar la restauración o reforestación.

- Los créditos de carbono promueven un sistema mercantil, mientras que para contrarrestar los efectos del cambio climático se requiere un estilo de vida menos consumista.

- En ciertas ocasiones, participar en programas de pago de *servicios ambientales* implica un uso restringido de los bosques y selvas.

- Existe poco consenso sobre el impacto real del mercado de carbono sobre el cambio climático y la cantidad de carbono retenida.

- Estos programas tienen el potencial de impulsar la especulación y acaparamiento de tierras, limitando la producción campesina.

Si bien los programas de pago de *servicios ambientales* fomentan de cierta manera la reforestación y restauración, y generan ingresos complementarios para sus beneficiarios, invitamos a los involucrados a informarse antes de participar en estos programas.

Tabla 4. Principales actores y sus objetivos para restaurar.



LA RESTAURACIÓN COMO PARTE DE LOS MANEJOS LOCALES



La vida campesina en paisajes como la Selva Lacandona está llena de actividades de restauración que forman parte de los conocimientos y manejos locales o tradicionales. Diversas actividades campesinas aceleran la sucesión vegetal o aumentan la cobertura forestal del paisaje.

Las *cercas vivas*, *cortinas rompevientos*, *huertos familiares* y *árboles remanentes* en los potreros cumplen diferentes servicios ecosistémicos (20, 30). Por ejemplo, aumentan la conectividad forestal al fungir como islas o corredores para fauna dispersora de semillas; crean condiciones microambientales que favorecen la *regeneración forestal*, y enriquecen el suelo a través de la descomposición de la hojarasca.

De la misma manera, los *árboles maduros que rodean las milpas* y los *potreros* garantizan una *lluvia de semillas* (las semillas sopladas y cargadas por el viento, y finalmente depositadas en el suelo) y un *banco de semillas* (las semillas que se encuentran enterradas en

el suelo) que aceleran la *repoblación forestal* en el sitio cuando entra en descanso (31).

En muchas comunidades se *multa la tala* de árboles en las orillas de los ríos, ojos de agua y en las reservas comunales o ejidales. Este mecanismo sociocultural garantiza la permanencia de la cobertura forestal en los lugares clave, como las zonas amortiguadoras forestales ribereñas.

Los *Sistemas agroforestales* como los cacaotales o cafetales son ejemplos de cómo trabajar la tierra y obtener ingresos dignos sin tumbar la selva. Estos sistemas pueden ser parecidos a la selva no perturbada en cuanto a los niveles de biodiversidad (32) y servicios ecosistémicos (33).

La fase de la milpa roza-tumba-quema en la que se deja descansar el terreno se fundamenta en la restauración pasiva. En la fase del crecimiento del acahual se recupera la fertilidad del suelo y la parcela es colonizada por especies *pioneras*. Los árboles pioneros suelen ser los primeros

árboles en colonizar áreas sin cobertura forestal; crecen relativamente rápido si no están en la sombra; tienen semillas pequeñas y un ciclo de vida relativamente corto (< 30 años). Ejemplos típicos son el guarumbo (*Cecropia spp.*), el capulín (*Muntingia calabura*), el corcho o cabecera (ojolín en ch'ol, chujúm en maya lacandón) (*Ochroma pyramidale*).

Manejo local y/o tradicional de acahuales

El frijol abono (*Mucuna* spp.) cubre el suelo de las milpas abandonadas de tal manera que lo enriquece, principalmente con nitrógeno, y previene el establecimiento de otras especies. Este método no favorece la *regeneración forestal*, sino que restaura el suelo y facilita la limpieza del acahual cuando se vuelve a establecer la milpa (figura 9).

Varios grupos indígenas mayas, como los choles de Nueva Villaflores y los lacandones de Lacanhá Chansayab y Bethél manejan sus acahuales con varias especies, como el corcho o cabecera (ojolín en ch'ol, chujúm en maya lacandón; figura 10) (34). Desde un año antes de que la milpa entre en descanso, se promueve el establecimiento de este árbol en la parcela, al tolerar las plántulas reclutadas de manera espontánea y eventualmente sembrando semillas. El corcho tiene una alta sobrevivencia en milpas abandonadas y crece extremadamente rápido (hemos medido individuos de un año con más de 12 m de altura) (35). Su abundante hojarasca aumenta la *materia orgánica* en el suelo

(tierra negra) (36), y lo cubre de tal manera que dificulta la germinación de semillas de malezas. La sombra generada reduce la luz disponible para las malezas del sotobosque, lo cual les hará crecer más lentamente o morir. De esta manera, se rompe la dominancia de malezas y helechos que compiten agresivamente. Pocos meses después de establecer rodales con este árbol, las aves dispersoras de semillas forestales perchan sobre los largos y rígidos *peciolos* horizontales y polinizan las flores (37). Los acahuales de cinco años manejados con este árbol son ideales para reiniciar el ciclo de la roza-tumba-quema. Son fáciles de rozar con machete, ya que la madera del corcho es extremadamente blanda y las malezas están prácticamente ausentes en el sotobosque, mientras que la descomposición de la hojarasca fertiliza el suelo. Adicionalmente, su madera se puede usar como artesanía, material de construcción y es comercializado bajo el nombre de madera balsa.

Este manejo ha sido adaptado para restaurar, en un contexto experimental, helechales o terrenos invadidos por la especie *Pteridium aquilinum* (tzip en tzeltal,

warkán en maya lacandón, figura 11) (38, 39). Este helecho se establece en terrenos recién quemados e impide que otras especies crezcan o se establezcan debido a su densa capa de hojas que cubre por completo el suelo y su extensa red de rizomas (un tipo de raíces que almacena nutrientes y produce constantemente nuevas hojas de manera abundante). Los helechales persisten típicamente por varias décadas, son de muy bajo valor ambiental e imposibilitan la siembra de cultivos.

Un año y medio después de la siembra del corcho, el sitio queda otra vez apto para uso agrícola o para ser conservado como selva. Sin embargo, también hemos tenido varias experiencias no exitosas con este método cuando el corcho no obtiene altas tasas de crecimiento (menos de dos metros durante el primer año), como en los potreros abandonados con suelos compactados.





Figura 9. Parcela manejada con frijol abono para la recuperación del suelo.



MILPA ROZA-TUMBA-QUEMA

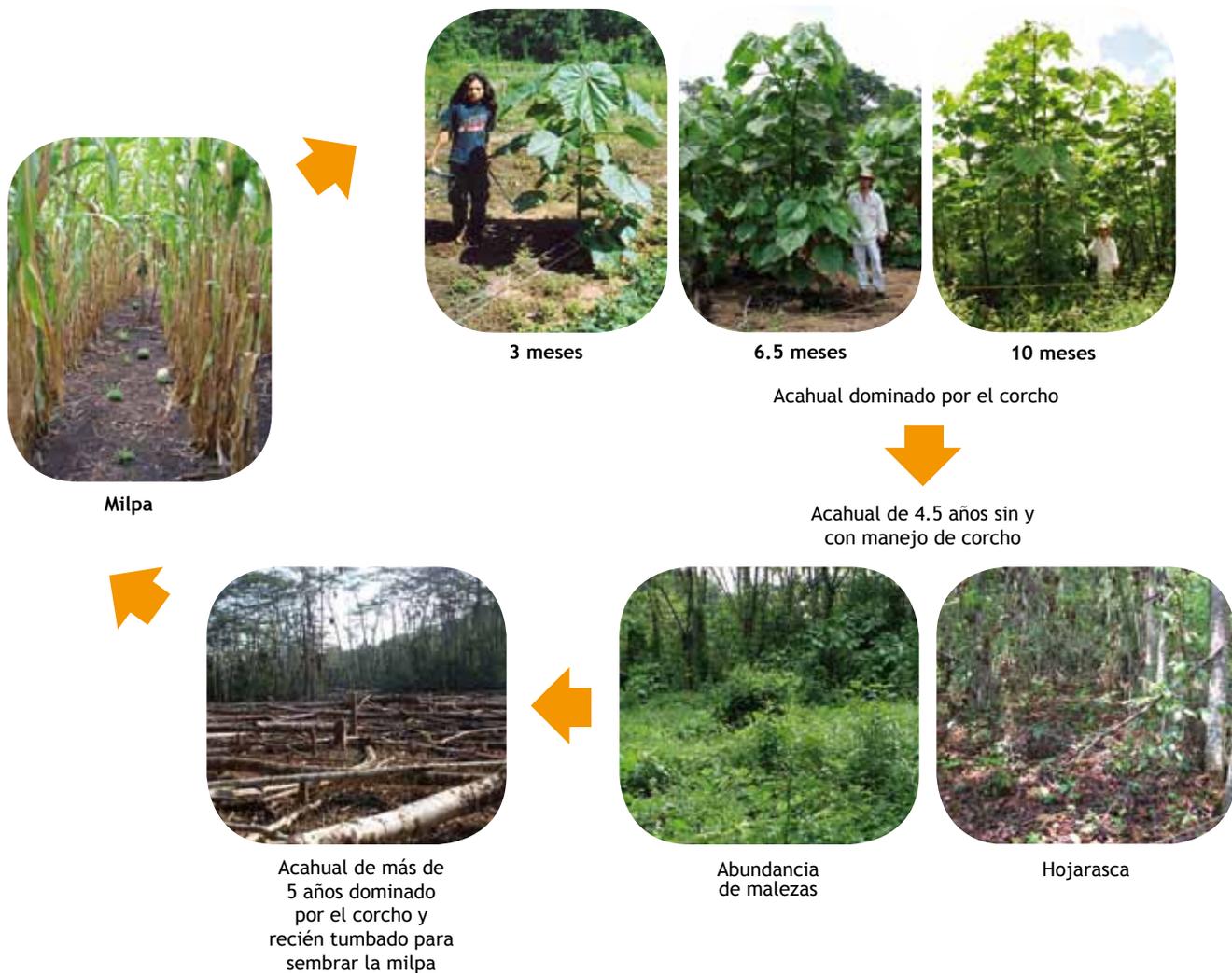


Figura 10. Manejo local de acahuales con el corcho (*Ochroma pyramidale*).





Condición inicial de un helechal con más de 30 años de edad



Limpia del helechal y siembra de corcho



Contraste entre parcelas sin (al frente) y con (atrás) corcho a los 10 meses después de sembrar el corcho

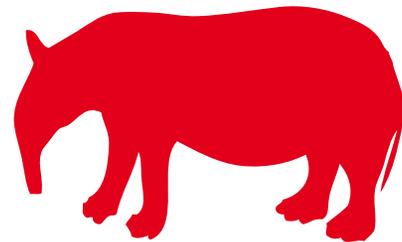


Eliminación del helecho en el sotobosque que contiene abundante hojarasca, 10 meses después de haber sembrado el corcho

Figura 11. Ejemplo de la adaptación del manejo tradicional de acahuales con corcho (*Ochroma pyramidale*) para restaurar helechales (*Pteridium aquilinum*).



COSTOS DE LA RESTAURACIÓN



HABLANDO DE PESOS



Aunque la restauración o degradación de un sitio es un proceso biológico, las causantes son en muchas ocasiones de índole socioeconómica. Recientemente surgió una escuela de restauradores que promueve la *restauración del capital natural*, en la cual tanto el aspecto humano como el económico forman parte del ecosistema que se restaurará (40). Existen diferentes estrategias de restauración que no intervienen con –o incluso aumentan– las oportunidades económicas y productivas. Una *restauración a nivel de paisaje* recupera aquellos terrenos que no son aptos para la producción agropecuaria, dejando intactas las parcelas productivas. Otra opción son los centros ecoturísticos, de los que hay varios ejemplos en la Lacandona y donde el mayor atractivo es la flora y fauna en estado conservado-restaurado. Alternativamente, pueden rehabilitarse áreas para aumentar su productividad agropecuaria o forestal, particularmente cuando se explotan cultivos (agro)forestales de bajo

impacto ambiental que prosperan bajo la cobertura forestal, como el café, el cacao o la palma xate.

La restauración requiere de una considerable inversión laboral y económica. Aquí analizamos la factibilidad económica en función de la capacidad económica campesina. Con base en las experiencias en la Selva Lacandona contabilizamos tanto el costo de la restauración de una hectárea de potrero degradado como los posibles beneficios que generaría esta parcela al ser convertida en un cafetal, cacaotal o plantación de palma xate (41).¹ Para los escenarios de restauración nos basamos en cuatro estrategias comunes:

Plántula: se producen plántulas en un vivero rústico y se trasplantan después de tres a cinco meses de permanencia en el vivero.

¹ Para mayor información sobre los métodos usados y los resultados completos ver referencia 41.



🌱 **Semilla:** se siembran las semillas directamente en el terreno que va a restaurarse. Esta estrategia es adecuada para especies con altas tasas de sobrevivencia cuando son sembradas en terreno, como el *paterno* o *chalum* (*Inga vera*).

🌱 **Estacas:** se establecen plantaciones con estacas. Cabe mencionar que hasta la fecha no hemos podido realizar esta estrategia con éxito debido a altas tasas de mortalidad (más de 60%) y un desarrollo pobre del dosel (42).

🌱 **Pasiva:** esta estrategia se fundamenta en la regeneración espontánea, que fomenta el crecimiento de los tocones y árboles que se encuentran en el lugar (tabla 2).

Restauración de una hectárea de potrero

Poner un precio único a la restauración es ambiguo, ya que las peculiaridades de cada parcela impiden que pueda establecerse una estrategia y costo universal. La estimación presentada aquí es una guía para la planeación financiera de la restauración y debe ser interpretada como una aproximación; el costo real por hectárea puede ser considerablemente menor que lo reportado, entre otras, por las siguientes razones:

🌱 Los viveros con mayor capacidad (que producen plantas para

áreas mayores de una hectárea) son más eficientes y económicos.

🌱 Cuando se restauran grandes áreas compactas, se requiere cercar menos distancias para proteger el sitio contra intrusiones de ganado.

🌱 Contabilizamos todos los jornales en pesos, a pesar de que mucha mano de obra es absorbida por la familia o en sistemas de trueque laboral.

🌱 Varias de las actividades contabilizadas se pagan con subsidios que abundan en zonas de amortiguamiento de Áreas Naturales Protegidas carismáticas, como la Biosfera de Montes Azules.

🌱 En caso de datos ambiguos, optamos sistemáticamente por la opción más costosa.

PASO 1 Sitio degradado

Limpiar y eventualmente cercar

PASO 2 Estrategia de restauración

Opción A: plantaciones con semillas
Opción B: plantaciones con estacas
Opción C: plantaciones con plantas de vivero
Opción D: Restauración pasiva

PASO 3 Mantenimiento

Limpiar para favorecer a los árboles

Año 0

PASO 1: Preparación del terreno

ACTIVIDADES		JORNALES/HA	COSTO/HA	CANTIDAD/HA	COSTO TOTAL	ESPECIFICACIONES	
ENCERCAR	POSTES	CORTAR	32		70	\$2,240.00	
		ACARREAR	4		70	\$ 280.00	
		SEMBRAR	8		70	\$ 560.00	50 HOYOS / JORNAL
	ALAMBRE	ROLLOS DE ALAMBRE		\$700.00	5 ROLLOS	\$3,500.00	
		GRAPAS		\$ 17.50	2 KG	\$ 35.00	
		JALAR ALAMBRE	4		70	\$ 280.00	
LIMPIAR TERRENO			35		70	\$2,450.00	
					SUBTOTAL	\$ 9,345.00	

PASO 2 (opción A): Plantaciones con semillas (111 plantas/ha)

ACTIVIDADES		JORNALES/HA	COSTO TOTAL	ESPECIFICACIONES
SIEMBRA SEMILLAS	COSECHA	3	\$ 210.00	600 SEMILLAS/ JORNAL
	ESCARIFICACIÓN	3	\$ 210.00	
	SIEMBRA	3	\$ 210.00	400 SEMILLAS/ JORNAL
RESIEMBRA (20%)	COSECHA	2	\$ 140.00	
	ESCARIFICACIÓN	1	\$ 70.00	
	SIEMBRA	1	\$ 70.00	
		SUBTOTAL	\$910.00	

PASO 2 (opción B): Plantaciones con estaca (111 plantas/ha)

ACTIVIDADES		JORNALES/HA	COSTO/HA	COSTO TOTAL	ESPECIFICACIONES	
PRIMERA SIEMBRA	COSECHA	COSECHA	48		\$ 3,360.00	25 ESTACAS/ JORNAL; TOTAL DE 1200 ESTACAS/HA
	ACARREADA	ACARREADA + FLETE	2	\$250.00	\$ 390.00	
	HOYACIÓN + SIEMBRA	HOYACIÓN + SIEMBRA	48		\$ 3,360.00	25 ESTACAS/ JORNAL
RESIEMBRA (25%)	COSECHA	COSECHA	12		\$ 840.00	25 % DE MORTALIDAD
	ACARREADA	ACARREADA	1	\$250.00	\$ 320.00	
	HOYACIÓN + SIEMBRA	HOYACIÓN + SIEMBRA	12		\$ 840.00	25 ESTACAS/ JORNAL
				SUBTOTAL	\$ 9,110.00	

Continúa tabla 



PASO 2 (opción C): Plantaciones con planta de vivero (1111 plantas/ha; vivero para 3 a 5 meses)

ACTIVIDADES			JORNALES/HA	COSTO/HA	COSTO TOTAL	ESPECIFICACIONES
VIVERO (12 M2/ HA)	INFRAESTRUCTURA	MALLA PARA CERCAR EL ÁREA		\$ 200.00	\$ 200.00	
		NIVELAR EL TERRENO	1		\$ 70.00	
		TABLONES	2		\$ 140.00	
		BOLSAS (15 X 25 CM)		\$ 380	\$ 380.00	1 KG DE BOLSAS (150 BOLSAS DE 15X25CM): 38 PS
		TANQUE PARA ALMACENAR AGUA + REGADERA		\$ 400.00	\$ 400.00	
		TECHO DE SOMBRA (MALLA MOSQUITERA)		\$ 100.00	\$ 100.00	
	SEMILLAS	COSECHA	2		\$ 140.00	600 SEMILLAS/JORNAL
		ESCARIFICACIÓN	1		\$ 70.00	
	OPERACIÓN	LLENADO DE BOLSAS	11		\$ 770.00	
		SIEMBRA	2		\$ 140.00	
		ACARREO AGUA + RIEGO + DESHIERBES	32		\$ 2,240.00	4 MEDIO JORNALES/ SEMANA DURANTE 4 MESES
		MANEJO FITOSANITARIO	8		\$ 560.00	1 JORNAL CADA DOS SEMANAS DURANTE 4 MESES
SIEMBRA	TRANSPORTE	ACARREO + FLETE	2	\$ 250.00	\$ 390.00	DENSIDAD 3X3
		HOYACIÓN + SIEMBRA	25		\$ 1,750.00	
RE-SIEMBRA (15%)	TRANSPORTE	ACARREO + FLETE	1		\$ 320.00	15% MORTALIDAD
		HOYACIÓN + SIEMBRA	4		\$ 280.00	
SUBTOTAL					\$ 7,850.00	

Continúa tabla 

PASO 3: Mantenimiento por años

		ACTIVIDADES	PLÁNTULA	SEMILLA	ESTACA	PASIVA
AÑO 0	CAJETEAR O DESHIERBES CIRCULARES	JORNALES/HA	28	28	28	28
		FRECUENCIA/AÑO	3	3	2	2
	ELIMINAR BEJUCOS AGOBIANTES	JORNALES/HA	0	0	8	0
		FRECUENCIA/AÑO	0	0	2	0
	SUBTOTAL			\$5,880.00	\$5,880.00	\$1,820.00
AÑO 1	CAJETEAR O DESHIERBES CIRCULARES	JORNALES/HA	25	25	15	25
		FRECUENCIA/AÑO	2	4	1	1
	ELIMINAR BEJUCOS AGOBIANTES	JORNALES/HA	4	4	8	4
		FRECUENCIA/AÑO	4	4	4	4
	SUBTOTAL			\$4,620.00	\$4,620.00	\$3,290.00
AÑO 2	CAJETEAR O DESHIERBES CIRCULARES	JORNALES/HA	10	10	0	10
		FRECUENCIA/AÑO	2	2	0	2
	ELIMINAR BEJUCOS AGOBIANTES	JORNALES/HA	4	4	4	4
		FRECUENCIA/AÑO	4	4	4	4
	SUBTOTAL			\$2,520.00	\$2,520.00	\$1,120.00

* Todos los jornales son cotizados en \$70 pesos diarios.

Tabla 5. Costos desglosados por actividad para restaurar una hectárea de potrero degradada en la Selva Lacandona.

Uno de los mayores costos proviene de la necesidad de cercar el terreno para evitar la intrusión de herbívoros grandes como el ganado o los venados. En el caso de una hectárea que necesita ser completamente cercada (400 m/ha), se eleva el gasto según la tabla 6.

Tabla 6. Resumen del costo máximo para restaurar una hectárea de potrero degradada incluyendo 400 metros de cercado con postes de madera dura cada 2 metros y cuatro hilos de alambre de púas.

Costos totales

		COSTOS/ha	PLÁNTULA	SEMILLA	ESTACA	PASIVA
AÑO 0	Preparación	Con cerca	\$9,345.00	\$9,345.00	\$9,345.00	\$9,345.00
		Sin cerca	\$2,450.00	\$2,450.00	\$2,450.00	\$2,450.00
	Establecimiento		\$7,890.00	\$910.00	\$8,700.00	-
	Mantenimiento		\$5,880.00	\$5,880.00	\$1,820.00	\$1,960.00
AÑO 1	Mantenimiento		\$4,620.00	\$4,620.00	\$3,290.00	\$2,870.00
AÑO 2	Mantenimiento		\$2,520.00	\$2,520.00	\$1,120.00	\$2,520.00
TOTAL	Con cerca		\$30,255.00	\$23,275.00	\$24,275.00	\$16,695.00
	Sin cerca		\$23,360.00	\$16,380.00	\$17,380.00	\$9,800.00



Sistemas agroforestales establecidos en áreas restauradas

Calculamos los posibles beneficios monetarios provenientes de actividades agroforestales de bajo impacto ambiental, en parcelas restauradas con plantaciones. En las parcelas experimentales en la Selva Lacandona, observamos un cierre total

del dosel de la plantación desde el primero y hasta el tercer año después de su establecimiento. Suponemos que una parcela puede ser sembrada con plantas que prosperan bajo sombra (*umbrófilas*), de interés comercial, a partir del tercer año después de iniciar la restauración.

Basados en entrevistas realizadas a agricultores en la región Lacandona, revisión de textos y estadísticas oficiales provenientes de la misma zona, calculamos los costos e ingresos, durante un periodo de 20 años, de tres esquemas agroforestales poco tecnificados y comunes en la región (figura 12). Analizamos principalmente el tiempo necesario para recuperar la inversión de haber restaurado una hectárea de potrero abandonada (tabla 5), donde se cercaron 200 metros con alambre de púas. Se tomaron en cuenta la inflación y los gastos anuales de mantenimiento y se promediaron los precios fluctuantes de compra de las cosechas.

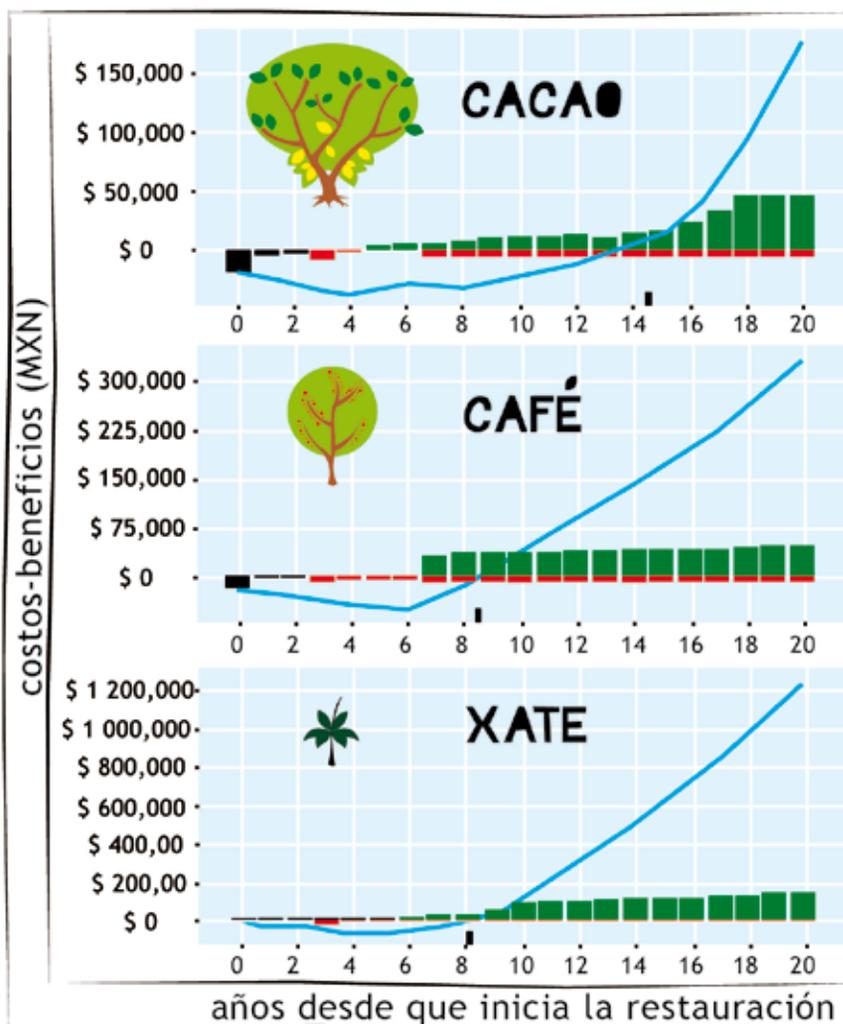


Figura 12. Análisis costo-beneficio monetario de la rehabilitación de una hectárea de potrero y el establecimiento de cultivos forestales. Las barras negras representan la inversión anual en las actividades de restauración; las barras rojas y verdes son los costos e ingresos anuales respectivamente. La línea azul representa los costo-beneficios acumulativos y la línea negra en el eje X marca el momento de haber recuperado la inversión inicial.

Producción de cacao



Figura 13. Cosecha de cacao.

Asumimos que se compran plantas a tres pesos cada una, las cuales son almacenadas por un breve periodo en los solares antes de ser plantadas a una densidad de 650 plantas por hectárea (aproximadamente 4x4 m). El rendimiento promedio se calculó en 650 kg/ha, mientras que el precio inicial por kilogramo se estimó en 35 pesos/kg.

A partir del tercer o cuarto año después de sembrar los árboles de cacao, el campesino inicia la cosecha y obtiene un ingreso. Según nuestros cálculos, los beneficios obtenidos por la cosecha en el cacaotal sobrepasan la inversión de su establecimiento y las actividades de restauración 14.5 años después de haber iniciado la restauración.

Producción de café

Asumimos que se compran plantas a cinco pesos cada una, las cuales son almacenadas por un breve periodo en los solares antes de ser plantadas a una densidad de 900 plantas por hectárea (3x3.5 m). El rendimiento promedio se estimó en 22 bultos por hectárea y el precio inicial por kilogramo en 27.5 pesos.

A partir del tercer año después de establecer el cafetal, las plantas producen frutos (figura 14) y generan un ingreso. Se recupera la inversión de la restauración + el establecimiento del cafetal después de 8.5 años.



Figura 14. Frutos de café.



Producción de palma xate



Figura 15. Vivero rústico de xate (pata de vaca o *Chamaedorea ernesti-augustii*).

La Selva Lacandona alberga diferentes especies nativas de palma xate. Presentamos el caso de la pata de vaca (*Chamaedorea ernesti-augustii*), por ser la especie con mayor valor comercial en este momento. A pesar de que la extracción de hojas de palmas silvestres de xate tiene un historial de más de 40 años en la Selva Lacandona, el establecimiento y aprovechamiento de plantaciones es aún incipiente. Nos basamos en las pocas iniciativas que existen en la Lacandona y las plantaciones en Veracruz y el Petén. Cabe señalar que muchas de las especies de palma comedor con valor comercial están amenazadas y se encuentran dentro de la NOM-059, la cual prohíbe su explotación si no se cuenta con una Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA). El análisis presente no incluye el registro de la UMA, ya que suele ser financiado con subsidios.

Asumimos que se producen plántulas en vivero, donde permanecen entre 10 y 12 meses antes de ser sembradas a una

densidad de 45,000 plantas por hectárea (aproximadamente 0.4 x 0.5 m). Se estimó una cosecha promedio por hectárea de 1125 gruesas de 80 hojas cada una (equivalente a dos hojas por planta cada año). El precio inicial de compra fue calculado en 28.50 pesos por gruesa.

Una planta de pata de vaca típicamente produce hojas comerciales a partir del tercer año de su crecimiento. Los beneficios generados por la venta de hojas regresa la inversión total a partir del octavo año después de iniciar la restauración. Según nuestros cálculos, las plantaciones de xate son la opción agroforestal económicamente más redituable en comparación con la producción de café o de cacao.

CONCLUSIONES

Restaurar o rehabilitar un área para producción agroforestal requiere de una importante inversión inicial. Los subsidios generan pagos durante los años de mayor inversión y podrían fomentar la restauración en poblaciones de pocos recursos.

Cuando se aprovecha la parcela restaurada mediante cultivos agroforestales de bajo impacto ambiental, como el cacao, café o palma xate,

se recupera la inversión después de 14.5, 8.5 y 8 años respectivamente. Si persisten las condiciones actuales de mercado para la palma xate, las plantaciones con esta planta podrían ser muy lucrativas.

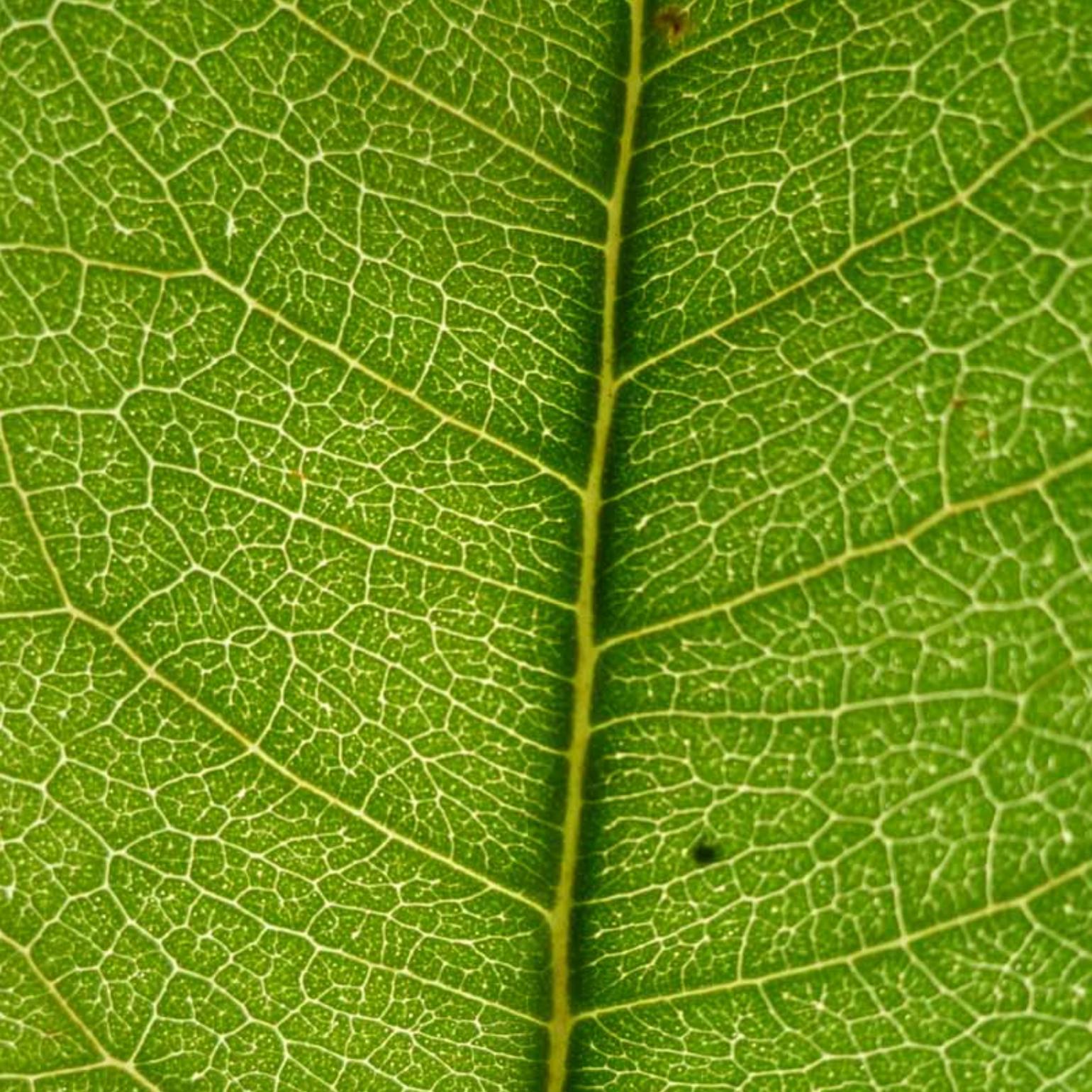
Cabe señalar que la mayor ventaja de la restauración o la re-

habilitación productiva no se expresa en pesos, sino en los múltiples beneficios ambientales (ver por ejemplo tabla 1). A su vez, la diversificación de ingresos familiares (milpa, ganadería, actividades agroforestales, etc.) protege a los campesinos de fluctuaciones extremas en los precios de compra o los brotes masivos de enfermedades o plagas.

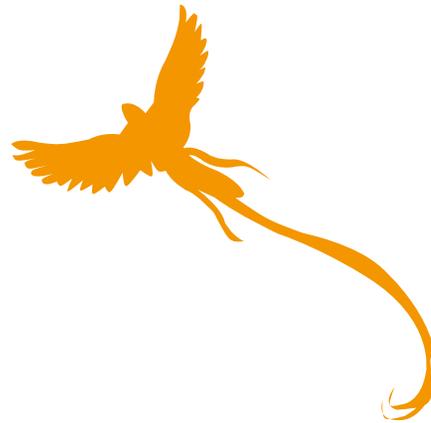


Comparación de una selva conservada (derecha) y una degradada (izquierda).





GUÍA PRÁCTICA PARA ESTABLECER PLANTACIONES DE RESTAURACIÓN



A pesar de que las plantaciones forestales son una de las estrategias más útiles en la restauración, en algunas áreas pueden ser más costo-eficientes otros métodos (ver tabla 2; p. 20).

Las plantaciones de restauración son diferentes a las plantaciones comerciales y requieren de diferentes manejos (tabla 7).

	PLANTACIÓN COMERCIAL	PLANTACIÓN DE RESTAURACIÓN EN CONDICIONES RURALES
Fuente de semillas	<ul style="list-style-type: none"> Compradas No se conoce el árbol madre 	<ul style="list-style-type: none"> Cosechadas Árbol madre identificado
Protección de semillas	<ul style="list-style-type: none"> Una capa química previene ataques de plagas, hongos y enfermedades Eventualmente una capa de fertilizante 	<ul style="list-style-type: none"> Ninguna
Viabilidad de semillas	<ul style="list-style-type: none"> Alta 	<ul style="list-style-type: none"> Variada y difícil de predecir
Vivero	<ul style="list-style-type: none"> Tecnificado Gran escala 	<ul style="list-style-type: none"> Rústico Pequeña escala
Sustrato	<ul style="list-style-type: none"> Comprado Comúnmente una mezcla de turba (“peat moss”), agrolita, vermiculita y fertilizantes sintéticos Desinfectado 	<ul style="list-style-type: none"> Proveniencia local Mezcla con tierra “negra” o abonos Comúnmente no desinfectado
Contenedores para el cultivo de los plántones	<ul style="list-style-type: none"> Charolas de diferentes tamaños y capacidades que contienen varios plántones (figura 16) 	<ul style="list-style-type: none"> Bolsas negras de polietileno de diferentes tamaños que contiene un plánton cada uno
Mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> Mecanizado 	<ul style="list-style-type: none"> Manual
Viveristas	<ul style="list-style-type: none"> Entrenados, capacitados y/o escolarizados 	<ul style="list-style-type: none"> Poca capacitación formal; ensayo y error
Diversidad de especies	<ul style="list-style-type: none"> Baja 	<ul style="list-style-type: none"> Variada
Existencia y conocimiento de métodos estandarizados de manejo	<ul style="list-style-type: none"> Alta 	<ul style="list-style-type: none"> Baja o inexistente
Condiciones del terreno que va a forestarse	<ul style="list-style-type: none"> Variadas u óptimas para producción forestal 	<ul style="list-style-type: none"> Degradadas y adversas para el crecimiento arbóreo

Continúa tabla 



	PLANTACIÓN COMERCIAL	PLANTACIÓN DE RESTAURACIÓN EN CONDICIONES RURALES
Inversión monetaria	<ul style="list-style-type: none"> Establecimiento vivero: alta Precio unitario por plátón: bajo 	<ul style="list-style-type: none"> Establecimiento vivero: bajo Precio unitario por plátón: mediano
Principal beneficio y objetivo de la plantación	<ul style="list-style-type: none"> Productivo 	<ul style="list-style-type: none"> Restauración-productivo
Abundancia de plantas no deseadas o no comerciales en la plantación	<ul style="list-style-type: none"> Baja 	<ul style="list-style-type: none"> Alta
Sobrevivencia de los árboles	<ul style="list-style-type: none"> Alta (en condiciones óptimas) 	<ul style="list-style-type: none"> Mediana o variada

Tabla 7. Principales diferencias entre plantaciones forestales comerciales y plantaciones de restauración.

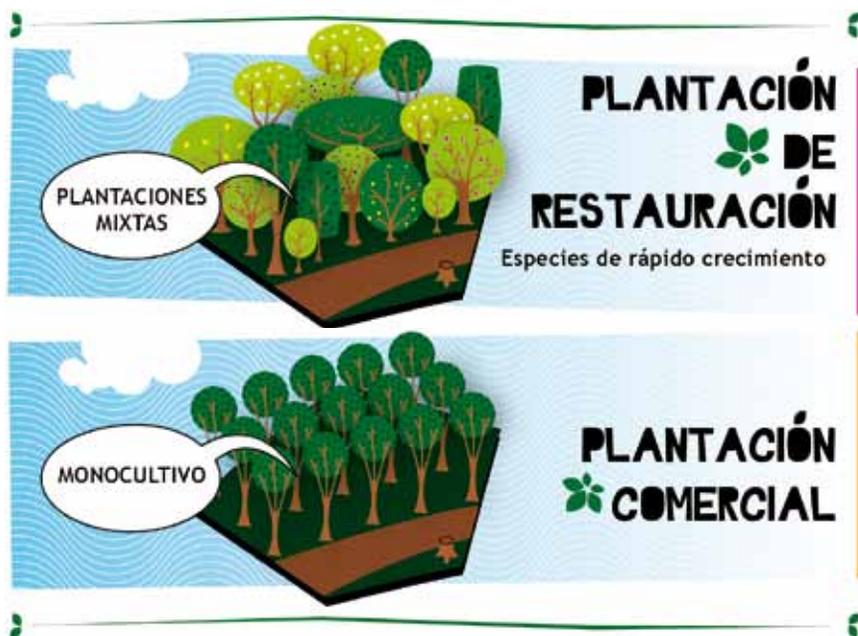


Figura 16. Producción de cedro (*Cedrela odorata*) en un vivero comercial y mecanizado.



¿Cuáles especies debo producir?

La Selva Lacandona cuenta con más de 400 diferentes especies de árboles, lo que permite seleccionar aquellas que favorecen la *regeneración o repoblación forestal*, proceso base para la restauración ecológica. En general, estas especies tendrán varias de las siguientes propiedades.

✿ Reproducción en vivero:

- Producir abundantes semillas fáciles de cosechar.

- Semillas que no requieren de tratamientos pregerminativos complejos para su germinación.

- Poca vulnerabilidad a plagas y enfermedades difíciles de controlar.

✿ Supervivencia y crecimiento en terreno:

- Las especies de mayor crecimiento requieren menos deshierbes para garantizar su supervivencia.

- Tolerar condiciones de crecimiento extremas, como ausen-

cia de sombra, suelos agotados y compactados, competencia agresiva de malezas, etc.

- Tolerar cierto nivel de herbivoría.

✿ Crear condiciones microambientales favorables para la restauración.

- Producir abundante hojarasca que se descompone en *materia orgánica* o *abono*.

- Presencia de nódulos fijadores de nitrógeno o micorrizas (bacterias presentes en pequeñas bolitas en las raíces que fijan el nitrógeno).

- Atraer fauna dispersora de semillas forestales. Los árboles que producen frutos carnosos suelen atraer más fauna; también las especies nativas en comparación con las introducidas.

- Tener copas anchas y follaje denso donde las aves y los murciélagos puedan percharse y esconderse.

✿ Necesidades de la población local:

- Tener múltiples usos como producir leña, carbón, forraje

nutritivo, vainas comestibles, madera o néctar.

- Especies conocidas por la población local.

Es recomendable establecer plantaciones mixtas para diversificar los productos forestales de uso local y los *servicios ecosistémicos*, además de reducir el riesgo de daños masivos por enfermedades y plagas, ya que no todas las especies son vulnerables a los mismos *patógenos* (causantes de enfermedades) y plagas. Igualmente, es poco probable que una limitante ambiental afecte de la misma manera a las diferentes especies de una plantación mixta. Las plantaciones mixtas hacen también un uso más eficiente de los recursos disponibles en el terreno: las raíces de diferentes especies absorben diferentes nutrientes a distintas profundidades y podrán aprovechar mejor la luz a diferentes alturas. Así, la sombra generada por un árbol que prospera en plena luz facilita el establecimiento de árboles que crecen mejor bajo

sombra (*umbrófilos*), un proceso llamado *facilitación*. Por otro lado, las plantaciones con pocas especies cercanas a remanentes de vegetación madura pueden enriquecerse naturalmente, al existir un abundante *banco* y *lluvia de semillas* y plántulas (ver tabla 2).

Las semillas

¿De dónde obtengo las semillas?

Casi todo el año se encuentran árboles con frutos y semillas a menos de una hora a pie desde la casa, y pueden cosecharse grandes cantidades de semillas invirtiendo pocos jornales. Así también se garantiza que los árboles

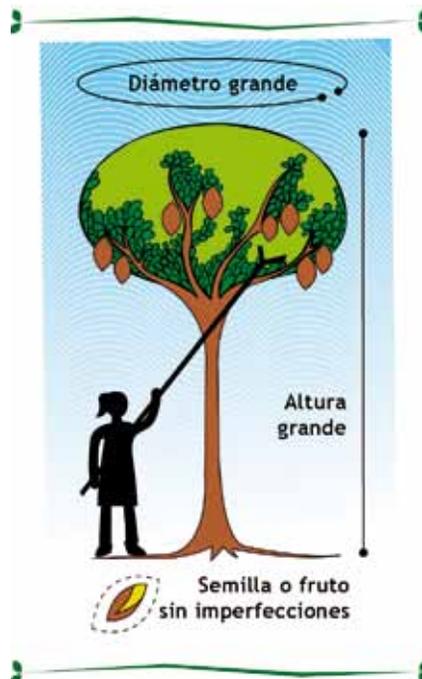


Figura 17. Semillas frescas de ramón o ash (tzeltal o ch'ol) u osh (maya lacandón) (*Brosimum alicastrum*).

estén adaptados a las condiciones ambientales y climatológicas locales. Sin embargo y en contraste con las semillas comerciales, una alta proporción de las semillas recolectadas puede ser no viable al no ser seleccionadas ni protegidas con insumos sintéticos contra insectos y plagas (tabla 7).

¿Cómo cosecho las semillas?

Las semillas arbóreas son la base para la restauración. Una mala selección de semillas afectará el desempeño de las plantaciones. Los árboles semilleros deben tener un buen aspecto: ni muy joven ni muy viejo, con un follaje abundante en la temporada de lluvia, una altura y diámetro relativamente grandes y sin indicios de enfermedades. Se deben escoger aquellos frutos y semillas que no presentan imperfecciones, como daños causados por herbívoros (mordidas y agujeros de gusanos barrenadores, figura 18), manchas debidas a hongos, formas irregulares o semillas de tamaño y forma anormal. Sólo se cosechan los frutos o semillas maduras o incluso, ligeramente verdes. Estos últimos terminan de madurar bajo la sombra hasta que se abren, tal es el caso de la mayoría de las meliaceas (familia botánica que contiene, entre otros, al cedro y la caoba).



Se colectan frutos de diferentes árboles madre para garantizar una mayor diversidad *genética* (el código microscópico que en interacción con el ambiente, determina las características de todas las especies y organismos). Esta diversidad protege las plántulas contra enfermedades y garantiza un mejor prendimiento en condiciones variadas de suelo, vegetación, humedad, etc.

Para algunas especies, la cosecha y almacenaje de semillas requiere un manejo especial.





Figura 18. Contraste entre frutos dañados (arriba) y sanos (abajo) por insectos de cuautote (*Guazuma ulmifolia*).

Especies con semillas carnosas

La parte carnosa y comestible atrae animales que dañan la semilla. A su vez, es imposible guardar el fruto sin que éste se pudra y finalmente se destruya la semilla. También cuando se siembran las semillas con la parte carnosa, se atrae a herbívoros (sobre todo las hormigas) que remueven o dañan las semillas recién sembradas. Por estas razones se les quita la pulpa y se lavan, eliminando las semillas huecas (generalmente las semillas flotantes sobre el agua), ya que no son viables. Posteriormente se secan en la sombra para después guardarlas o sembrarlas.

Ejemplos: mamey (*Manilkara zapota*) y papaya (*Carica papaya*).

Especies con semillas ligeras que vuelan por largas distancias y que se encuentran muy alto en la copa

Las semillas con algodón o apéndices que les permiten flotar en el aire son más fáciles de cosechar directamente en la copa. Cuando no es posible subir al árbol y las ramas están a una altura baja, pueden doblarse con una cuerda hasta que los frutos estén al alcance. Se recomienda cosechar los frutos/semillas temprano en la mañana, ya que la frescura y el rocío evitan que se dispersen por grandes distancias al caer. Si se ponen las semillas con su algodón bajo el sol del mediodía en un lugar sin viento se esponja el algodón, facilitando la separación manual de las semillas (figura 19). Ejemplos: corcho (*Ochroma pyramidale*) y ceiba (*Ceiba pentandra*).

Especies con frutos de semillas finitas

Algunos frutos contienen numerosas semillas pequeñas e imposibles de separar. Cuando tienen

abundante jugo, se pueden exprimir sobre un plástico y dejar que el jugo se seque en la sombra fuera del alcance de los insectos, parecido a como se obtienen las semillas del tomate. Alternativamente, es posible cortar los frutos en partes pequeñas y secarlos bajo condiciones iguales. Finalmente, también pueden sembrarse directamente partes de los frutos o exprimirlos sobre la tierra a sembrar. Cabe señalar que estas semillas atraerán insectos en el vivero al ser sembradas, por lo que deben tomarse ciertas precauciones. Ejemplos: capulín (*Muntingia calabura*).

Almacenaje de semillas

Por lo general se recomienda usar semillas frescas y no guardarlas por tiempos prolongados, ya que la mayoría pierden viabilidad con el paso del tiempo. Las semillas *recalcitrantes* contienen mayores porcentajes de agua y pierden su viabilidad en cuestión de días o semanas. Algunos ejemplos de semillas de este tipo son: mamey (*Manilkara zapota*) o paterina (Chalúm, bitz o *Inga vera*).

Las semillas *ortodoxas* suelen ser más duras, con poco contenido de agua y cuando son almacenadas bajo las condiciones adecuadas, mantienen su viabilidad por tiempos prolongados. Pueden



Figura 19. Separación manual de las semillas de su algodón (corcho u *Ochroma pyramidale*).

ser conservadas en bolsas de papel (nunca de nylon) o costales fuera del alcance de los herbívoros, en un ambiente fresco y oscuro para evitar el pudrimiento. Las semillas pequeñas pueden ser conservadas en frascos de vidrio. En caso de contar con un refrigerador, se prolonga su tiempo de vida cuando son almacenadas en frascos *herméticamente* cerrados (sin contacto con el aire, como los frascos comprados en el supermercado). En todos los casos, es importante etiquetar la bolsa, costal o frasco con los siguientes datos: 1. nombre de la especie; 2. fecha de cosecha; 3. fuente de las semillas y 4. cantidad aproximada de semillas (figura 21).



Figura 20. Frutos y semillas frescos y secos de capulín (*Muntingia calabura*).

Construcción y manejo de un vivero rústico

Aunque los costos de producción por planta son más bajos en los viveros tecnificados de gran tamaño, es posible producir suficientes cantidades de plantas forestales en superficies reducidas con poca inversión y con materiales fáciles de conseguir en regiones rurales (figura 22).

¿Dónde pongo mi vivero?

Una ubicación adecuada del vivero acelera el crecimiento de las plantas y reduce su mortalidad. El solar puede ser un excelente lugar para instalar viveros rela-

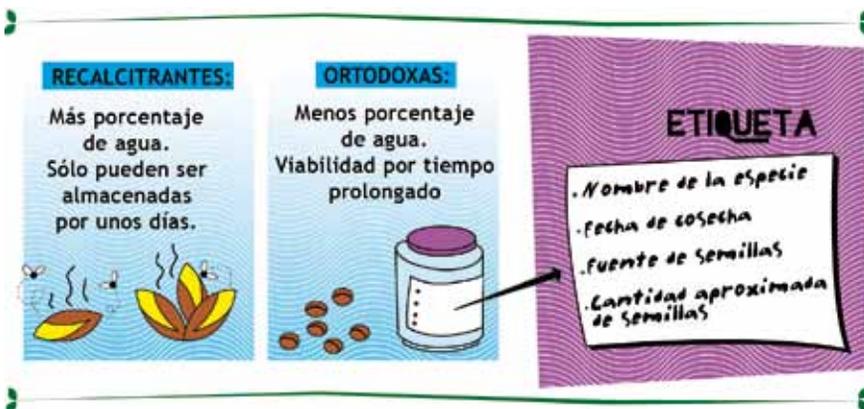


Figura 21. Almacenaje de semillas y datos en la etiqueta.





Figura 22. Diferentes diseños de viveros rústicos.

tivamente pequeños. Se necesita un área plana y un suelo con buen drenaje para evitar el encharcamiento en épocas de lluvia.

Es indispensable tener un sitio con **exposición al sol** la mayor parte del día, y una parte sombreada para la germinación y la propagación de plantas que prefieren la sombra para su crecimiento (especies *umbrófilas*). Es preferible que el nivel de sombra pueda ajustarse a través de la colocación o remoción de techos fabricados con materiales artificiales o naturales, como las hojas de palma (tabla 8).

Tener fuentes de **agua limpia cercana al vivero** reduce el gasto y el tiempo invertidos en el riego. Lo ideal es buscar un manantial, pozo, río o arroyo que nunca se seque por completo, ya que la provisión permanen-

te por medio del agua entubada no está garantizada en muchas zonas rurales. Es mejor cuando el agua está libre de semillas de malezas y esporas de hongos, las cuales suelen encontrarse más en los ríos grandes o arroyos que han recorrido grandes distancias antes de llegar al vivero. Cuando no sea posible ubicar el vivero al lado de una fuente de agua, debe instalarse un sistema de almacenamiento en la sombra que incluya mangueras y pistola, bomba de por lo menos 1.5 caballos, tinaco de por lo menos 1100 litros y una construcción que sostenga el tinaco a tres metros de altura como mínimo (a alturas menores no generará la suficiente presión para el riego; figura 24).

Otros puntos para considerar al seleccionar la ubicación del vive-

ro son: debe estar junto o muy cerca de algún camino para facilitar el transporte de las plantas al momento de ser trasplantadas. Una cerca (malla gallinera) protege el lugar contra daños de animales domésticos y silvestres. Los viveros expuestos a vientos excesivos necesitarán una cortina rompevientos. Los viveros completamente cerrados con plástico transparente requieren menos deshierbes pero serán más calientes y necesitan una mayor frecuencia de riegos.

¿Cuál tierra uso?

El tipo de tierra que ha de usarse depende de si las plantas se reproducen en bolsas con tierra corriente o en charolas forestales con sustratos y fertilizantes comprados. A pesar de que el último método puede ser más ventajoso en costo, labor y calidad de plantones cuando se producen



Figura 23. Hojas y ramas caídas que pueden dañar el vivero y las plantas en producción.

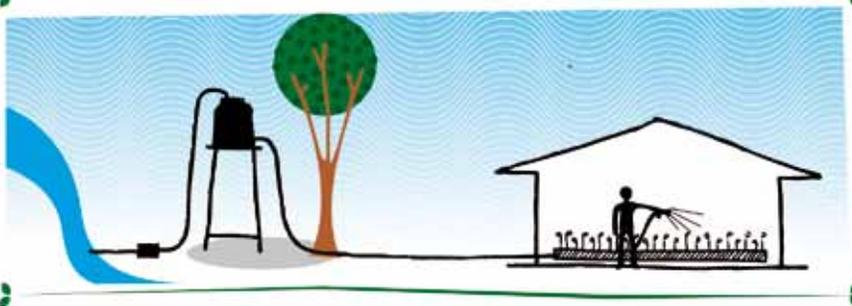


Figura 24. Sistema de riego.

grandes cantidades de plantas (> 500,000), las charolas y sustratos no son fáciles de conseguir en las regiones rurales y comúnmente son enriquecidos con sustancias químicas.

La tierra debe tener una textura de franco arenosa a franco limosa, con una estructura suelta. Esto se puede comprobar al tomar un puñado de tierra, remojarlo bien sin que quede agua libre (no absorbida por la tierra), apretar y formar un cilindro o salchicha. El cilindro debe manchar la mano, no desmoronarse completamente y romperse cuando se doble (figura 25). Los suelos demasiado arcillosos (o *chiclosos*) favorecen

MATERIAL	PRINCIPALES VENTAJAS	PRINCIPALES DESVENTAJAS	PORCENTAJE DE SOMBRA
MALLA SOMBRA	<ul style="list-style-type: none"> Fabricada especialmente para su uso en viveros. Duradera 	<ul style="list-style-type: none"> Costoso A veces difícil de conseguir en zonas rurales 	Diferentes opciones según la necesidad.
MALLA MOSQUITERO	<ul style="list-style-type: none"> Económica 	<ul style="list-style-type: none"> El porcentaje de sombra es muy bajo Más fácil de encontrar en zonas rurales 	Entre 20% y 30% - Regulable al usar varias capas encimadas.
ÁRBOLES DENTRO O AL LADO DEL VIVERO	<ul style="list-style-type: none"> Sin costo 	<ul style="list-style-type: none"> Se debe retirar la hojarasca caída (figura 23) Ramas caídas dañan el vivero y las plantas Impacto directo de las gotas de lluvia con la tierra en las bolsas Mayor probabilidad de plagas 	Variable - regulable a través de la poda de ramas.
HOJAS DE PALMA O ZACATE SECO	<ul style="list-style-type: none"> Sin costo 	<ul style="list-style-type: none"> Se puede retirar fácilmente después de la germinación Mayor probabilidad a plagas si no se ahúman las hojas para eliminar los insectos 	Variable - regulable a través de la cantidad de hojas usadas.

Tabla 8. Diferentes opciones para proveer el vivero de sombra.



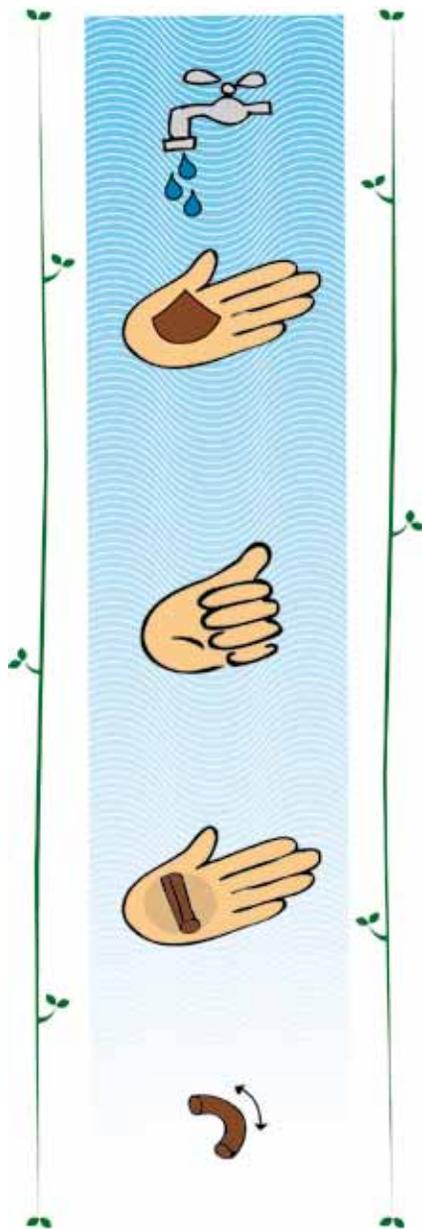


Figura 25. Prueba de tierra.

los hongos y drenan poco cuando están compactados, mientras que los suelos demasiado arenosos no retienen el agua ni los nutrientes. La capacidad de drenaje se puede verificar fácilmente al llenar una maceta con tierra y regarla abundantemente. El agua no debe estancarse ni escurrirse rápidamente en chorros (figura 26). Los suelos con muchas piedras son más pesados para manejar y obstaculizan el crecimiento de las raíces. Cuando no se encuentran suelos que cumplan con estas características en los acahuales viejos o selvas maduras, se pueden mezclar tres partes de arena (de los lechos de ríos) con seis partes de tierra franca y tres partes de composta (lombricultura, hojas descompuestas, composta bocashi, etc.).

La tierra contiene *microorganismos* (hongos, bacterias y animales demasiado pequeños para poder verlos a simple vista). Algunos de ellos causan enfermedades en las *plántulas* (plantas recién germinadas), por ejemplo, el pudrimiento del cuello del tallo. Pero hay otros microorganismos del suelo o de la composta de buena calidad que protegen a las plantas de enfermedades y plagas. Para no correr el riesgo de que haya muchas enfermedades en la tierra, puede desinfectarse: se le empapa con abundante agua hirviendo o agua con cal, posteriormente se tapa con un plás-

tico negro durante una semana bajo el sol. Si no se usa toda la tierra de inmediato, se deja cubierta para evitar que se lave. Cabe mencionar que este procedimiento también mata a los organismos benéficos y podría omitirse si no hay problemas en plántulas recién germinadas. Por otro lado, se pueden agregar organismos benéficos mezclando la tierra con composta de alta calidad.

¿Cómo reconocer una composta de buena calidad?

Una buena composta se forma a partir de desechos orgánicos que se dejan calentar en completa oscuridad hasta 60-70 °C. El calor proviene de la actividad microbiana, y mata a los causantes de enfermedades o *patógenos*. Es un proceso que requiere oxígeno, por lo cual el abono en formación debe ser removido con frecuencia hasta que se mantenga estable a una temperatura ambiental.

Hay que procurar que la *materia orgánica* en la composta esté completamente descompuesta y sea de buena calidad, que no huela a putrefacción (lo que indicaría falta de aireación y podría causar enfermedades en las plantas), y que no se distingan hojas o ramas.



Figura 26. Capacidad de drenaje.

¿Cómo organizo el vivero?

Manejo de camas y bolsas

Las bolsas de tamaño 10x10 cm y 30 cm de alto son las más adecuadas para la propagación de la mayoría de las especies arbóreas. Las semillas grandes como mamey o aguate necesitan bolsasmás grandes, que son más pesadas y costosas en su manejo. Hay que procurar que las bolsas estén perforadas en su base para

drenar el agua, de no ser así, hay que hacerlo rápidamente con un perforador de papel o con un fierro punteado y ardiente, evitando que las bolsas se fundan y se peguen. Las bolsas no perforadas no drenarán el agua y provocarán la pudrición de las raíces.

Una vez que se ha limpiado y aplanado la superficie que ocupará el vivero (tabla 9) se procede con el llenado de las bolsas, que debe hacerse con una palita cuyo pico sea un poco más pequeño que la abertura de la bolsa. Tener la tierra donde se construyen las camas reduce tiempo y costo. Las cavidades de aire dentro de la bolsa provocan el pudrimiento de las raíces, lo cual se evita dejando caer suavemente la bolsa varias veces contra el suelo mientras se llena aproximadamente hasta tres cm debajo de su nivel máximo (figura 27). Una bolsa bien llenada debe pararse sin ser sostenida. Para evitar que se caigan, las bolsas externas de las camas se apoyan con lazos, tablas o cañas (figura 27). Dentro de las camas, todas las bolsas se apoyan mutuamente sin dejar espacios, lo que también facilita su conteo, ya que cada hilera tiene la misma cantidad de bolsas. El ancho de cada cama no debe sobrepasar 1.5 brazos humanos para facilitar el riego y el deshierbe. Entre las camas se dejan pasillos lo suficientemente anchos para

CAPACIDAD DEL VIVERO	SUPERFICIE MÍNIMA
10,000	85 m ²
25,000	212 m ²
50,000	435 m ²
100,000	850 m ²

Tabla 9. Tamaño mínimo de vivero según su capacidad; calculado con base en bolsas de 10x10x30 cm.

caminar cómodamente. Después de unas semanas de crecimiento de las plantas, es probable que se enraicen en el suelo. Pero las raíces se podan pasando un machete afilado por debajo de las bolsas o de manera alternativa se puede cubrir el suelo con costales o grava.

Propagación de especies útiles para la restauración

Tratamientos pregerminativos

Muchas semillas tienen una cobertura dura o *testa* impermeable que necesita romperse o perforarse para permitir y acelerar la germinación. A esta actividad se le llama *escarificación*, y se hace de manera química, mecánica, térmica o con remojo. Los

tratamientos pueden ser muy sencillos (por ejemplo, romper la cáscara de una semilla de mamey colocándola entre una puerta y cerrarla) o complicados e incluso peligrosos (por ejemplo, remojar durante tres minutos las semillas de cuaulote o *guazuma ulmifolia* en una solución de 60% de ácido sulfúrico y posteriormente lavarlas con agua con cal).

En la selva existe la posibilidad de coleccionar semillas que recibieron un tratamiento pregerminativo natural al ser llevadas por los ríos o haber pasado por el intestino de un animal. Se han encontrado semillas de jobo (*Spondias*

mombin) y barí (*Calophyllum brasiliense*) en las cuevas o ruinas donde anidan murciélagos, y semillas de cuaulote (*Guazuma ulmifolia*) en las excretas del ganado (figura 28). Debajo de ciertos árboles (con semillas que no son llevadas por el viento) existe una alfombra verde constituida por cientos de plántulas, como el hule (*Castilla elástica*) (figura 28). Es posible trasplantarlas procurando no romper o secar sus *radículas* (la raíz de plantas recién germinadas). Sin embargo, debe calcularse un mayor porcentaje de mortalidad usando este método.

Siembra

Hay que tratar de sembrar al menos 20% más semillas que la cantidad de plantas necesitadas. Es imposible obtener una germinación y sobrevivencia de 100% en el vivero. A su vez, se debe prever otro golpe de mortalidad de las plantas ya trasplantadas al sitio que va a restaurarse.

La germinación y el crecimiento inicial ocurren bajo sombra (tabla 8) para evitar que la tierra y la planta emergente se sequen bajo el sol de mediodía. En el caso de las especies que crecen mejor sin sombra (especies

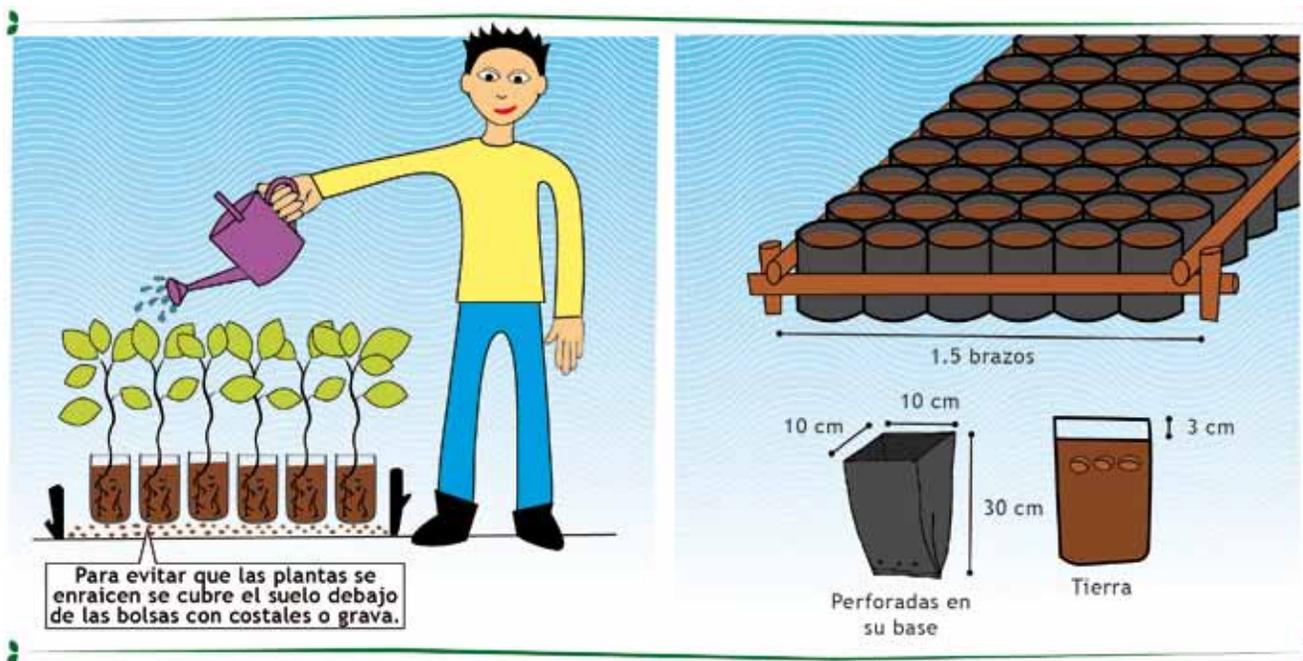


Figura 27. Llenado de bolsas con tierra y construcción de cuadros para la cama.



Figura 28. Tratamiento pregerminativo natural.

heliófilas), se retira el techo del vivero o se mueven las bolsas a plena luz, tres o cuatro semanas después de la germinación. Esto endurecerá el tallo de la planta, generará hojas más robustas y reducirá el estrés que sufrirá la planta en el momento de ser trasplantada hacia el sitio que se restaurará, el cual por lo general se encuentra a pleno sol.

Antes de la siembra, se riegan con abundante agua las bolsas, y en cada una se siembran como mínimo dos o tres semillas para asegurar por lo menos una planta saludable. En el caso de las semillas muy grandes como la del mamey (*Manilkara sapota*) se siembra sólo una por bolsa. Debe cubrirse con una capa de tierra sin piedras y de aproximadamente dos veces el grosor de la semilla. Las semillas con alas como las de la caoba (*Swietenia macrophylla*) y el cedro (*Cedrela odorata*) son separadas de sus apéndices.

Es recomendable que cada bolsa tenga sólo una planta saludable. Se eliminan las plantas más chicas cortándolas con una navaja afilada o tijera. A su vez, se puede aplicar el *repique* o el trasplante de *plántulas* a bolsas vacías desde las que tienen más de una plántula. El mejor tiempo para el trasplante es cuando las plantas presentan algunas hojas *verdaderas* (diferentes al primer par de hojas, los *cotiledones*), ya que las que son demasiado chicas o grandes son difíciles de trasplantar sin romper el tallo o el *sistema radicular* (conjunto de raíces). Se riegan las bolsas con abundante agua para facilitar el desprendimiento de las raíces, se jalan con cuidado las plantitas y se colocan en una charola con agua bajo sombra. En caso de no poder extraer las raíces sin romperlas, es preferible sacar la plantita y un poco de tierra con un cuchillo o cuchara. Para evitar

la deshidratación hay que realizar el repique en la tarde-noche, cuando hay menos calor, y no deben dejarse las plántulas por mucho tiempo al aire libre.

Las plántulas emergentes están en la fase más vulnerable de su vida y deben ser tomadas algunas precauciones.

- Entre la siembra y la germinación, la tierra nunca se debe secar por completo, lo cual implica un riego temprano y otro en la tarde en los días calurosos y sin lluvia.

- Evitar regar durante las horas más calurosas del día, ya que pueden quemarse las plantas.

- En el caso de que la sombra provenga de los árboles, deben podarse aquellas ramas que estén en riesgo de caerse.

- Las plántulas de especies con semillas chicas no tienen muchas reservas en la semilla, y su sobrevivencia depende de las primeras hojas, por lo que debe



evitarse que éstas se dañen. Se recomienda revisarlas a diario y eliminar insectos y otros animales dañinos.

En el caso de las semillas chicas, hay que evitar que éstas se salgan de la bolsa por un impacto duro del agua proveniente de la lluvia o del agua que se usa para regar. En esta fase se recomienda usar regaderas que dispersen gotas finas.

Las plantas permanecerán en el vivero hasta que tengan aproximadamente 30 cm y su tallo no se doble al manejar la bolsa. Generalmente las especies de crecimiento rápido requieren de dos a cuatro meses en el vivero,

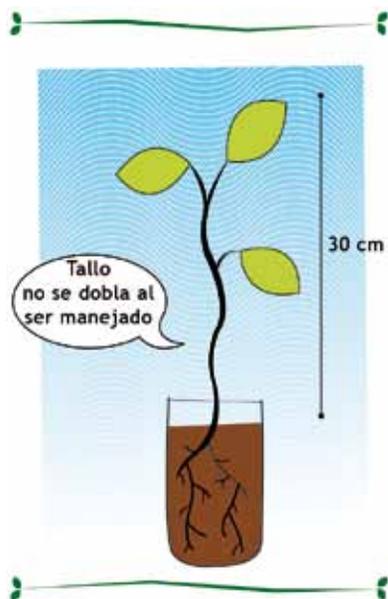


Figura 29. Tiempo de permanencia en el vivero.

mientras que las especies de crecimiento lento permanecen entre seis y 12 meses (figura 29). Cuando se vayan a trasplantar todas las plantas en un solo momento, es importante que las bolsas reciban igual cantidad de luz y agua, de lo contrario se tendrán plantas de tamaños desiguales (figura 30). También pueden cambiarse las bolsas de posición cada semana o cada dos semanas y separar las plantas más altas para evitar que éstas sombreen a las otras.

Plagas y enfermedades

Los viveros comerciales de gran escala aplican actividades preventivas con productos químicos contra los ataques de plagas y enfermedades. Los viveros rústicos que están dentro de o cercanos a áreas naturales protegidas deben evitar, en lo posible, el uso de químicos, ya que las aguas residuales se infiltran en el suelo y en los ríos. Sin embargo, con cierta precaución se pueden producir grandes cantidades de plántulos sin depender de los insumos químicos. La tierra suele ser el hábitat de muchos microorganismos y hongos que dañan el sistema radicular de la plantas. Anteriormente ya se mencionó cómo desinfectarla, pero en caso necesario se riega también periódicamente con caldo bordelés (p. 56).



Figura 30. Plántulos de corcho (*Ochroma pyramidale*) de dos meses de edad. Los diferentes tamaños se deben a las diferentes exposiciones de luz que recibieron cada una, situación que debe evitarse.

Se revisan a diario las plantas y se remueven aquellas que presentan señales de enfermedades, como manchas (*amarillamiento*), partes marchitas o muertas (*necrosis*), pudrimiento del tallo, etc. (figura 31). Esta actividad prevendrá que otras plantas se contagien y dará más luz a las plantas sanas. Cabe señalar que los plántulos también podrían presentar amarillamiento, necrosis o marchitamiento por falta o exceso de nutrientes o agua, y exposición lumínica inadecuada (figura 32).

Algunas plagas son específicas de una o varias especies. Por ejemplo, las plantas que pertenecen a la familia de las *Meliaceae*, como el cedro y la caoba, son susceptibles al ataque de barrenadores (*Hypsipyla spp.*). Estos insectos prosperan en grandes ca-

Cómo preparar el caldo bordelés

Ingredientes:

- 150 gramos de sulfato de cobre pentahidratado (disponible en las farmacias veterinarias)
- 150 gramos de cal
- 2 cubetas de plástico
- 1 vara para revolver la mezcla
- 1 machete para probar acidez del caldo
- 20 litros de agua

Paso 1: disolver 150 gramos de sulfato de cobre en 1.5 litros de agua en una cubeta.

Paso 2: en otra cubeta disolver la cal en 13.5 litros de agua.

Paso 3: disuelve los dos ingredientes por separado (el sulfato y la cal).

Paso 4: se mezclan los dos líquidos, agregando el preparado del sulfato de cobre sobre la cal, nunca al contrario, y se revuelve constantemente.

Paso 5: se prueba la acidez del preparado al meter un machete en la mezcla, sacarlo y airearlo brevemente. Si el machete se oxida (color herrumbre) la mezcla está ácida y necesita más cal. Cuando el machete no se oxida, el caldo bordelés está listo.

Paso 6: agregar los últimos 5 litros de agua.

Frecuencia de aplicación:

Cada 15 días, siempre y cuando haya ataque por hongos.

Advertencias:

- Utilizar la mezcla como máximo dos días después de haberla preparado.
- No utilizar recipientes de metal para preparar o almacenar el caldo.



Figura 31. Ataque por virus u hongo a un plantón de corcho (*Ochroma pyramidale*).

mas (área continua de bolsas de vivero) de una sola especie pero su reproducción se dificulta en camas pequeñas o diversificadas. Por esta razón se colocan grandes cantidades de plantones de la misma especie en camas separadas. Alternativamente se pueden usar pesticidas orgánicos o caseiros, pero éstos, a diferencia de los sintéticos, no penetran los tejidos de la planta y se lavan con las lluvias, por lo cual se deben aplicar con mayor frecuencia.

Las hormigas cortadoras de hojas pueden destruir gran parte de un vivero en tan sólo una noche (figura 33). Cuando se detecta la presencia de nidos de este tipo de hormigas cercanos al vivero, se deben eliminar y prevenir que



Figura 32. Contraste entre plantones sanos producidos bajo sombra (izquierda) y plantones con chlorosis producidas en plena luz (derecha) de mamey (*Manilkara zapota*), un árbol que prefiere la sombra.



las hormigas entren en las camas. Un método sencillo y eficiente es trazar líneas de ácido bórico (disponible en las farmacias veterinarias) alrededor y en las bolsas, lo cual no afecta el suelo, ni las semillas que éstas contienen, pero debe repetirse con alta frecuencia. Otro método (no comprobado) es regar el nido con tierra proveniente de otro nido de hormigas cortadoras de hojas.



Transporte de bolsas

De nada sirve producir las plántulas con el máximo cuidado si se manejan bruscamente al momento de su transporte. Los dos principales riesgos son: (1) la desecación de la planta a través de sus hojas y (2) daños a las raíces.



Figura 33. Daño causado por hormigas cortadoras de hojas en la paterna (izquierda) y el corcho (derecha).

Deshidratación de la planta

La deshidratación ocurre cuando se transporta la planta al aire libre y se evapora el agua contenida en las hojas. Este problema puede evitarse fácilmente si se cubre con una lona el espacio donde se transportan las plantas. A su vez, dentro de lo posible, hay que procurar no transportar las plantas durante las horas más calurosas del día. Entre más grande sea el plantón, es mayor la probabilidad de deshidratación (figura 34). En casos extremos, es mejor evitar la pérdida foliar de agua cortando las hojas más grandes.

Daño al sistema radicular

Las raíces de algunas especies de rápido crecimiento son extremadamente vulnerables. Es importante manejar las bolsas con cuidado, evitando su caída o agitación. Hay que moverlas en rejillas o guacales de madera; son ligeros, fáciles de conseguir en el mercado local y apilables. En una rejilla caben entre 13 y 16 bolsas (figura 35). Hay que tratar de llenar la rejilla hasta que las bolsas queden ligeramente apretadas, o inmovilizarlas llenando el espacio

vacío con ropa vieja u otro material. En caso de tener suficientes rejillas, se dejan las bolsas en éstas hasta su siembra, de lo contrario se acomodan lo más cerca posible de su lugar de siembra.





Figura 34. Plantones de corcho (*Ochroma pyramidale*) demasiado grandes para ser transportados y tallos no lenificados. Esto último se debe al exceso de sombra en el vivero, donde la planta, en búsqueda de luz, crece extremadamente en altura sin lignificar su tallo.

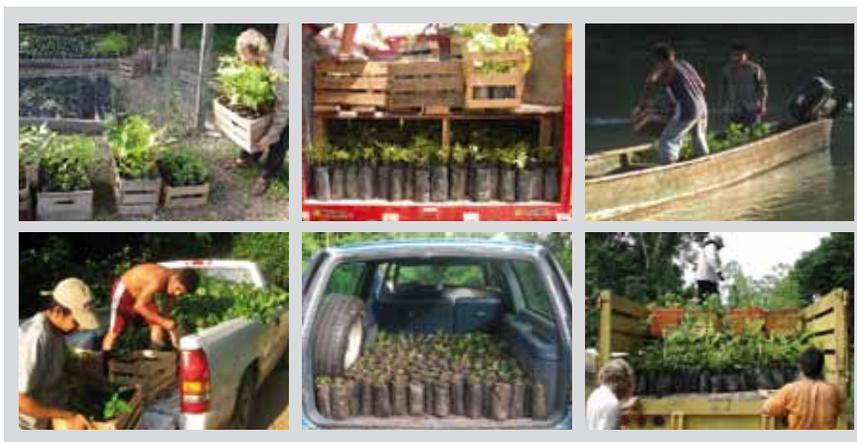


Figura 35. Transporte de plantones al terreno que va a restaurarse.



SIEMBRA DEL TERRENO



Preparación del terreno

Las características específicas del terreno que va a restaurarse determinan el desempeño de los árboles que serán sembrados y la

estrategia de restauración debe adaptarse a éstas (tabla 10). No hay que dejar pasar mucho tiempo entre la realización de las obras preliminares y la siembra, ya que las malezas pronto invaden terrenos recién rozados o quemados.

CARACTERÍSTICA DEL TERRENO	OBRAS A REALIZAR
Inundaciones temporales	<ul style="list-style-type: none">Sembrar especies que toleran inundaciones
Dominancia por malezas	<ul style="list-style-type: none">Rozar y quemar las malezas antes de sembrar (figura 36)Aplicar limpiezas con mayor frecuenciaSembrar especies de rápido crecimiento
Suelos compactados	<ul style="list-style-type: none">Sembrar especies que toleren suelos compactados
Presencia de nidos de hormigas cortadoras de hojas o de tuzas (<i>Geomys spp.</i>)	<ul style="list-style-type: none">Eliminar los nidos
Ganado y aves domésticas tienen acceso al terreno	<ul style="list-style-type: none">Cercar el terreno
Presencia de árboles y arbustos remanentes	<ul style="list-style-type: none">No se eliminanAplicar <i>cajeteos</i> en el caso de plantaciones de enriquecimientos (figura 36)
Terreno inclinado	<ul style="list-style-type: none">Trazar líneas de siembra perpendicularmente a la pendiente² para evitar el lavado de tierra y nutrientes.

² Eventualmente, se puede usar un aparato “A” (http://www.cdi.gob.mx/pnuma/c5_05.html).

Tabla 10. Algunas características del terreno que va a restaurarse con sus recomendaciones.

La siembra de los árboles

La especie y número de plantas que van a sembrarse depende, entre otros factores de las características del sitio a restaurarse, de los recursos disponibles, de los términos de referencia de posibles programas financiadores, de preferencias personales y de la disponibilidad de mano de obra y de plantas. Las densidades muy cerradas elevan el costo de la restauración pero aceleran el cierre del dosel, proceso clave para la restauración. Se recomienda manejar densidades de entre 2.5 x 2.5 m (1600 árboles/ha) y 5 x 5 m (400 árboles/ha).

En caso de que se marquen los puntos de siembra, antes de la cavadura de hoyos, debe hacerse con palitos o pintura permanente para que no se borren con el sol y la lluvia. En caso de sembrar árboles de rápido crecimiento y demandantes de luz, se trazan las líneas de siembra desde donde sale el sol hasta donde se mete para recibir la máxima cantidad de luz solar. Los hoyos se hacen más rápido con uno de los dos brazos de un cavahoyos desarreado (figura 37), mientras que una barreta afloja mejor los suelos duros y compactados. La profundidad debe ser igual a la altura de la tierra en la bolsa del vivero que contiene la planta, de tal manera que el cepellón de la planta sembrada ni destaque del suelo ni esté hundido en el hoyo. En ambos casos se



Figura 36. Terrenos antes y después de su preparación. Roza + quema en el caso de una alta acumulación de malezas (arriba); roza (en medio); apertura de brechas en plantaciones de enriquecimiento (abajo).





Figura 37. Brazo desarmado de un cavahoyos.



Figura 39. Marcar los puntos de siembra de paterna (chalum, bitz o *Inga Vera*).

dañarían las raíces por el desmoronamiento de la tierra arriba del suelo o por los charcos que se forman en los desniveles (figura 38). Se recomienda usar una medida o marcar el cavahoyos para tener la profundidad exacta. La anchura del hoyo debe sobrepasar ligeramente la de la bolsa. Hay que sacar la tierra y apilarla al lado del hoyo, para usarla posteriormente para llenarlo. Es preferible hacer la excavación y la siembra el mismo día para evitar que los hoyos se llenen de agua o que las paredes se endurezcan dificultando el enraizamiento.

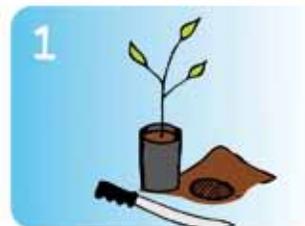
Al momento de sembrar las plantas, debe evitarse el desmoronamiento de la tierra que contiene las raíces delgadas y frágiles que absorben el agua. Las bolsas que no han sido regadas desde un día antes de su siembra son más fáciles de manejar y permiten cortar el fondo sin que se deshaga la tierra (figura 40) (podría llegar a omitirse este paso cuando la tierra esté muy suelta). Se acuesta la bolsa horizontalmente y con una navaja o machete afilado se corta de manera lateral. Cuando se observan raíces en forma de *cola de cerdo* (raíces en espiral) significa que la planta crecerá más lentamente y es preferible no usarla. Sin retirar la bolsa cortada se coloca la planta cuidadosamente en el hoyo, de donde después se retira la bolsa manteniendo la tierra unida y se rellena el hoyo con la tierra apilada a un lado hasta igualar al nivel de

la que le rodea. Se aplasta la tierra con la mano o el pie para evitar espacios de aire que puedan provocar la pudrición de las raíces. En caso de que se siembren semillas, plantas muy pequeñas o de lento crecimiento, se marcan los puntos de siembra para ubicarlas durante los deshierbes (figura 39).



Figura 38. Siembra demasiado profunda y su efecto en temporada de lluvias. (Mortalidad de cuaulote, wasil, wasim o *Guazuma ulmifolia*.)

SEMBRAR UN ÁRBOL. PASO X PASO



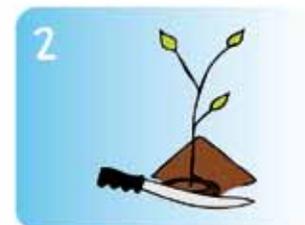
1

Hoyo y planta lista para la siembra.



5

Se recoge la planta con su bolsa cuidando que no se desmorone la tierra.



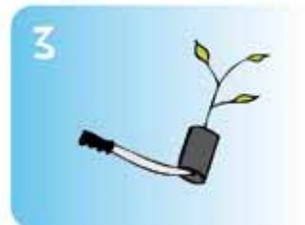
2

Se comprueba la profundidad del hoyo en relación con el cepellón.



6

Se guía cuidadosamente la planta en el hoyo.



3

Se corta y se retira el fondo de la bolsa.



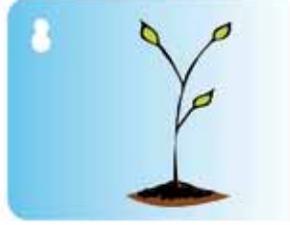
7

Se retira la bolsa. Se rellena el hoyo con tierra.



4

Se abre la bolsa por un costado. Aún no se retira la bolsa.



8

Se aplasta la tierra con la mano o el pie.

Figura 40. Cómo sembrar un árbol paso por paso



MANTENIMIENTO DEL SITIO QUE VA A RESTAURARSE

Generalmente, los árboles muestran bajo desempeño en áreas degradadas si no reciben un mantenimiento básico. Durante la época lluviosa, se aplican *cajeteos* cuidando que no se dañe el árbol sembrado (figura 41). Cuando se cubre el círculo deshierbado con las malezas recién cortadas, el suelo recibe una fertilización verde y mantendrá más humedad. No se recomienda deshierbar en la época de secas, ya que las malezas crecen con menor vigor, y la falta de lluvia

e insolación directa provocan el agrietamiento de la tierra. Una vez que el árbol sobrepasa la altura de las malezas, no se requieren más deshierbes. Esto puede tardar desde algunos meses hasta 2 o 3 años, dependiendo de la velocidad de crecimiento de la especie sembrada.

También es importante remover los (raíces de) bejucos que suben por las plantas sembradas. Las parcelas *post-agrícolas* (acahuales o parcelas con milpa abandonada) suelen tener una alta abun-



Figura 41. Deshierbes o *cajeteos*.



Figura 42. Agobio por bejucos. Arriba: paterna (chalum o *Inga vera*). Abajo: Cuaulote (wasim, wasil o *Guazuma ulmifolia*).

dancia de bejucos que fácilmente asfixian a los árboles emergentes de la vegetación. Hay que asegurarse de que la raíz no enraice nuevamente cuando tenga contacto con el suelo. En la época de lluvias, se debe realizar esta actividad con mayor frecuencia.

Es necesario eliminar o evitar la entrada de herbívoros devastadores, como hormigas cortadoras de hojas y tuzas (*Geomys spp.*) (figura 43).

En algunos casos es difícil remover a todos los animales, por ejemplo, a los venados silvestres que son capaces de pasar cercas con alambre de púas. En caso de que el sitio esté cercado, hay que revisarlo con frecuencia y reemplazar los postes podridos donde sea necesario.



Figura 43. Trampa tradicional para ratas (izquierda) y tuzas (derecha).



PROTOSCOLOS FORESTALES DE 10 ESPECIES ARBÓREAS ÚTILES PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA SELVA LACANDONA

Las especies listadas han demostrado su potencial para la restauración en diversos experimentos realizados en la Selva Lacandona, y también fueron recomendadas por ch'oles, tzeltales y lacandones en entrevistas etnobotánicas. Los datos de crecimiento y sobrevivencia provienen de cuatro plantaciones experimentales en las comunidades Plan de Río Azul, Nueva Democracia y Amatitlán

(municipio de Maravilla Tenejapa), con excepción de aquellos marcados con una nota al pie. En todos los casos se usaron diseños experimentales con réplicas para determinar promedios. El listado no pretende ser completo, sino que representa una mezcla de 10 especies capaces de crecer en diferentes condiciones ambientales, y que en su conjunto ofrecen *servicios ambientales* comple-

mentarios. Cabe mencionar que el desempeño de especies bajo condiciones degradadas es difícil de predecir por la alta variabilidad. Los datos de sobrevivencia y crecimiento deben ser considerados como una aproximación que guíe las actividades de restauración.

	NOMBRE LOCAL MÁS COMÚN	CRECIMIENTO AÑO 1 (CM)	SOBREVIVENCIA AÑO 1 (%)	COSECHA SEMILLAS	TIEMPO REQUERIDO EN VIVERO (MESES)	SE RECOMIENDA USAR EN	NO TOLERA	PRINCIPAL SERVICIO ECOLÓGICO BRINDADO
<i>Muntingia calabura</i>	Capulín	251	83	Marzo a noviembre	2 a 3	Terrenos susceptibles a inundaciones y sequías temporales, dominados por arvenses	Difícil de propagar por semilla	Frutos que atraen fauna dispersora de semillas; sombra
<i>Trichospermum mexicanum</i>	Corcho	157	76	Abril a mayo	3 a 4	Áreas dominadas por arvenses	Sin información	Sombra, mantillo, refugio y perchas para fauna
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Cualote	129	95	Abril a mayo	3 a 4	Suelos compactados con inundaciones breves; tolera muchas condiciones diversas	Suelos muy arcillosos	Sombra, refugio y perchas para fauna
<i>Ochroma pyramidale</i>	Cabe-cera, corcho	94	54	Abril a mayo	2	Terrenos dominados por arvenses, con poca sombra	Inundaciones (temporales)	Sombra; fertilidad edáfica; percha, mantillo
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	92	64	Diciembre a enero	3 a 4	Amplia variedad de terrenos degradados	Sin información	Frutos que atraen fauna dispersora de semillas; sombra, mantillo
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	74	70	Febrero a mayo	3 a 4	Terrenos con suelos que se desecan temporalmente	Inundaciones (temporales)	Enriquecimiento productivo de parcelas de restauración
<i>Inga vera</i>	Paterna	56	68	Octubre a noviembre	Siembra directa en campo	Terrenos inundables	Sequías prolongadas inmediatamente después de su siembra	Sombra, fertilidad de suelo, alimento para fauna dispersora de semillas
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	52	80	Febrero a marzo	4	Terrenos con suelos que se desecan temporalmente	Terrenos con encharcamientos y vulnerables a los incendios	Enriquecimiento productivo de parcelas de restauración
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Amapola	44	41	Abril a mayo	4	Terrenos con inundaciones prolongadas	Sin información	Sombra en zonas inundadas
<i>Carica papaya</i>	Papaya	--	--	Todo el año	Siembra directa en campo	Sitios cercanos a fuentes de semillas forestales	Encharcamiento	Frutos que atraen fauna dispersora de semillas; fertilidad de suelo

Tabla 12. Resumen del manejo recomendado de 10 especies útiles para la restauración en la Selva Lacandona.



Información complementaria sobre el manejo puede encontrarse en las siguientes publicaciones:

- Benitez, G., Pulido-Salas, M., T. P. y M. E. Zamora (eds). 2004. *Árboles multiusos nativos de Veracruz, para reforestación, restauración y plantaciones*, Xalapa, Instituto de Ecología.
- Cordero, J. y D. Boshier. 2003. *Árboles de Centroamérica. Un manual para extensionistas*, Oxford UK & Turrialba Costa Rica: http://www.arboles-decentroamerica.info/cms/index.php?option=com_phocadownload&view=section&id=1&Itemid=2.
- Román, D. F., S. I. T., Levy Rivera, R. A., Douterlungne, D. y A. G. Sánchez. 2009. *Árboles de la selva lacandona útiles para la restauración ecológica*, San Cristóbal de Las Casas, El Colegio de La Frontera Sur (ejemplares digitales gratis solicitándolos a daviddouter@hotmail.com).
- Vázquez-Yanes, C., Batis Muñoz, A. I. M., Alcocer Silva, I., Díaz, M. G. y C. S. Dirzo. 1999. *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO, México, D. F., Instituto de Ecología-UNAM.
- World agroforestry center (ICRAF): <http://worldagroforestry.org/SEA/Products/AFDbases/AF/index.asp>.

Las siguientes fuentes ofrecen descripciones botánicas detalladas útiles para la determinación en campo:

- Gentry, A. H. 1993. *A field guide to the Families and Genera of Woody plants of Northwest South America*, Colombia, Ecuador, Peru, Conservation International.
- OTS. *La flora digital de la selva*. Disponible en: <http://sura.ots.ac.cr/local/florula3/en/index.htm>.
- Pennington, T. D. y K. Sarukhán. 2005. *Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México* México, D. F., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SAG.
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden: <http://www.tropicos.org>.
- ZipcodeZoo.com: <http://zipcodezoo.com/default.asp>.





CARICA PAPAYA

► **Taxonomía botánica:** *Carica papaya* L. Familia: Caricaceae.

► **Nombres comunes:** Papaya (español).

► **Descripción:** Planta arborescente de hasta 8 m y d.a.p. (diámetro a la altura de pecho) de hasta 15 cm. La corteza lisa verde grisácea. El tronco hueco en los internudos y con cicatrices de las hojas caídas. La copa abierta y redondeada. Las hojas grandes de peciolo largo y rígido con láminas palmeadas de 7 a 9 lóbulos. Los frutos (papaya) nacen del tronco; verdes pero anaranjados cuando son maduros, con numerosas semillas negras esféricas de máximo 0.5 mm de grueso y cubiertos por una capa mucilaginosa.

Dónde encontrar: Milpas y mercados.

► **Temporada de recolecta:** Todo el año.

► **Método de recolecta:** Se extraen las semillas de las papayas maduras y se ponen a secar a temperatura ambiente y bajo sombra.

► **Cómo almacenar las semillas*:** Dada la abundancia de papaya en áreas rurales tropicales durante todo el año, se recomienda usar siempre semillas frescas. Sin embargo, es posible conservar las semillas secas a temperatura ambiente al menos durante un año.

► **Tratamiento pregerminativo y porcentajes de germinación:** Se recomienda quitar la capa mucilaginosa de las semillas frotando con las manos un puño de semillas con un poco de tierra o arena. Plantas silvestres: 50-60%. Plantas cultivadas: > 80%. Sumergir las semillas por 15 segundos en agua caliente de 70 °C y posteriormente remojar por 24 horas en agua destilada mejora el porcentaje de germinación.

► **Método de siembra:** Se entierran 4 semillas a 1 o 2 cm de profundidad directamente en el sitio que va a restaurarse. Eventualmente se puede también propagar vegetativamente por medio de acodos aéreos o estacas cortadas de ramas laterales (60 a 90 cm) que nacen después de podar la punta de la planta.

► **Tiempo de germinación:** Inicia a las 2-3 semanas después de su siembra.

► **Tiempo recomendado en vivero:** Se siembra directamente en el terreno que va restaurarse.

► **Manejo en campo:** La planta necesita sol y prospera en suelos con buen drenaje. Se requieren deshierbes hasta que la planta supere la altura de los arvenses que la rodean.

► **Sobrevivencia promedio después de un año:** Sin datos para condiciones degradadas.

* Tomado de CONABIO. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/23-caric1m.pdf; consultado el 27/04/2011.





Figura 44. Papaya en la milpa.

➤ **Altura promedio después de un año:** Sin datos para condiciones degradadas.

➤ **Sitios recomendables para ser restaurados con esta especie:** Sitios cercanos de remanentes de vegetación madura (fuentes de semillas forestales) que nunca se encharcan y sin presencia de tuzas.

➤ **Utilidad para la restauración:** Produce alimento para fauna dispersora de semillas forestales, dentro del primer año. Fertiliza el suelo. Es muy útil en la etapa temprana de la restauración. Otros frutales como el plátano o la anona podrían cumplir una función parecida en etapas tempranas de restauración. Cabe mencionar que es un método experimental que aún no ha sido comprobado en experimentos científicos.

➤ **Desventajas para la restauración:** Árbol de vida muy corta que no tolera encharcamientos. Puede atraer animales silvestres que provoquen daños a otros árboles de la plantación de restauración.

➤ **Usos locales:** Frutos comestibles y comerciales. Distintos usos medicinales.

➤ **Mayor información:** Vázquez-Yanes, 1999: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/23-caric1m.pdf; Tropicos: <http://www.tropicos.org/Name/6100032>; Gentry, 1993, p. 320.





CEDRELA ODORATA

➔ **Taxonomía botánica:** *Cedrela odorata* L. Familia: Meliaceae.

➔ **Nombres comunes:** Cedro, cedro rojo, cedro colorado (español), chujté (ch'ol, tzeltal), cuché (maya Lacandón).

- ➔ **Descripción:** **Árbol** de hasta 35 m (40 m) y d.a.p. de hasta 2 metros. **Corteza** escamosa ampliamente fisurada de color grisácea a moreno rojiza en individuos viejos en el interior de la selva. **Tronco** derecho con pequeños contrafuertes en algunos individuos adultos. **La copa** grande y abierta. **Hojas** compuestas con 10 a 22 *foliolos* (la lámina más chica de la hoja) ligeramente asimétricas en su base. Emiten un olor a ajo al estrujar. Antes de la floración, el árbol suele tirar sus hojas. Los **frutos** son cápsulas leñosas de 2.5 cm a 5 cm de largo con 4 a 5 válvulas elipsoides, de color café con un olor a ajo cuando maduros. Contienen aproximadamente 30 **semillas** morenas y aladas de 2 cm a 2.5 cm de largo.
- ➔ **Dónde encontrar:** Especie de vegetación *secundaria* y *primaria* (que no ha sido cortada o disturbada durante largos periodos) pero también comúnmente manejado en los solares o los potreros como árbol maderable o cerco vivo.
- ➔ **Temporada de recolecta:** Entre abril y mayo.
- ➔ **Método de recolecta:** Se colectan del árbol los frutos maduros que están abriéndose. Se dejan los frutos calentar en el sol hasta que se abren por completo y las semillas caen del fruto al agitarlo (figura 54). El manejo es más fácil si se quita el ala de las semillas mediante una malla de 0.60 cm de apertura.
- ➔ **Cómo almacenar las semillas:** Es posible conservar las semillas secas en frascos herméticos colocados en una cámara fría o refrigerador (5 °C), durante un año manteniendo su porcentaje de germinación mayor a 80%.
- ➔ **Tratamiento pregerminativo y porcentajes de germinación:** Sin tratamiento, entre 80% y 90%.
- ➔ **Método de siembra:** Se entierra la semilla a 1 cm de profundidad, procurando que la tierra superficial no se desque por tiempos prolongados.
- ➔ **Tiempo de germinación:** Entre 2 y 4 semanas.
- ➔ **Tiempo recomendado en vivero:** El crecimiento en vivero es rápido y la planta puede alcanzar los 30 cm en 3 o 4 meses
- ➔ **Manejo en campo:** La planta obtiene un crecimiento óptimo en condiciones de plena luz. La aplicación de deshierbes en la temporada de lluvias durante el primer año acelera su crecimiento.





Figura 45. Apertura gradual de los frutos después de cosechar.



Figura 46. Cedro de 7 meses establecido en potrero degradado.



Figura 47. Potrero con una alta abundancia de cedro como reserva de madera de construcción.

➤ **Sobrevivencia promedio después de un año*:**

70±4.6%.

➤ **Altura promedio después de un año*:**

74±23 cm.



➤ **Sitios recomendables para ser restaurados con esta especie:** Parcelas con poca sombra y tierras bien drenadas (donde no hay encharcamientos por largos tiempos). No tolera inundaciones prolongadas o sombra intensa.

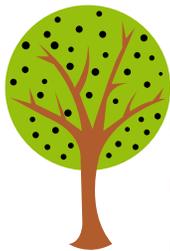
➤ **Utilidad para la restauración:** Tolerancia relativamente bien las sequías. Especie maderable con una larga tradición de manejo local. Debido a la madera de alto valor, los sitios con muchos individuos de cedro suelen ser conservados. La presencia de esta especie en parcelas en restauración puede contribuir a la permanencia de la cobertura forestal a largo plazo.

➤ **Desventajas para la restauración:** Especie no apta para zonas inundables. Cuando se plantan en altas densidades, es más susceptible a ataques del barrenador (*Hypsipyla grandella*). Su crecimiento es más lento que el de las especies pioneras, por lo cual requiere mayor tiempo de aplicación de deshierbes.

➤ **Usos locales:** Su madera es de excelente calidad y es una de las especies más usadas para la construcción rural, fabricación de utensilios o la producción de madera comercial. Varias partes son usadas como medicina para distintos fines.

➤ **Mayor información:** Vázquez-Yanes, 1999: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/36-melia2m.pdf; Zipcodezoo: http://zipcodezoo.com/Plants/C/Cedrela_odorata/; Fieldmuseum: <http://fm2.fieldmuseum.org/plantguides/results.asp?family=&genus=cedrela&intPerPage=50>; Árboles útiles de Veracruz: <http://www.verarboles.com/Cedro%20Rojo/cedrorojo.html>; World Agroforestry Center: <http://worldagroforestry.org/SEA/Products/AFDbases/AF/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=495>; MOBOT: <http://www.mobot.org/mobot/research/apweb/.orders/sapindalesweb.htm#Meliaceae>; Pennington y Sarukhán, 2005, p. 294; Gentry, 1993, p. 616.

** Datos medidos en la comunidad lacandona. Véase también Román *et al.*, 2009. El símbolo “±” hace referencia a la desviación estándar, entre mayor el número, más variación encontramos en campo y menos representativo será el promedio entre diferentes sitios.



GUAZUMA ULMIFOLIA

➔ **Taxonomía botánica:** *Guazuma ulmifolia* Lam; Familia: Malvaceae-Sterculoideae.

➔ **Nombres comunes:** Guácima/guácimo; cuaulote (español), wasil (ch'ol), wasim (maya lacandón).

➔ **Descripción:** Árbol de hasta 25 m y d.a.p. de hasta 70 cm. Corteza pardo grisácea y marcada por hendiduras; se desprende en pequeños pedazos. El tronco a veces con abultamientos o chipotes; en juveniles se ramifica desde la base, por lo que tiene aspecto como un arbusto. Hojas con el margen aserrado y la base asimétrica, de color verde oscuro y rasposas en el haz pero verde grisáceas o amarillentas y sedosas en el envés con pelos estrellados. Los frutos son cápsulas redondas de aproximadamente 2-3 cm de largo, con numerosas protuberancias cónicas de color moreno oscuro a negra, de tacto pegajoso cuando maduros y contienen aproximadamente entre 50 y 70 semillas de 2 a 2.5 mm de largo.

➔ **Dónde encontrar:** Especie *pionera* (grupo de especies que colonizan áreas recién tumbadas, generalmente de crecimiento rápido y de vida corta) muy abundante en vegetación disturbada o *secundaria* en los potreros. Es común verla en combinación con guarumbo (*Cecropia obtusifolia*) y majagua (*Heliocarpus spp.*).

➔ **Temporada de recolecta:** Entre abril y mayo.

➔ **Método de recolecta:** Se colectan los frutos maduros que se sienten resinosos, de preferencia antes de que caigan al suelo, ya que tienen mayor presencia de larvas que dañan las semillas (se observa un polvo fino al abrir el fruto). Poner los frutos en la parte interior de una puerta y cerrarla es un método rápido y eficiente para abrirlos y colectar las semillas.

➔ **Cómo almacenar las semillas:** Se pueden conservar las semillas durante varios años en un frasco colocado en una cámara fría (5 °C). Sin embargo cuando se almacenan de manera inadecuada se pierde rápidamente su viabilidad.

➔ **Tratamiento pregerminativo y porcentajes de germinación:** Sin tratamiento, 29±7%. La inmersión de las semillas en una solución de 60% de ácido sulfúrico o la inmersión durante 30 segundos en agua que acaba de hervir aumenta el porcentaje de germinación y reduce el tiempo de germinación.

➔ **Método de siembra:** Se entierran 5 semillas a 0.5 cm de profundidad máximo en cada bolsa de vivero. Se mantiene la tierra mojada durante la germinación.

➔ **Tiempo de germinación:** Inicia a las 3 semanas y alcanza el 90% de germinación al mes (usando semillas con tratamiento pregerminativo). La germinación de semillas sin tratamiento puede durar hasta 70 días.

➔ **Tiempo recomendado en vivero:** 3 a 4 meses. El plantón puede crecer hasta 25 cm el primer mes en vivero. Por su alta resistencia al manejo, tolera su trasplante después de permanecer hasta un año en vivero.

➔ **Manejo en campo:** Crecimiento óptimo en condiciones de plena luz pero aguanta también niveles bajos de sombra a costo de un menor crecimiento. Es una especie generalista que tolera diferentes condiciones de crecimiento. No necesita una alta frecuencia de deshierbes para su sobrevivencia pero aumentará su velocidad inicial de crecimiento.





Figura 48. Plantón de cuaulote de siete meses después de su trasplante a un potrero degradado.



Figura 49. Un árbol de cuaulote crece entre piernas indicando bajos requerimientos en cuanto a fertilidad del suelo.

Figura 50. Rodales de cuaulote de 3.5 años de edad en un potrero degradado.

➤ **Sobrevivencia promedio después de un año:** 95%.

➤ **Altura promedio después de un año:** 129±50 cm.

➤ **Sitios recomendables para ser restaurados con esta especie:** Especie generalista que prospera bajo diferentes condiciones de crecimiento. Resiste inundaciones breves y tolera sombra intensa o ramoneo por ganado a costo de un menor crecimiento. Prospera en suelos compactados.

➤ **Utilidad para la restauración:** Especie con un desempeño constante en una amplia variedad de condiciones de crecimiento. Los frutos pueden atraer fauna dispersora de semillas y es buen recurso forrajero para la ganadería. Especie con un amplio manejo campesino en la Selva Lacandona.

➤ **Desventajas para la restauración:** Se reporta menor crecimiento en suelos arcillosos.

➤ **Usos locales:** Su madera es usada como leña, postes, cercas y para procesarla como carbón. Los frutos sirven como forraje para el ganado en la temporada de secas y como medicina estomacal humana. Es un árbol común en los potreros como cerca viva o generador de sombra para el ganado.

➤ **Mayor información:** Árboles útiles de Veracruz: <http://www.verarboles.com/Guacima/guacima.html>; Zipcodezoo: http://zipcodezoo.com/Plants/G/Guazuma_ulmifolia/; Vázquez-Yanes, 1999: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf; World Agroforestry Center: <http://worldagroforestry.org/SEA/Products/AFDbases/AF/asp/SpeciesInfo.asp?SplD=944>; Pennington y Sarukhán, 2005, p. 382; Gentry, 1993, p. 800.





INGA VERA

➤ **Taxonomía botánica:** *Inga vera* Willd. Familia: Fabaceae-Mimosoideae.

➤ **Nombres comunes:** Paterna, chalúm (español), bitz (maya lacandón).

➤ **Descripción:** Árbol de hasta 15 m y d.a.p. de hasta 20 cm. **Corteza** externa ligeramente fisurada o lisa. **Tronco** que se ramifica desde abajo. **Copa** con ramas curvadas, por lo cual el árbol tiene un aspecto como una sombrilla. **Ramas** jóvenes densamente pubescentes y con pequeñas “zanjas”. **Hojas** compuestas con los *foliolos* (la lámina más chica de la hoja) opuestos y con una glándula (se ve como una pequeña copita) entre los dos *foliolos*. El *raquis* (el *peciolo* o tallito lenificado que conecta los *foliolos*) tiene alas formadas por tejido foliar. **Las flores** tienen *estambres* blancos largos (se ve como un manojito de pelitos blancos) de entre 2 y 6 cm de largo. **Los frutos** son vainas verde amarillentas de 10-25 cm de largo con 4 costillas bien marcadas. El fruto contiene de 8 a 12 **semillas** negras brillantes en forma de frijol, pero están cubiertas con un velamen o “algodón” dulce y blanco.

➤ **Dónde encontrar:** Especie *secundaria* abundante en zonas inundables o en las márgenes de los ríos. Árbol comúnmente usado para sombra en los cafetales y cacaotales.

➤ **Temporada de recolecta:** Entre septiembre-noviembre.

➤ **Método de recolecta:** Se colectan del árbol los frutos verdosos amarillentos y maduros que presentan una ligera apertura, evitando aquellos frutos en proceso de putrefacción. Algunas semillas suelen germinar dentro de la vaina, donde se observa la *radícula* (la primera pequeña raíz que sale de la semilla cuando germina). Debe lavarse la pulpa dulce que rodea la semilla, ya que atrae insectos que comen las semillas.

➤ **Cómo almacenar las semillas:** Las semillas no toleran su desecación, por lo cual deben sembrarse máximo dos días después de su colecta. Nunca deben dejarse debajo del sol o en bolsas de nylon, ya que éstas aceleran su putrefacción. Si no es posible sembrarlas durante los dos días después de su colecta, pueden conservarse sembrándolas en bolsas de vivero o canastas rellenas con tierra. Cuando la tierra esté muy mojada, se puede extraer la planta jalando de su tallo en la parte basal y cuidando que no se rompa la raíz principal.

➤ **Tratamiento pregerminativo y porcentajes de germinación:** Sin tratamiento entre 85% y 95% (siempre y cuando no se hayan secado entre su cosecha y la siembra).

➤ **Método de siembra:** Especie de muy fácil propagación que incluso se puede sembrar directamente en el terreno que va a ser restaurado. Se entierra a 2 o 3 cm de profundidad en suelos que no se secan por completo (evitando suelos muy arenosos sin sombra).

➤ **Tiempo de germinación:** Menos de una semana. Se encuentran semillas germinadas en las vainas maduras.

➤ **Tiempo recomendado en vivero:** Cuando hay necesidad de propagarla en vivero, la planta puede permanecer hasta 4 meses en vivero bajo sombra.

➤ **Manejo en campo:** Crecimiento óptimo en condiciones de media sombra. Las plantas sembradas en condiciones de





Figura 51. Hoja de paterna (*Inga vera*).



Figura 52. Supervivencia de paterna en sitios recién inundados.

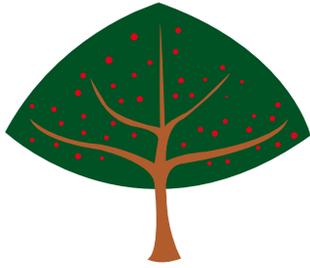


Figura 53. Rodal de paterna con dos años de edad establecida en un potrero degradado

plena luz suelen perder sus hojas y producir hojas amarillentas. Se aplican deshierbes cuando las malezas estén por tapar por completo la planta, sin embargo, ésta resiste hasta varias semanas en condiciones de poca luz. Las plantas en suelos asoleados que no retienen humedad tienen menor probabilidad a sobrevivir.



- **Sobrevivencia promedio después de un año:** $68 \pm 10\%$.
- **Altura promedio después de un año:** 56 ± 17 cm.
- **Sitios recomendables para ser restaurados con esta especie:** Zonas inundables, riberas de ríos, suelos compactados, sitios con una densa vegetación de malezas.
- **Utilidad para la restauración:** La paterna es de las pocas especies que persisten en áreas inundables. Especie *fijadora de nitrógeno* (sus raíces contienen pequeñas bolitas formadas por bacterias que pasan nitrógeno a la planta y fertilizan así indirectamente el suelo). Es conocido por los campesinos como árbol de sombra en los cafetales. Su copa genera sombra antes de los dos años de crecimiento y suprime así las malezas. Según entrevistas etnobotánicas, esta especie es la *Inga* con el mayor crecimiento en la zona lacandona. Los frutos atraen animales (dispersores de semillas) y las ramas forman perchas horizontales a partir del primer año de crecimiento.
- **Desventajas para la restauración:** Mayor probabilidad de mortalidad en suelos extremadamente secos. Las plantas jóvenes no sobreviven inundaciones prolongadas cuando la planta no destaca del nivel del agua.
- **Usos locales:** Árbol madre en cafetales. Cuando florea, provee néctar a las abejas que producen miel.
- **Mayor información:** World Agroforestry Center: <http://worldagroforestry.org/SEA/Products/AFDbases/AF/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=1000>; Pennington y Sarukhán, 2005, p. 214; Gentry, 1993, p. 519.



MUNTINGIA CALABURA

- **Taxonomía botánica:** *Muntingia calabura* L. Familia: Muntingiaceae.
- **Nombres comunes:** Capulín (español), kapuk (ch'ol), puwam (tzeltal), pujám (maya lacandón).

- **Descripción:** **Árbol** *monopódico* (con un solo tronco principal) de hasta 12 m y d.a.p. de hasta 15-20 cm. **Corteza** gris parduzco con sabor astringente. **Copa** con ramas ascendentes a horizontales por lo cual los árboles solitarios pueden tener el aspecto de una pirámide. **Las hojas** tienen el margen aserrado con la base ligeramente asimétrica y con tres nervios prominentes que parten de la base. Pelos escasos en el haz pero densos y blancos al envés. Las hojas son pegajosas en días calurosos. **Las flores** son blancas de máximo 2.5 cm de diámetro y abundantes durante varias épocas del año. **Los frutos** son bayas redondas de color rojo vivo cuando maduros. Su pulpa es comestible y muy dulce. Cada fruto contiene numerosas **semillas** de menos de 0.5 mm de largo.
- **Dónde encontrar:** Especie *pionera* abundante en las márgenes de los ríos y caminos, potreros y áreas abiertas, solares y parques.
- **Temporada de recolecta:** Varias veces al año. Hay menos disponibilidad de frutos en invierno.
- **Método de recolecta:** Se colectan del árbol los frutos rojos y maduros con un sabor muy dulce. Es mejor colectar los frutos que aún estén colgados en el árbol, ya que evita colectar larvas e insectos que se alimentan de los frutos en el suelo.
- **Cómo almacenar las semillas:** Se cortan los frutos y se dejan secar a la sombra, revisando la presencia de hormigas. Se recomienda sembrar las semillas una vez que estén secas.
- **Tratamiento pregerminativo y porcentajes de germinación:** Una vez que los frutos estén secos, se frotran con una malla sombra de vivero, lo cual elimina su cáscara y la liga de las semillas. El porcentaje de germinación es de 5% o menos (sin información confiable, ya que su conteo se dificulta por el pequeño tamaño de las semillas). Sin embargo cada fruto contiene miles de semillas, por lo cual nunca hay escasez.
- **Método de siembra:** Especie difícil de propagar en vivero. Se recomienda sembrar en suelo negro o abono que mantenga humedad y aplicar a la tierra un repelente orgánico de hormiga o ácido bórico. Eventualmente se pueden trasplantar *juveniles* (las plantitas que espontáneamente nacen por ejemplo bajo las copas de los capulines adultos) en bolsas de vivero.
- **Tiempo de germinación:** Inicia a las dos semanas y puede seguir germinando hasta seis semanas después de la siembra.
- **Tiempo recomendado en vivero:** Plantón de crecimiento rápido en vivero. Se puede trasplantar a los 2-3 meses de crecimiento. Una vez que las plántulas desarrollan sus verdaderas hojas, es una planta muy resistente.





Figura 54. Flor, hoja y frutos del capulín.



Figura 55. Capulín de siete meses de edad sembrado en un potrero degradado.

► **Manejo en campo:** Especie que crece muy rápido bajo diferentes condiciones de crecimiento y tolera sequías e inundaciones temporales. No requiere mucho manejo una vez enraizada en el suelo. Los deshierbes aceleran su crecimiento y se pueden aplicar hasta que la planta tenga la misma altura que las malezas que la rodean (menos de 5 meses).

► **Sobrevivencia promedio después de un año*:** $83 \pm 4.1\%$.

► **Altura promedio después de un año*:** 251 ± 50 cm.

► **Sitios recomendables para ser restaurados con esta especie:** Zonas inundables, riberas de ríos, suelos compactados, sitios con una densa vegetación de malezas.

► **Utilidad para la restauración:** Especie de crecimiento rápido en diferentes condiciones de crecimiento. Puede producir frutos comestibles desde su primer año, lo cual atrae diferentes animales dispersores de semillas.

► **Desventajas para la restauración:** Su propagación a partir de semillas es difícil con porcentajes de germinación muy baja. En ausencia de competencia con otros árboles, puede llegar a invadir y formar *comunidades* (conjunto de plantas que crecen en determinado lugar) donde otras especies difícilmente se establecen.

► **Usos locales:** Frutos comestibles; la corteza sirve como cuerda de amarre.

◁ **Mayor información:** Vázquez-Yanes, 1999: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/32-elaeo1m.pdf; Zipcodezoo: http://zipcodezoo.com/Plants/M/Muntingia_calabura/; Fieldmuseum: <http://fm2.fieldmuseum.org/plantguides/results.asp?family=&genus=muntingia&intPerPage=25>; Pennington y Sarukhán, 2005, p. 358; Gentry, 1993, p. 394.



.....
** Datos medidos en la comunidad lacandona.



OCHROMA PYRAMIDALE

➔ **Taxonomía botánica:** *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb. Familia: Malvaceae-Bombacoideae.

➔ **Nombres comunes:** Cabecera o corcho (español); ojolín (ch'ol); chujúm (maya Lacandón).

➔ **Descripción:** Árbol de hasta 35 m de altura y d.a.p. de hasta 60 cm. **Corteza** externa pardo grisácea y lisa o agrietada en adultos. **Madera** extremadamente ligera. **La copa** es abierta con tres ramas principales que se desprenden de la parte más alta del fuste. **Hojas** grandes (láminas de hasta más de 50 cm de largo) con abundantes pelos estrellados con 5 a 7 nervios que se originan en la base de la hoja y con *pecíolos* largos y rígidos de hasta 70 cm. **Las flores** son blancas erectas de forma estrellada. **Los frutos** son cápsulas alargadas de 15 a 18 cm de largo, con 10 costillas marcadas longitudinalmente; contienen numerosas **semillas** ovoides de 5 mm de largo, de color café y rodeado por abundante pelusa sedosa de color blanco como la ceiba.

➔ **Dónde encontrar:** Especie *pionera* muy abundante en vegetación perturbada o vegetación secundaria, en las orillas de caminos y ríos, milpas abandonadas y bancos de arena. Es común verla en combinación con guarumbo (*Cecropia obtusifolia*) y majagua (*Heliocarpus* spp.).

➔ **Temporada de recolecta:** Entre abril y mayo.

➔ **Método de recolecta:** Se colectan los frutos maduros cuando el algodón de sus frutos o mazorcas se vuelve blanuzco y empieza a desprenderse del fruto. Se recomienda cosechar los frutos temprano en las mañanas cuando el rocío evita que el algodón se esponje y que las semillas se desprendan al bajar los frutos. Es más rápido extraer las semillas cuando los frutos o las mazorcas se calientan en el sol hasta que el algodón empieza esponjarse y desprenderse. Cada fruto puede contener entre 600 y 1000 semillas.

➔ **Cómo almacenar las semillas:** Se pueden conservar las semillas durante varios años en un frasco colocado en una cámara fría (5 °C) a costo de una ligera baja en la viabilidad (< 20%).

➔ **Tratamiento pregerminativo y porcentajes de germinación*:** Sin tratamiento, 55%. Remojo en agua a temperatura ambiental durante 24 horas, aproximadamente 60%. Inmersión en agua que acaba de hervir durante 30 segundos: entre 65% y 70%.

➔ **Método de siembra:** Se entierran 3 a 5 semillas frescas a 0.5 cm de profundidad máximo en cada bolsa de vivero. Se mantiene la tierra mojada durante la germinación.

➔ **Tiempo de germinación:** Inicia a los 5 días; 90% de germinación a los 20 días.

➔ **Tiempo recomendado en vivero:** 2 meses, de los cuales deben estar al menos un mes sin sombra. Se recomienda trasplantar plántones inferiores a los 30 cm para evitar daño a su sistema radicular.

➔ **Manejo en campo:** Los plántones son extremadamente frágiles y su transporte y trasplante debe ser realizado con el máximo cuidado posible, evitando caídas o agitaciones fuertes. Crecimiento óptimo en condiciones de plena luz sin competencia de otras plantas. En temporada de lluvias, se deben aplicar frecuentemente los cajetes (des-





Figura 56. Crecimiento impredecible del corcho. Todas las plantas tienen un año de edad.



Figura 57. Acahual de 20 años de edad dominado por el Corcho (fondo de la imagen)



Figura 58. Ejemplo de una experiencia menos exitosa de restauración: sitio degradado con Corchos de 1.5 años de edad. El Corcho crece menos rápido y no desarrolla su copa durante los dos primeros años.

hierbes circulares alrededor de la planta, dejando un círculo de 1 metro de diámetro sin vegetación) hasta que la planta tenga la misma altura que las hierbas o malezas que la pueden sofocar. También es necesario quitar los bejuocos que crecen encima de la planta, ya que su peso puede quebrar ramas o el árbol entero. Para evitar la desecación de la planta, se recomienda mantener el suelo cubierto por vegetación durante la sequía.



➤ **Sobrevivencia promedio después de un año:**

54±19%.

➤ **Altura promedio después de un año:** Muy variable. 94±90 cm.

➤ **Sitios recomendables para ser restaurados con esta especie:** Sitios con un buen drenaje (sin encharcamientos) y una densa vegetación de “malezas”, ya que la velocidad de crecimiento de esta especie reduce la inversión necesaria en deshierbes. No se recomienda usar en sitios que sufren inundaciones y con alta presencia de hormigas cortadoras de hojas (arriera o *Atta* spp.).

➤ **Utilidad para la restauración:** Bajo condiciones de crecimiento óptimo puede suprimir el estrato herbáceo (malezas) durante el primer año, a través de la sombra proyectada y la acumulación de hojas caídas. El mantillo forma un buen hábitat para fauna de suelo y hongos. Su descomposición es lenta pero a largo plazo aumenta la fertilidad del suelo. A partir de los 6 meses de edad, los *peciolos* rígidos y horizontales sirven como percha para las aves.

➤ **Desventajas para la restauración:** Tasas de sobrevivencia y crecimiento impredecibles y muy bajos en suelos compactados. Es común encontrar nidos de nauyaca (*Bothrops* sp.) en el mantillo. Su madera ligera la hace más susceptible a daños por intrusiones de ganado. Separar la semilla de su envoltura de algodón toma mucho tiempo. Sufre mayor mortalidad y menor crecimiento bajo sombra.

➤ **Usos locales:** Su madera ligera y fácil de manejar la hace apta para artesanía, balsa, modelos arquitectónicos y juguetes. El algodón de sus frutos se emplea para rellenar cojines y colchones. La corteza de individuos jóvenes se puede usar como cuerdas de amarre.

➤ **Mayor información:** Vázquez-Yanes, 1999: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/15-bomba6m.pdf; Árboles útiles de Veracruz: <http://www.verarboles.com/Cola%20de%20Gato/coladegato.html>; Zipcodezoo: http://zipcodezoo.com/Plants/O/Ochroma_pyramidale/; World Agroforestry Center: <http://worldagroforestry.org/SEA/Products/AFDbases/AF/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=18161>; Field Museum: <http://fm2.fieldmuseum.org/plantguides/results.asp?family=&genus=ochroma&intPerPage=25>; Pennington y Sarukhán, 2005, p. 374; Gentry, 1993, p. 291.



PSEUDOBOMBAX ELLIPTICUM

➔ **Taxonomía botánica:** *Pseudobombax ellipticum* (Kunth) Dugand. Familia: Malvaceae-bombacoideae.

➔ **Nombres comunes:** Pochote, amapola (español), yashtíé (ch'ol), chuté (maya lacandón).

➔ **Descripción:** Árbol de hasta 30 m y d.a.p. de hasta 150 cm. Corteza lisa o fisurada con manchas gris claro en adultos viejos. Tronco derecho con ramas horizontales o colgantes. Copa abierta. Hojas *palmaticompuestas* (con distintos “dedos” que salen de un punto común) de 15 cm a 45 cm de largo, frecuentemente aglomeradas en las puntas de las ramas. Las hojas jóvenes suelen ser de color rojo intenso y cada *peciolus* (el tallo de las láminas más chicas de la hoja) tiene un *pulvinus* en su base (engordamiento del tallo que regula movimientos de la hoja) que no está conectado. Las flores miden hasta 15 cm de largo con numerosos *estambres* (los “hilos” de la flor responsables de producir *polen*, la parte masculina de la flor) gruesos rosados o blancos de hasta 12 cm de largo. Los frutos son *cápsulas* (fruto seco y generalmente duro, como cedro y caoba) de 15 a 25 cm de largo; contienen las **semillas** rodeadas por pelos sedosos blancos (como la pelusa de ceiba).

➔ **Dónde encontrar:** Especie *secundaria* de zonas inundables, también se la encuentra en las partes más húmedas de la selva conservada.

➔ **Temporada de recolecta:** Entre abril-mayo.

➔ **Método de recolecta:** Se colectan los frutos menos verdes, que se sienten duros al tacto y que están en proceso de abrir. Se dejan los frutos calentar en el sol hasta que se abren por completo y el algodón se esponja. Se colectan las semillas del algodón.

➔ **Cómo almacenar las semillas:** No existe información. Probablemente es posible conservarlas secas por lo menos durante unos meses en una cámara fría o refrigerador de 5 °C.

➔ **Tratamiento pregerminativo y porcentajes de germinación*:** Sin tratamiento, entre 70% y 80%. La inmersión de las semillas en agua a temperatura ambiental durante 24 horas aumenta el porcentaje de germinación. También es posible su reproducción por estaca, dejando enraizar la estaca en una bolsa grande de vivero.

➔ **Método de siembra:** Se entierra la semilla a 1 cm, procurando que la tierra superficial no se deseque por tiempos prolongados. También es posible sembrar las estacas enraizadas.

➔ **Tiempo de germinación:** Menos de una semana.

➔ **Tiempo recomendado en vivero:** El crecimiento en vivero es lento y la planta necesita hasta 4 meses para alcanzar los 20 cm.

.....
* Datos tomados en la comunidad lacandona.





Figura 59. Hojas nuevas de color rojo de *Pseudobombax*.



Figura 60. Siembra de una estaca de *Pseudobombax* en un área inundable.

► **Manejo en campo:** La planta tolera condiciones de plena luz; la aplicación de deshierbes en la temporada de lluvias durante el primer año acelera su crecimiento.

► **Sobrevivencia promedio después de un año*:** 41±2.5%.

► **Altura promedio después de un año*:** 44±19 cm.

► **Sitios recomendables para ser restaurados con esta especie:** Zonas inundables, riberas de ríos.

► **Utilidad para la restauración:** Especie con crecimiento relativamente rápido dentro del grupo de los árboles resistentes a la inundación.

► **Desventajas para la restauración:** Existe poca experiencia con esta especie.

► **Usos locales:** Se usa localmente su madera para distintos fines. Frecuentemente sembrada en parques o solares por sus flores llamativas.

⇒ **Mayor información:** Vázquez-Yanes, 1999; Zipcodezoo: http://zipcodezoo.com/Plants/P/Pseudobombax_ellipticum/; Fieldmuseum: <http://fm2.fieldmuseum.org/plantguides/view.asp>; Pennington y Sarukhán, 2005, p. 378; Gentry, 1993, p. 284.



.....
** Datos tomados en la comunidad lacandona



SPONDIAS MOMBIN

➔ **Taxonomía botánica:** *Spondias mombin* L. Familia: Anacardiaceae.

➔ **Nombres comunes:** Jobo, ciruela (español), jujup (maya Lacandón).

➔ **Descripción:** Árbol grande de hasta 20 m y d.a.p. de hasta 90 cm. Corteza fisurada de color pardo grisácea. **Corteza** interna rosada que produce exudado blanco pegajoso de sabor amargo astringente. **La copa** amplia con ramas horizontales o ascendentes. **Las hojas** compuestas con 13 a 17 *folíolos* (las láminas más chicas de la hoja) *imparipinnadas* (con un *folíolo* solitario el ápex de la hoja, figura 62) y aglomeradas en las puntas de las ramas. Cada *folíolo* tiene una *nervadura marginal colectora* (una nervadura que sigue el margen del *folíolo* y que conecta todas las nervaduras secundarias). El *peciolo* y *raquis* (el *peciolo* que conecta los *folíolos*) tienen un sabor ácido y al machucarlos liberan un olor a mango. **Los frutos** son *drupas* comestibles (fruto carnoso que contiene semillas duras) de color amarillo a café anaranjado, parecidos a la ciruela y con un sabor agridulce.

➔ **Dónde encontrar:** Especie que abunda en la Selva Lacandona. En la vegetación madura pueden encontrarse árboles gigantes de más de 50 m mientras que los individuos más bajos suelen crecer en los acahuals. Frecuentemente se encuentra también en los potreros como árbol remanente.

➔ **Temporada de recolecta:** Entre diciembre-enero.

➔ **Método de recolecta:** El tamaño de los árboles adultos dificulta la recolecta de frutos frescos, por lo que se recomienda recoger las semillas recién caídas en el suelo. Las semillas recolectadas en lugares donde anidan los murciélagos ya recibieron una escarificación natural y germinan más rápido.

➔ **Cómo almacenar las semillas:** Es posible conservar las semillas secas durante un año en frascos herméticos colocados en una cámara fría o refrigerador (5°C) a costo de una ligera baja en su porcentaje de sobrevivencia.

➔ **Tratamiento pregerminativo y porcentajes de germinación*:** Sin tratamiento, aproximadamente 40%.

➔ **Método de siembra:** Se entierra la semilla a 2 o 3 cm de profundidad, procurando que la tierra se mantenga húmeda durante la germinación. Cabe mencionar que esta especie se propaga fácilmente por estaca durante el penúltimo mes de sequía. Estacas grandes (> 50 cm de alto y mínimo 10 cm de diámetro) cortadas de la madera de mínimo un año de edad tienen mayor probabilidad de sobrevivencia. También es relativamente fácil de propagar por estaca.

➔ **Tiempo de germinación:** Inicia a los 15-20 días después de su siembra. Algunas semillas pueden durar más de un mes en germinar.

➔ **Tiempo recomendado en vivero:** La planta puede alcanzar los 30 cm en 3 o 4 meses.

➔ **Manejo en campo:** La planta prospera bajo diferentes condiciones, incluyendo bajo plena luz. La aplicación de deshierbes en la temporada de lluvias durante el primer año acelera su crecimiento.





Figura 61. Jobo de siete meses de edad establecido en un potrero.



Figura 62. Jobo establecido espontáneamente en una parcela restaurada con tres años de edad.



Figura 63. Variación en el crecimiento de estacas de jobo, seis meses después de haberlas establecido en un potrero degradado.

➤ **Sobrevivencia promedio después de un año***: $64 \pm 5\%$.

➤ **Altura promedio después de un año***: 92.1 ± 19.2 cm.

➤ **Sitios recomendables para ser restaurados con esta especie**: Esta especie tiene un desempeño relativamente constante bajo diferentes condiciones de crecimiento y tolera una variedad de suelos.



➤ **Utilidad para la restauración**: Tolera moderadamente bien las sequías y las inundaciones temporales. Especie maderable con una larga tradición de manejo local. El árbol produce, dentro de los dos primeros años, una copa frondosa que puede eliminar arvenses *heliófilas* (que necesitan luz directa para crecer). La producción de frutos dentro de los primeros 5 años después de la siembra atrae una gran diversidad de fauna dispersora de semillas y es muy visitada por murciélagos. Es común ver un banco abundante de juveniles debajo de árboles maduros de jobo.

➤ **Desventajas para la restauración**: Árbol de crecimiento intermedio. La abundancia de frutos frescos puede atraer larvas de insectos.

➤ **Usos locales**: Su madera suave se usa para la fabricación de tablas y herramientas.

➤ **Mayor información**: Zipcodezoo: http://zipcodezoo.com/Plants/S/Spondias_mombin/; Fieldmuseum: <http://fm2.fieldmuseum.org/plantguides/view.asp>; World Agroforestry Center: <http://worldagroforestry.org/SEA/Products/AFDbases/AF/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=1543>; TRÓPICOS: <http://www.tropicos.org/Name/1300270>; AMBIO: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/4-anaca6.pdf; Pennington y Sarukhán, 2005, p. 328; Gentry, 1993, p. 225.

.....
** Datos tomados en la comunidad lacandona



SWIETENIA MACROPHYLLA

➔ **Taxonomía botánica:** *Macrophylla swietenia* King. Familia: Meliaceae.

➔ **Nombres comunes:** Caoba (español), tzuzul (ch'ol, tzeltal), puná (maya lacandón).

- ➔ **Descripción:** Árbol grande de hasta 40 m y d.a.p. de hasta 3.5 m. **Corteza** escamosa ampliamente fisurada de color pardo a café oscuro. **Corteza** interior con sabor astringente debido a la presencia de taninos. **Tronco** derecho con contrafuertes en individuos adultos. **La copa** abierta con relativamente pocas ramas, frecuentemente torcidas. **Hojas** compuestas de 12 cm a 40 cm de largo con 6 a 10 *foliolos* (la lámina más chica de la hoja) asimétricos. **Los frutos** son cápsulas leñosas de 12 a 18 cm de largo con 4 a 5 válvulas elipsoides que se desprenden en la base, de color café. Contienen numerosas **semillas** morenas y aladas de 7 a 8 cm de largo.
- ➔ **Dónde encontrar:** Especie de vegetación *secundaria* y *primaria* (que no ha sido cortada o disturbada durante largos periodos) pero también comúnmente encontrada en áreas abiertas como árbol remanente.
- ➔ **Temporada de recolecta:** Entre febrero-marzo.
- ➔ **Método de recolecta:** Se colectan del árbol los frutos maduros y que están abriéndose. Se dejan los frutos calentar en el sol hasta que se abren por completo y las semillas caen del fruto al agitarlo. El manejo es más fácil si se quita el ala de las semillas manualmente o mediante una malla.
- ➔ **Cómo almacenar las semillas:** Es posible conservar las semillas secadas durante un año en frascos herméticos colocados en una cámara fría o refrigerador (5 °C) a costo de una ligera baja en su porcentaje de sobrevivencia.
- ➔ **Tratamiento pregerminativo y porcentajes de germinación*:** Sin tratamiento, aproximadamente 70%.
- ➔ **Método de siembra:** Se entierra la semilla procurando que la cicatriz del ala quede arriba del suelo. Se debe mantener húmeda la tierra superficial.
- ➔ **Tiempo de germinación:** Inicia a los 15-20 días después de su siembra.
- ➔ **Tiempo recomendado en vivero:** La planta puede alcanzar los 30 cm en 4 meses.
- ➔ **Manejo en campo:** La planta obtendrá un crecimiento más rápido en condiciones de plena luz, pero tolera sombra difusa. La aplicación de deshierbes en la temporada de lluvias durante el primer año acelera su crecimiento.
- ➔ **Sobrevivencia promedio después de un año*:** 80±4%.
- ➔ **Altura promedio después de un año*:** 52±22 cm.

.....
** Datos tomados en la comunidad lacandona.





Figura 64. Caoba de siete meses en condiciones degradadas.



Figura 65. Madera de caoba de alto valor.

➤ **Sitios recomendables para ser restaurados con esta especie:** Esta especie tiene un desempeño relativamente constante bajo diferentes condiciones de crecimiento.

➤ **Utilidad para la restauración:** Tolera relativamente bien las sequías y las inundaciones temporales. Especie maderable con una larga tradición de manejo local. Los sitios con muchos individuos de caoba suelen disfrutar una resistencia cultural para ser tumbados debido a su madera de alto valor. La presencia de esta especie en parcelas en restauración puede contribuir a la permanencia de la cobertura forestal a largo plazo.

➤ **Desventajas para la restauración:** Cuando están plantados en altas densidades son muy susceptibles de ataques del barrenador (*Hypsipyla grandella*). Su crecimiento es más lento que el de las especies *pioneras*, por eso requiere mayor tiempo de aplicación de deshierbes.

➤ **Usos locales:** Su madera es de excelente calidad y es una de las especies usadas en la producción de muebles locales y madera comercial. Varias partes son medicinales para distintos fines.

➤ **Mayor información:** Vázquez-Yanes, 1999: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/37-melia5m.pdf; Zipcodezoo: http://zipcodezoo.com/Plants/S/Swietenia_macrophylla/Default.asp; Fieldmuseum: <http://fm2.fieldmuseum.org/plantguides/results.asp?family=&genus=swietenia&intPerPage=25>; Árboles útiles de Veracruz: <http://www.verarboles.com/Caoba/caoba.html>; World Agroforestry Center: <http://www.worldagroforestry.org/SEA/Products/AFDbases/AF/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=1566>; TRÓPICOS: <http://www.tropicicos.org/Name/20400346>; Pennington y Sarukhán, 2005, p. 300; Gentry, 1993, p. 616.





TRICHOSPERMUM MEXICANUM

➔ **Taxonomía botánica:** *Trichospermum mexicanum* (DC.) Baill. Familia: Malvaceae-Grewioideae.

➔ **Nombres comunes:** Corcho (colorado) (español), poitié (ch'ol), man chaján (tzeltal), man ak' (tzeltal), taw (maya lacandón).

- ➔ **Descripción:** **Árbol** de hasta 15 m y d.a.p. de hasta 50 cm. **Corteza** externa ligeramente fisurada o con escamas alargadas. **Corteza** interna de color crema a rosada. **Tronco** recto con ramas ascendentes. **Copa** redonda con muchas ramas sobrepuestas. **Hojas** finamente aserradas con pelos estrellados pequeños más abundantes en el envés que en el haz. Tres nervios que parten de la base con pelos más largos en las axilas. **Los frutos** son *cápsulas* que se abren como una concha de mar, pubescente, de color moreno pardusco. **Semillas** aplanadas de aproximadamente 2 mm de diámetro con pelos rígidos dispuestos en un solo plano, parecido a las semillas de majagua (*Heliocarpus donell-smithii*). La planta en estado juvenil es muy fácil de confundir con el majagua.
- ➔ **Dónde encontrar:** Especie *pionera* muy abundante en vegetación disturbada o secundaria. Es común encontrar agrupaciones de esta especie en orillas de caminos y senderos, frecuentemente en combinación con guarumbo (*Cecropia obtusifolia*) y majagua (*Heliocarpus* spp.).
- ➔ **Temporada de recolecta:** Entre marzo y principios de mayo.
- ➔ **Método de recolecta:** Se coleccionan del árbol los frutos maduros que están por abrir o ya presentan una ligera apertura. No se recomienda cosechar los frutos y/o las semillas caídas. Los frutos muy abiertos son más difíciles de cosechar sin que se pierdan sus semillas durante su manejo. Cada fruto contiene entre 5 y 15 semillas.
- ➔ **Cómo almacenar las semillas:** Se pueden conservar las semillas en un frasco colocado en una cámara fría (5 °C). No existe información de la pérdida de viabilidad conforme el tiempo almacenado.
- ➔ **Tratamiento pregerminativo y porcentajes de germinación:** Sin tratamiento, entre 20% y 30%. La inmersión de las semillas en una solución de 60% de ácido sulfúrico durante máximamente 2 minutos o en agua que acaba de hervir durante 24 horas aumenta el porcentaje de germinación y reduce el tiempo de germinación.
- ➔ **Método de siembra:** Se entierran 5 semillas a 0.5 cm de profundidad máximo en cada bolsa de vivero. Se mantiene la tierra mojada durante la germinación. La emergencia de las plántulas puede tardar hasta un mes.
- ➔ **Tiempo de germinación:** Inicia a las 3 semanas y alcanza el 90% de germinación al mes.
- ➔ **Tiempo recomendado en vivero:** De 3 a 4 meses, al menos el último mes bajo plena luz.
- ➔ **Manejo en campo:** Crecimiento óptimo en condiciones de plena luz pero aguanta también niveles bajos de sombra a costo de un menor crecimiento. No necesita deshierbes para su sobrevivencia pero puede aumentar su velocidad de crecimiento inicial. Es una especie generalista que tolera diferentes condiciones de crecimiento.





Figura 66. Plantón de cuatro meses de haberse trasplantado a un potrero degradado.



Figura 67. Rodal de tres años establecido en un potrero degradado.

Figura 68. Flores y frutos verdes y maduros.

➤ **Sobrevivencia promedio después de un año:** $76 \pm 15\%$.

➤ **Altura promedio después de un año:** 157 ± 48 cm.

➤ **Sitios recomendables para ser restaurados con esta especie:** Especie generalista que prospera en diferentes condiciones de crecimiento.

➤ **Utilidad para la restauración:** Especie con un desempeño constante bajo diferentes condiciones ambientales. Durante el primer año y medio de crecimiento desarrolla una copa que suprime las malezas y que ofrece sitios de percha a las aves. Florea a partir de 1 a 2 años después de su siembra.

➤ **Desventajas para la restauración:** Es un árbol con pocos usos locales. Los troncos de individuos de rápido crecimiento tienden a quebrarse cuando la copa empieza a desarrollarse.

➤ **Usos locales:** Su madera en rollo puede ser usada en la construcción rural.

➤ **Mayor información:** Zipcodezoo: http://zipcodezoo.com/Plants/T/Trichospermum_mexicanum/ Pennington & Sarukhán, 2005, p. 362; Gentry, 1993, p. 818





GLOSARIO

Banco de semillas	Las semillas que se encuentran enterradas en el suelo y que pueden germinar cuando se presentan las condiciones microambientales adecuadas. Algunas pueden permanecer en estado latente por muchas décadas e incluso siglos.
Cajeteo	Limpias circulares de al menos 1 m de diámetro alrededor de una planta pequeña. Este método es más económico y menos intensivo que un aclareo o limpia general del terreno.
Ciclo hidrológico	El movimiento del agua en su forma líquida y gaseosa, tanto arriba y abajo del suelo, como dentro de las plantas.
Diversidad funcional	La diversidad de las funciones ecosistémicas desempeñadas por los organismos en un lugar determinado.
Especies intermedias	Especies que se establecen más fácilmente en ecosistemas que están en etapas intermedias de la <i>sucesión ecológica</i> . También se les denomina especies secundarias. Ejemplo: cedro (<i>Cedrela odorata</i>).
Especies pioneras	Las primeras especies que colonizan un área sin vegetación. Generalmente tienen diversas características como vida corta, crecimiento rápido, bajo requerimiento de nutrientes en su entorno, producción abundante de semillas con pocas reservas, madera liviana en el caso de los árboles, y crecen mejor en condiciones de plena luz. Son especies comunes en ecosistemas que se encuentran en etapas tempranas de la <i>sucesión ecológica</i> . Ejemplo: guarumbo (<i>Cecropia obtusifolia</i>), capulín (<i>Muntingia calabura</i>) y corcho (<i>Ochroma pyramidale</i>).
Especies tardías	Las especies que comúnmente se establecen en ecosistemas más maduros o en etapas más avanzadas de la <i>sucesión ecológica</i> . Tienden a tener un ciclo largo de vida, producir pocas semillas con grandes reservas, crecer más lento (madera pesada en el caso de los árboles) y mejor bajo sombra. Un sinónimo común es especie <i>clímax</i> . Ejemplo: matapalo (<i>Ficus nymphaeifolia</i>) y la mayoría de los bejucos con tallos leñosos.
Facilitación	Cuando el crecimiento de un árbol modifica las condiciones microambientales de tal manera que facilita el establecimiento de otros árboles o plantas. Por ejemplo, es común observar árboles juveniles debajo de los árboles remanentes en potreros sin pastoreo excesivo.

Fijadora de nitrógeno	Especies cuyas raíces mantienen una simbiosis o coexistencia con bacterias fijadoras de nitrógeno. Las bacterias extraen nitrógeno del entorno, el cual es absorbido por las raíces de las plantas y transportado al tallo y a las hojas. A través de la descomposición de las hojas caídas se enriquece el suelo con nitrógeno, lo cual favorece el crecimiento de otras plantas cercanas a las especies fijadoras de nitrógeno. Ejemplo: la mayoría de los árboles Fabaceae como la paterna (<i>Inga vera</i>) y el wash (<i>Leucaena leucocephala</i>).
Foliolo	La lámina más chica en una hoja compuesta. Sinónimo de pinna. Ejemplo: el guanacastle (<i>Schizolobium parahybum</i>) tiene numerosos pinnae o foliolos por hoja.
Frugívoros	Organismos que se alimentan de frutos.
Palmaticompuestas	Familia botánica (<i>gramineaceae</i> o <i>poaceae</i>) que agrupa a la mayoría de los zacates y pastos.
Heliófilas	Las especies heliófilas prosperan cuando son expuestas al sol al máximo. Gran parte de las especies <i>pioneras</i> son heliófilas.
Hojas palmaticompuestas	Hojas compuestas donde los <i>peciolos</i> nacen en un solo punto de tal manera que la hoja obtiene la forma de una mano con dedos. Ejemplo: ceiba (<i>Ceiba pentandra</i>) y guarumbo (<i>Cecropia obtusifolia</i>).
Indicadores	VARIABLES relativamente fáciles de observar, registrar y medir que indican el estado de un proceso. Ejemplo: la riqueza vegetal o la cantidad de plantas por área son indicadores de la biodiversidad.
Insectívoros	Organismos que se alimentan de insectos.
Lluvia de semillas	Las semillas que son transportadas por el viento, por la gravedad o por animales y finalmente depositadas sobre el suelo.
Materia orgánica	Materia proveniente de animales o de plantas que forma la capa superior del suelo cuando se deposita en él; rica en nutrientes; la “tierra negra de monte”.
Monopódico	Plantas con un solo tronco principal.
Patógeno	Causantes de enfermedades vegetales; generalmente son microorganismos como hongos, bacterias o virus.
Peciolo	El tallo de una hoja.



Peciolus	El tallo de las láminas más chicas de una hoja compuesta (foliolus).
Perennifolia	Árboles o ecosistema con árboles siempre verdes o que mantienen la mayoría de sus hojas durante todo el año. Ejemplo: todos los pinos.
Polen	El polvo proveniente de las partes masculinas de la flor que, cuando entra en contacto con la parte femenina (la polinización), da origen a la formación de semillas.
Pulvinus	Engordamiento del tallo que regula los movimientos de la hoja. Estructura corresponsable, entre otros factores, del movimiento de las hojas de la dormilona (<i>Mimosa púdica</i>).
Radícula	La raíz del embrión de una semilla o la primera pequeña raíz que sale de la semilla cuando germina.
Regeneración forestal	Proceso de establecimiento y crecimiento natural del conjunto de plantas que crecen en un bosque o selva.
Repoblación forestal	La colonización de especies forestales.
Resiliencia	Capacidad del sistema para recuperarse después de perturbaciones o impactos. Los sistemas más biodiversos y productivos suelen tener mayor resiliencia.
Restauración del Capital Natural	La restauración ecológica con énfasis en el bienestar de los habitantes del ecosistema que ha de restaurarse y su interacción con el entorno.
Servicios ambientales	Utilidad que la naturaleza proporciona a la humanidad. Ejemplo: erosión evitada, provisión de leña, etc.
Sucesión ecológica	Evolución o desarrollo natural que corresponde a la dinámica interna en un ecosistema y que implica el recambio de especies y/o comunidades de especies, generalmente como respuesta a las condiciones ambientales cambiantes. Por ejemplo: milpa abandonada ⇨ acahual joven ⇨ acahual maduro ⇨ selva secundaria.
Umbrófila	Las especies <i>umbrófilas</i> crecen mejor bajo sombra y suelen quemarse cuando son expuestas totalmente al sol durante el día. La mayoría de las especies <i>tardías</i> son <i>umbrófilas</i> .

REFERENCIAS

- 1 Ford A y Nigh RB (2009) Origins of the maya forest garden: maya resource management. *Journal of ethnobiology* 29(2):213-236.
- 2 Vásquez-Sánchez MA y Ramos MA eds (1992) *Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona, Investigación para su conservación* (Publicación Especial Exosfera).
- 3 FAO (2011) *State of the world's forests* (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome) p. 197.
- 4 McNeely JA y Schroth G (2006) Agroforestry and biodiversity conservation - traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. *Biodiversity and Conservation* 15(2):549-554.
- 5 OIMT (2005) Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. in *Serie de políticas forestales*, ed OIMT (Serie de políticas forestales OIMT No 13, Yokohoma, Japon).
- 6 De Jong BHJ, Ochoa-Goana S, Castillo-Santiago MA, Ramirez-Marcial N, y Cairns MA (2000) Carbon flux and patterns of land-use/land-cover change in het Selva Lacandona, Mexico. *A Journal of the Human Environment* 29(8):504-511.
- 7 Saldívar Moreno A y Arreola Muñoz AV (2006) Entre lo territorial y lo sectorial: la experiencia de las microrregiones en la Selva Lacandona, Chiapas. *Revista de Geografía Agrícola* 37:57-75.
- 8 Márquez RI y Sandoval AJL (2006) Políticas públicas, estrategias productivas campesinas y manejo de los recursos naturales en el sureste de México. in 11° *Encuentro Nacional Sobre Desarrollo Regional en México*, ed Asociación Mexicana de Ciencias Para el Desarrollo Regional AC (Mérida).
- 9 Martínez-Ramos M y García Orth X (2007) Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80:69-84.
- 10 Martínez-Garza C y González-Montagut R (1999) Seed Rain from Forest Fragments into Tropical Pastures in Los Tuxtlas, Mexico. *Plant Ecology* 145(2):255-265.
- 11 Zamora CO y Montagnini F (2007) Seed rain and seed dispersal agents in pure and mixed plantations of native trees and abandoned pastures at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Restoration Ecology* 15(3):453-461.
- 12 Dalling JW, Muller-Landau HC, Wright SJ, y Hubbell SP (2002) Role of Dispersal in the Recruitment Limitation of Neotropical Pioneer Species. *Journal of Ecology* 90(4):714-727.
- 13 Colwell RK, Mao CX, y Chang J (2004) Interpolating, Extrapolating, and Comparing Incidence-Based Species Accumulation Curves. *Ecology* 85(10):2717-2727.
- 14 Ghazoul J y Sheil D (2010) *Tropical rain forest ecology, diversity and conservation* (Oxford University press, New York), vol. 1, pp 247-277.



- 15 Smith EP y Belle Gv (1984) Nonparametric Estimation of Species Richness. *Biometrics* 40(1):119-129.
- 16 Cardoso Da Silva JM, Uhl C, y Murray G (1996) Plant Succession, Landscape Management, and the Ecology of Frugivorous Birds in Abandoned Amazonian Pastures. *Conservation Biology* 10(2):491-503.
- 17 Moermond TC y Denslow JS (1985) Neotropical Avian Frugivores: Patterns of Behavior, Morphology, and Nutrition, with Consequences for Fruit Selection. *Ornithological Monographs* (36):865-897.
- 18 Duncan RS y Chapman CA (1999) Seed dispersal and potencial forest succession in abandoned agriculture un tropical Africa. *Ecological Applications* 9(3):998-1008.
- 19 Jansen A (2005) Avian Use of Restoration Plantings along a Creek Linking Rainforest Patches on the Atherton Tablelands, North Queensland (Blackwell Science Inc), pp 275-283.
- 20 Harvey CA, et al. (2005) Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 111(1-4):200-230.
- 21 Galindo-González J, Guevara S, y Sosa VJ (2000) Bat- and Bird-Generated Seed Rains at Isolated Trees in Pastures in a Tropical Rainforest. *Conservation Biology* 14(6):1693-1703.
- 22 Brien C (2012) dae: Functions useful in the design and ANOVA of experiments.
- 23 Williams-Guillén K, Perfecto I, y Vandermeer J (2008) Bats Limit Insects in a Neotropical Agroforestry System. *Science* 320(5872):70.
- 24 Kunz TH, Braun de Torrez E, Bauer D, Lobova T, y Fleming TH (2011) Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223(1):1-38.
- 25 Boyles JG, Cryan PM, McCracken GF, y Kunz TH (2011) Economic Importance of Bats in Agriculture. *Science* 332(6025):41-42.
- 26 Chazdon RL, et al. (2009) Beyond reserves: a good research agenda for conserving biodiversity in human-modified tropical landscapes. *Biotropica* 41(2):142-153.
- 27 Harvey CA, et al. (2008) Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican Hotspot. *Conservation Biology* 22(1):8-15.
- 28 Harvey CA y Sáenz JC (2008) *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica* (Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio, Santa Domingo de Heredia, Costa Rica) p. 620.
- 29 DeFries RS, Foley JA, y Asner GP (2004) Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(5):249-257.
- 30 Marinidou E (2009) Estimación del aporte de la cobertura arbórea a la regulación climática y la conservación de la biodiversidad: diseño y aplicación de una metodología en Chiapas, México. Maestría (CATIE, Turrialba, Costa Rica).
- 31 Nations JD & Nigh RB (1980) The Evolutionary Potential of Lacandon Maya Sustained-Yield Tropical Forest Agriculture. *Journal of Anthropological Research* 36(1):1-30.

- 32 Soto-Pinto L, Romero-Alvarado Y, Caballero-Nieto J, y Segura Warnholtz G (2001) Woody plant diversity and structure of shade grown-coffee plantations in Northern Chiapas, México. *Revista Biológica tropical* 49(3-4):977-987.
- 33 Morales H, Ferguson BG, y García-Barrios L (2008) Agricultura: La ciencia de la conservación en Mesoamérica. *Evaluación y conservación de biodiversidad en países fragmentados de Mesoamérica*, eds Harvey CA y Sáenz JC (Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo de Heredia, Costa Rica).
- 34 Nulman M A, Levy TS, y Montes de Oca A (2005) Chujum: una alternativa tradicional de Manejo agroforestal en la Selva lacandona. (15 min). (México).
- 35 Douterlungne D (2005) Establecimiento de acahuales a través del manejo tradicional lacandon de *Ochroma pyramidale* Cav. Maestría en Ciencias (El colegio de la Frontera Sur, Chiapas, México, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas).
- 36 Diemont SAW, et al. (2006) Lacandon Maya forest management: Restoration of soil fertility using native tree species. *Ecological Engineering* 28(3):205-212.
- 37 Tschapka M (2005) Reproduction of the *Bat Glossophaga commissarisi* (Phyllostomidae: Glossophaginae) in the Costa Rican rain forest during frugivorous and nectarivorous periods. *Biotropica* 37(3):409-415.
- 38 Douterlungne D, Levy-Tacher SI, Golicher DJ, y Dañobeytia FR (2010) Applying Indigenous Knowledge to the Restoration of Degraded Tropical Rain Forest Clearings Dominated by Bracken Fern. *Restoration Ecology* 18(3):322-329.
- 39 Douterlungne D (2011) Mayan Succession Management in Southeastern Mexico: Inspiration for Rainforest Restoration in *SERNews* (Society For Ecological restoration Washington), pp 6-8.
- 40 Aronson J, Milton SJ, y Blignaut JN eds (2007) *Restoring Natural Capital. Science, Business and Practice* (Island Press, Washington D. C.), p. 384.
- 41 Douterlungne D, Brunel MC, y Ferguson BG (2011) Plantaciones forestales multifuncionales para la reconversión productiva de áreas degradadas: captura de carbono, palma xate y productos forestales de uso tradicional (Informe Técnico proyecto Nr. 2009-116289) (Ecosur y Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal).
- 42 Douterlungne D, Ferguson BG, Herrera ÁM, y Ferrer GJ (2011) Selective Ecological filters acting on young restoration plantation: Compaction y weed competence, in 4th World Conference on Ecological Restoration ed SER (Mérida, México).



Manual de Restauración Ecológica Campesina para la Selva Lacandona
se terminó de imprimir en Guadalajara, Jalisco, con un tiraje de 100 ejemplares.
Este manual proviene del trabajo doctoral de David Douterlungne.
Ursula Lascurain y Marianne Decorme realizaron el diseño e ilustración.
Doriam del Carmen Reyes Mendoza hizo la corrección de estilo.



La ecología de la restauración es un área científica fascinante en pleno crecimiento y que ha sido aplicada en la recuperación de un sinnúmero de ecosistemas. Para ser eficaces, las iniciativas de restauración ecológica deben tomar en cuenta que la degradación ambiental en paisajes tropicales habitados tiene dimensiones ecológicas, económicas, sociales y culturales, las cuales pueden atenderse sólo si los dueños y los usuarios de los recursos naturales que se encuentran en proceso de degradación diseñan de manera coordinada las estrategias de restauración. En este proceso, los conocimientos locales y/o tradicionales pueden ser una excelente fuente de inspiración.

Este manual ilustrado es producto de varios años de investigación realizada en colaboración con grupos culturales de la Selva Lacandona. Las estrategias de restauración combinan manejos locales con conocimientos científicos, se adaptan al contexto sociocultural, económico y rural, y consideran el difícil acceso a las tecnologías costosas. En un lenguaje no tecnicado y con el apoyo de numerosas fotos, este librito presenta un cuadro teórico para guiar las acciones de restauración y da instrucciones detalladas y prácticas para establecer y mantener plantaciones de restauración. Adicionalmente muestra los costos aproximados de restaurar una hectárea de potrero degradado y da algunas opciones agroforestales que pueden ayudar a recuperar la inversión inicial cuando son implementadas en las parcelas restauradas. Se trata de una guía útil tanto para campesinos y técnicos, como para instituciones involucradas en la restauración ecológica en áreas rurales.



ECOSUR

ISBN: 978-607-7637-74-5



9 786077 637745