

5.8 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN MARQUÉS DE COMILLAS

Paula Meli, Rocío Aguilar-Fernández, Julia Carabias

5.8.1 INTRODUCCIÓN

La deforestación es uno de los procesos que provoca mayor pérdida de biodiversidad, especialmente en el trópico. Cuando los ecosistemas han sido degradados a un punto en el que no pueden retornar a su condición original por sí solos, es necesario implementar actividades de restauración, como un intento de “reparación” o “reversión” de los efectos causados por el deterioro. La restauración puede plantearse como una estrategia de manejo que busca revertir los efectos degradantes de ciertas actividades humanas (p.ej., contaminación, erosión y sobrepastoreo) (SER 2004). Esta estrategia puede estar formada por múltiples herramientas o acciones, dependiendo del sitio a restaurar y de su contexto, como por ejemplo su nivel de degradación, el tipo y magnitud de disturbio que lo ha afectado, los recursos disponibles, entre otros.

Desde una perspectiva técnica la restauración también provee herramientas útiles para enfrentar varios problemas de conservación, como los efectos de borde y fragmentación, la generación de bancos genéticos *ex situ*, la conservación integrada y el desarrollo sustentable (Young 2000). Se ha propuesto que los principios de la restauración de ecosistemas deberían estar guiados a partir de la observación de los procesos naturales de los ecosistemas (Bradshaw 1987), para tratar de reproducirlos. Sin embargo, esto puede resultar casi imposible dado que en muchos casos las propiedades físicas y bióticas de los sitios deteriorados son fuertemente dependientes de las interacciones de factores específicos del sitio y del uso de la tierra

(tiempo y tipo de uso, por ejemplo, minería, extracción forestal, cultivos, entre otros).

Los esfuerzos de restauración generalmente se enfocan a los aspectos ecológicos que pueden limitarla y frecuentemente se implementan a escala local. Pero el éxito de la restauración no depende únicamente de factores ecológicos, sino también de la percepción y participación de los distintos actores locales, así como de los aspectos legales que regulan la propiedad y el uso de la tierra, y las limitaciones económicas (Meli *et al.* 2013a).

El presente capítulo evalúa algunos aspectos críticos para lograr la restauración de los ecosistemas naturales en Marqués de Comillas. Tiene un énfasis en la comunidad de árboles y en particular para la restauración de dos componentes del paisaje: los ecosistemas ribereños y los claros antropogénicos que se forman debido a la deforestación dentro de los fragmentos de selva remanente.

5.8.2 EL PUNTO DE PARTIDA

A pesar de que en México han ocurrido desde hace tiempo importantes procesos de degradación de los ecosistemas terrestres, el esfuerzo por recuperarlos no ha correspondido al reto que significa la pérdida del patrimonio natural (Cervantes *et al.* 2008). Durante décadas México ha llevado a cabo programas de reforestación pero han sido esfuerzos aislados cuyos resultados son muy magros. En realidad, se ha carecido de una política nacional de restauración.

En Marqués de Comillas, el punto de partida para la restauración lo constituye el año 2006,

cuando se concluye la primera etapa del “Programa de ordenamiento y restauración ecológica de los tributarios del río Lacantún, localizados frente a la porción sur de la Reserva de la Biosfera Montes Azules”, coordinado por el Centro Interdisciplinario de Biodiversidad y Ambiente, A.C. (Ceiba) y financiado por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Uno de los resultados principales de este proyecto destacó que el deterioro de los ecosistemas acuáticos y su fauna estaba directamente relacionado con la pérdida de la vegetación ribereña (capítulo 4.3; Ramírez Martínez 2010). Esta situación dejó clara la necesidad de abordar la problemática de la restauración de los ecosistemas naturales en la región y específicamente la restauración de los ecosistemas ribereños.

Se realizaron reuniones con las comunidades locales en las que se abordó el tema de la restauración. Estas reuniones permitieron establecer en el pensamiento colectivo de las comunidades la importancia de los ecosistemas ribereños para la conservación de los ecosistemas acuáticos, así como su

función como corredores biológicos dentro del paisaje para el mantenimiento de la conectividad. Basándose en este enfoque, el proyecto se estructuró en el abordaje de la restauración de manera simultánea en tres escalas espaciales: 1) paisaje (regional); 2) ejido (microrregional), y 3) parcela (local) (Fig. 5.8.1).

A escala regional se evaluó la deforestación ocurrida entre 1986 y 2007, como un indicador de la pérdida de conectividad y se identificaron los ejidos con mayor pérdida de selva (capítulo 4.1). A escala microrregional se identificaron aquellas áreas remanentes de selva que deberían ser conservadas dentro de cada ejido, así como los arroyos con potencial como corredores ribereños. Se trabajó con los habitantes de cada población en talleres participativos en dos etapas. En los primeros talleres se discutieron los resultados del análisis del paisaje y la problemática de la fragmentación; se identificaron los fragmentos de selva remanente a conservar y se propuso abordar la restauración ecológica desde el enfoque de los arroyos como co-

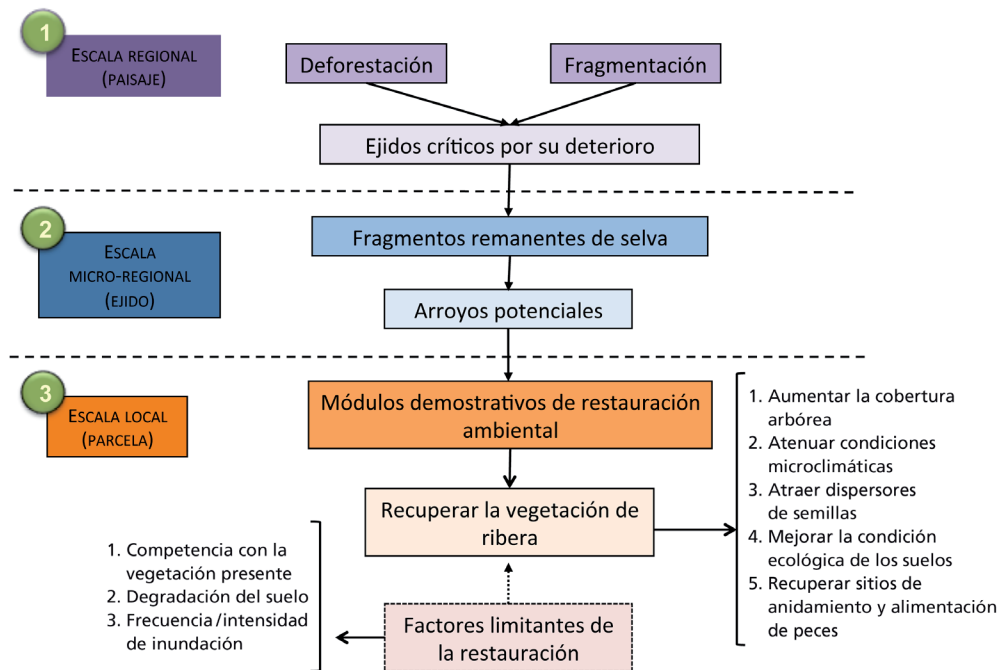


Figura 5.8.1 Propuesta metodológica de integración de escalas para implementar una estrategia de restauración en Marqués de Comillas. FUENTE: Meli et al. (2015a).

nectores del paisaje. Posteriormente, con cada ejidatario se realizó un recorrido para evaluar el grado de conservación de los fragmentos de selva en función de la composición de especies y estructura (número de estratos verticales y altura del dosel). Se definieron conjuntamente aquellos fragmentos en mejor estado de conservación para luego identificar los arroyos que pudieran funcionar como corredores entre ellos (Natura y Ecosistemas Mexicanos 2007). También se inició un muestreo para identificar las especies más comunes en los ecosistemas ribereños de la región, mediante recorridos en lancha y a pie.

A escala local se establecieron 25 parcelas de restauración, distribuidas en poco más de 3 km de ribera de tres ejidos. De estas parcelas, 15 (60%) se establecieron dentro de pastizales ganaderos y 10 (40%) en áreas agrícolas (Meli *et al.* 2015a). Los

primeros resultados del monitoreo en estos sitios permitieron distinguir una importante variación en la supervivencia de las plántulas dependiendo de la historia de uso del sitio (agrícola o ganadero), así como de las tareas de limpieza periódica para reducir la competencia con otras especies, particularmente en el caso de los pastizales. La participación de los ejidos en estas actividades detonó el interés de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) para financiar el establecimiento de otros 54 módulos en más de 5 km de ribera en estos tres ejidos y en otros dos del municipio Ocosingo (recuadro 5.8.1).

Este enfoque permitió la adaptación a las condiciones locales del sitio (parcela) de manera directa con los dueños de la tierra, sin perder la visión del paisaje. Si bien este proceso no fue significativo en cantidad de superficie restaurada, sí lo fue en tres



JME

Recuadro 5.8.1 RESTAURACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN RIPARIA EN EJIDOS RIBEREÑOS DEL RÍO LACANTÚN

Paula Meli, Alonso López Cruz, Julia Carabias

En el año 2007 la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), en el marco del Programa de Desarrollo Regional Sustentable (Proders), suscribió un convenio de colaboración con tres ejidos del municipio Marqués de Comillas y dos de Ocosingo, con el propósito de desarrollar acciones de restauración ambiental en áreas ribereñas del río Lacantún y arroyos tributarios, para regenerar y estabilizar la vegetación riparia y apoyar la conservación de los ecosistemas acuáticos asociados. El proyecto tuvo tres objetivos particulares: 1) selección de los sitios estratégicos dentro del área para desarrollar acciones de restauración; 2) determinación de un plan de acción de restauración para cada sitio seleccionado, y 3) implementación de las acciones de restauración.

El proyecto financió el establecimiento de 54 parcelas en más de 5 km de ribera. Las parcelas estuvieron constituidas por una franja de largo variable dependiendo de la disponibilidad del productor, pero siempre de cinco metros de ancho. Esta franja fue protegida por un cerco mixto (poste común y estaca viva con alambre de púas) y dentro se trasplantaron plántulas de catorce especies arbóreas nativas, sobre una grilla de 1.5 x 1.5 m (0.4 individuos/m²). Estas plantas fueron propagadas en un vivero rústico de Natura Mexicana en el ejido Boca de Chajul.

Las actividades fueron coordinadas por un comité de restauración formado por cinco personas provenientes de cada uno de los ejidos. Aunque no todas las personas involucradas concretaron los acuerdos de trabajo, los avances del proyecto mostraron un efecto sinérgico entre la población local, la institución de gobierno y la organización no gubernamental Natura Mexicana, que coordinó las actividades, proveyó la plantas, dio la asesoría técnica y realizó el monitoreo de las plantaciones.

Los productores participaron en el transporte y trasplante de los árboles a los sitios, y en varios casos fueron apoyados por estudiantes de biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM que colaboraron en el proyecto. Estas parcelas fueron denominadas "módulos demostrativos de restauración ambiental", ya que sirvieron para difundir estas experiencias en el territorio y también para capacitar a otros productores mediante el intercambio de experiencias. Este convenio constituyó el inicio de un proceso de restauración que ha sido incorporado en la visión de los ejidatarios y de las autoridades.

La introducción de especies arbóreas fue incorporada por los productores como una necesidad imprescindible para la recuperación de los ecosistemas ribereños, pero al mismo tiempo comprendida en el contexto de la conectividad del paisaje, pensando en los arroyos y sus riberas como conectores entre manchones de selva. Además, al trabajar de manera directa con la población local los resultados y experiencias fueron compartidos entre los productores, promoviendo de este modo su replicación en otros lugares. Estos módulos constituyeron las primeras iniciativas de restauración de riberas en la región y fueron la base del desarrollo posterior de un proyecto de restauración a escala regional.

importantes aspectos: 1) constituyó una base organizativa para el desarrollo de actividades de restauración en los ejidos. Se creó una relación interejidal que antes no existía y que fue la base para el posterior proceso de ordenamiento del territorio (capítulo 5.9); 2) permitió la inclusión del concepto de "conectividad" y el enfoque de los ecosistemas ribereños como conectores en el paisaje, y 3) brindó resultados preliminares sobre el manejo de las riberas degradadas y las especies útiles para su restauración. Al mismo tiempo, fue la base para la construcción y montaje de un vivero rústico de Natura y Ecosistemas Mexicanos en el ejido Boca de Chajul,

en el cual el primer año de producción logró más 8000 plantas de 14 especies arbóreas nativas y se constituyó como un punto de inicio para la investigación en la germinación y propagación de especies de la región.

5.8.3 CONSOLIDACIÓN DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN

A partir del año 2008 el proyecto profundizó su investigación sobre las limitaciones ecológicas para lograr la restauración a partir del establecimiento de parcelas experimentales. Se había detectado que

72% del municipio estaba cubierto por selvas altas y medianas, pero la tercera parte de esta superficie presentaba algún tipo de perturbación histórica (capítulo 4.2). También se había detectado que en Marqués de Comillas más de 50% de la deforestación ocurre por la apertura de claros (Carabias *et al.* 2009): el desmonte comienza dentro de los remanentes de vegetación para establecer parcelas dedicadas a la producción agropecuaria; con el tiempo, estos claros van aumentando de tamaño. Este tipo de deforestación es uno de los patrones de pérdida de la cobertura vegetal más alarmantes, ya que crea un efecto de borde en el interior de los fragmentos y disminuye el área núcleo que resultaba efectivamente conservada (Zipperer 1993; Estreguil y Mouton 2009). Estos sitios fueron denominados “claros antropogénicos” en contraposición a los claros que ocurren de manera natural en la selva. Se trata de

áreas fuertemente transformadas que facilitan el acceso humano a los fragmentos de selva, incrementan la presión sobre los mismos y aumentan la probabilidad de que sean talados. Sus efectos dependen de su tamaño, forma y localización dentro del área del fragmento (Bogaert *et al.* 2004). En términos de conectividad biológica, estos claros constituyen sitios prioritarios para la restauración y su atención se planteó como urgente, al igual que para los ecosistemas ribereños.

Varios factores pueden limitar la recuperación natural de los sitios degradados. En los ecosistemas tropicales húmedos como Marqués de Comillas son factores críticos la ausencia de semillas (García-Orth y Martínez-Ramos 2008), la herbivoría y la competencia con los pastos (Midoko-Iponga *et al.* 2005; Parsons *et al.* 2007). La introducción de árboles puede mitigar estas limitaciones. Además, estas plantas pueden tener un efecto facilitador sobre el establecimiento de otras especies al mejorar las condiciones ambientales y del suelo (Meli y Dirzo 2013), así como al reducir la cobertura de los pastos, sobre todo si se trata de especies exóticas como *Cynodon* sp., *Echinochloa* sp. y *Brachiaria* sp. En este contexto, la reintroducción de vegetación o “revegetación”, es una herramienta muy extendida en la restauración ecológica de ecosistemas terrestres y también en riberas. A continuación se describen algunas limitantes para la restauración de riberas y claros antropogénicos en Marqués de Comillas.



FAZ

5.8.4 RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS RIBEREÑOS

Los ecosistemas ribereños constituyen sistemas complejos denominados “ecotonos” que funcionan como una interfase de los ecosistemas terrestres y acuáticos, lo cual les brinda características ecológicas muy particulares, como por ejemplo albergar una importante diversidad biológica —única para algunas especies (p.ej., mariposas; Benítez-Malvido 2014)— y ser el espacio donde ocurren ciertos procesos funcionales críticos para la provisión de importantes servicios para la sociedad (p.ej., el control



Parcela experimental de restauración de riberas en el ejido Galacia. De arriba abajo: antes del trasplante (octubre de 2010); dos años después del trasplante (octubre de 2012); cuatro años y medio después del trasplante (abril de 2015).

de inundaciones y la regulación de la calidad del agua) (ONU 2005). Estos ecosistemas, junto con los arroyos a los que se encuentran asociados, constituyen componentes muy importantes del paisaje: regulan los ciclos de nutrientes, son sitio de anidación de peces y pueden funcionar como conectores entre fragmentos de selva (Meli y Carrasco-Carballedo 2011). Pueden facilitar el movimiento de fauna a través de ellos, y por ende favorecer la dispersión de polen y semillas, así como otras funciones ecológicas (Naiman *et al.* 2005; Gardali *et al.* 2006). De esta manera, la conservación y restauración de ecosistemas ribereños puede ayudar a mantener y/o aumentar la conectividad de los fragmentos de selva que quedan en el paisaje.

Debido a la fluctuación en los niveles de agua, se trata de ecosistemas muy dinámicos, que tienen una alta capacidad para recuperarse de disturbios naturales (Naiman *et al.* 2005). Sin embargo, las alteraciones de origen antrópico suelen exceder esta capacidad natural y desencadenan su deterioro, e incluso en algunos casos generan su pérdida completa (Richardson *et al.* 2007). Por esta razón, aunque son ecosistemas muy variables, al mismo tiempo son considerablemente frágiles.

Para recuperar la vegetación es necesario seleccionar la más amplia variedad posible de especies nativas, sobre todo en ecosistemas altamente diversos como son los tropicales. Pero esta selección a veces requiere muchos años de investigación (Knowles y Parrotta 1995; Blakesley *et al.* 2002a, 2002b; Elliott *et al.* 2003), mientras que los proyectos de restauración por lo general exigen resultados a corto plazo y disponen de recursos económicos limitados. La generación de una lista de especies clave debe dirigir el primer paso cuando el objetivo es recuperar la vegetación. La variedad de especies útiles para la restauración de riberas en Marqués de Comillas es alta (~100 especies) (capítulo 1.2), por lo que no debería de limitarse a un número reducido (Meli *et al.* 2014). Idealmente tendrían que incluirse todas ellas, pero a corto plazo se seleccionaron especies consideradas clave, utilizando criterios ecológicos, sociales y técnicos,

como los siguientes: 1) ser importantes en la ribera conservada (ecosistema de referencia); 2) ser menos propensas a establecerse por sí solas en los sitios degradados; 3) no ser específicas de un hábitat particular; 4) ser socialmente aceptadas, y 5) que su propagación requiera plazos e inversión económica razonables (recuadro 5.8.2). La investigación sobre necesidades ecológicas para lograr la propagación de estas especies es una actividad primordial del vivero. Hasta el momento se cuenta con información de completa de 18 especies y parcial de otras 14 (Meli *et al.* en prep.), muchas de las cuales nunca habían sido propagadas y no se contaba con la información detallada para su propagación y manejo en campo.

Siete de estas especies fueron introducidas a riberas degradadas, con el fin de estudiar las posibles limitaciones ecológicas para lograr su establecimiento: *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Castilla elastica*, *Ficus insipida*, *Inga vera*, *Pachira aquatica* y *Vatairea lundelli*. Se seleccionaron 10 parcelas en arroyos distintos, de ocho metros de

ancho y longitud variable, dependiendo de la disponibilidad del dueño. Estas parcelas fueron cercadas para evitar la depredación por ganado de las plantas introducidas. También fueron caracterizadas de acuerdo con las condiciones microclimáticas, la capa superficial del suelo y la dinámica hidrológica del arroyo asociado. Cada una de ellas fue dividida en cuatro partes iguales que representaron cuatro tratamientos experimentales o condiciones: 1) trasplante de árboles nativos (tratamiento control de restauración activa, es decir, sin ninguna actuación adicional para facilitar el establecimiento de las plántulas); 2) remoción de pastos (aérea y subterránea); 3) roturación del suelo, y 4) roturación de suelo y eliminación de pastos, combinados. Las plántulas fueron introducidas a mediados de la época de lluvias (octubre), y cada una de ellas fue monitoreada de manera individual.

Dos años después del trasplante se observó que la breve pero severa temporada seca que ocurre en la región puede reducir la supervivencia en más de 60% (Fig. 5.8.2). Los eventos de crecientes de los

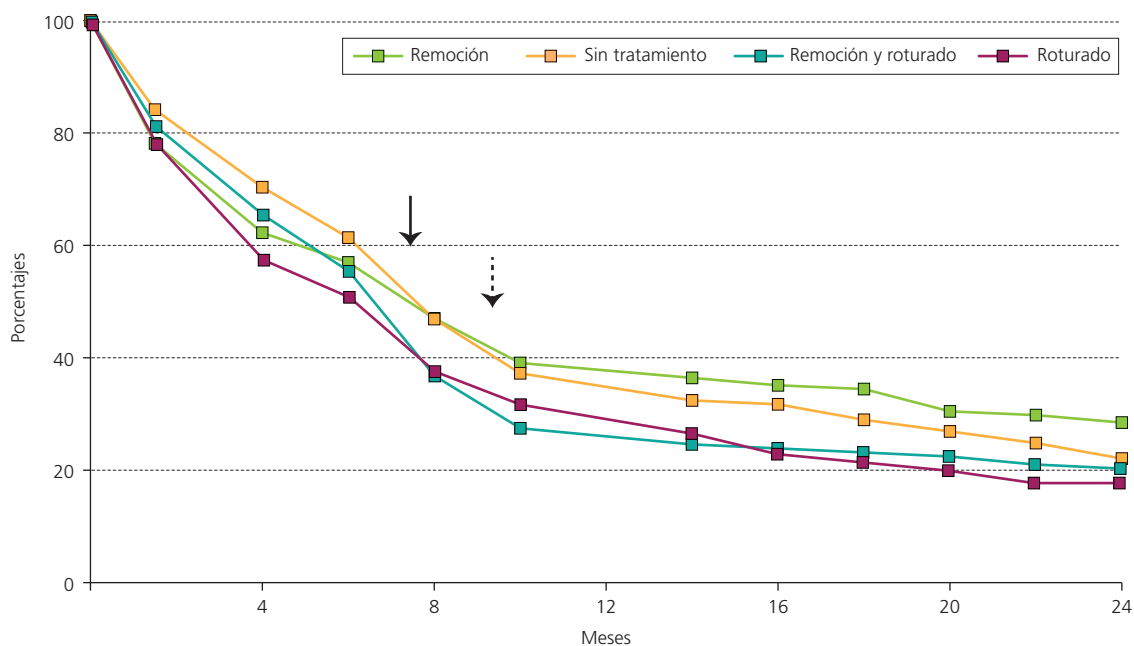


Figura 5.8.2 Supervivencia de siete especies arbóreas trasplantadas a riberas degradadas bajo cuatro técnicas de restauración. Las flechas indican los eventos de sequía (línea continua) y de crecientes de los arroyos (línea discontinua). FUENTE: Meli *et al.* (2015b).

Recuadro 5.8.2 SELECCIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS CLAVE PARA INICIAR LA RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS RIBEREÑOS EN MARQUÉS DE COMILLAS

Paula Meli

El restablecimiento de la vegetación nativa es una herramienta muy extendida en la restauración ecológica, pero en ecosistemas muy diversos como la selva, la gran cantidad de especies hace que sea difícil identificar de manera sucinta aquellas que podrían ser clave o brindar prioridades en las necesidades de reintroducción. Una correcta selección de especies requiere amplios estudios, entre ellos el de cientos de especies a lo largo de varios años. Sin embargo, los proyectos de restauración por lo general requieren resultados a corto plazo y tienen recursos económicos limitados.

Para seleccionar especies clave para la restauración resulta necesario considerar criterios ecológicos adecuados, pero también criterios relacionados con la aceptación social y la viabilidad técnica para la propagación (Meli *et al.* 2014). En este estudio se propuso un "índice de selección de especies" (ISE) que utiliza cinco criterios independientes relacionados con información ecológica, social y técnica.

Criterios para la selección de especies arbóreas útiles para la restauración

Nombre	Criterio	Origen de la información	Indicador
VI	Importancia natural en riberas conservadas	Ecológico	Valor de importancia
C	Capacidad natural de la especie para establecerse en riberas degradadas	Ecológico	Coefficiente de regeneración
H	Capacidad natural de la especie para establecerse en los distintos tipos de hábitats de la región	Ecológico	Amplitud de hábitat
VS	Reconocimiento e importancia social	Social	Valor social
Tc	Facilidad para colectar y germinar las semillas, y propagar la especie en vivero.	Técnico	Facilidad técnica

Nota: valor de importancia (VI), capacidad natural de regeneración (C), amplitud de hábitat (H), valor social (VS), y limitaciones técnicas (Tc). (ISE) índice de selección de especies.

Se realizaron censos de vegetación en riberas conservadas (ecosistema de referencia) y en riberas en proceso de recuperación natural, en los que se calculó: 1) el valor de importancia (VI) como un indicador de la presencia y abundancia de las especies en cada sistema, y 2) el coeficiente de correlación (C) entre el tamaño y la frecuencia de individuos, como un indicador de la capacidad de la especie para establecerse de manera natural. También se calificó a las especies de acuerdo con la capacidad de adaptarse a distintas condiciones (H, amplitud de hábitat). Se construyó un criterio de valor social (VS) a partir de información consultada en talleres a las poblaciones locales, sobre el potencial de las especies para ser utilizadas con fines de restauración y los posibles usos que la comunidad hace de las mismas. Además, se calificó a las especies de acuerdo con la facilidad para obtener sus semillas, germinarlas y propagar las plantas (Tc). Estos criterios fueron estandarizados y luego transformados en rangos. Finalmente, el ISE se construyó a partir de la sumatoria simple de los cinco criterios, en la que los valores más altos indican una mayor prioridad para ser utilizadas. Identificamos más de 100 especies de árboles con uso potencial para la restauración de riberas, de las cuales 30 fueron identificadas como "clave". Estas especies representaron en conjunto más de 60% de los árboles encontrados en el ecosistema de referencia (capítulo 1.2). El ISE promedio fue de 28.3 ± 1.0 , lo que sugiere que las especies con valores altos no son frecuentes; es decir, no hay especies dominantes sino que la restauración debería incluir una variedad de especies. Las especies que se establecen de manera natural tuvieron un menor valor social entre los agricultores locales, y casi la mitad de las especies identificadas mostró limitaciones técnicas para su propagación. El ISE ha resultado útil para la selección de especies durante las etapas iniciales de proyectos de restauración en ecosistemas dominados por árboles, como selvas y bosques, que albergan una gran biodiversidad. También resulta adecuado cuando son varios los actores interesados en la restauración, ya que los distintos criterios pueden ser ponderados de acuerdo con las necesidades del proyecto.

Especies arbóreas clave para la restauración de riberas en Marqués de Comillas
(Véanse en el cuadro anterior las claves de los criterios)

Especies	VI	C	H	VS	Tc	ISE
<i>Dialium guianense</i>	8	10	9	9	7	43
<i>Brosimum alicastrum</i>	6	6	9	9	8	38
<i>Brosimum costaricanum</i>	6	10*	7	6	8	37
<i>Ficus</i> sp.	10	9	2	8	7	36
<i>Cojoba arborea</i>	10	6	4	5	7	32
<i>Vochysia guatemalensis</i>	5	7	7	8	5	32
<i>Trophis racemosa</i>	4	10*	6	6	6	32
<i>Albizia leucocalyx</i>	5	8	3	8	7	31
<i>Ampelocera hottlei</i>	6	3	7	6	9	31
<i>Calophyllum brasiliense</i>	5	6	7	6	7	31
<i>Licania platypus</i>	5	10*	6	6	4	31
<i>Posoqueria latifolia</i>	5	10*	6	5	5	31
<i>Guarea glabra</i>	5	3	7	6	8	29
<i>Protium copal</i>	7	3	9	6	3	28
<i>Castilla elastica</i>	5	3	6	6	7	27
<i>Hirtella americana</i>	4	4	7	5	7	27
<i>Pouteria durlandii</i>	5	5	7	6	4	27
<i>Swartzia simplex</i>	5	10*	3	5	4	27
<i>Blepharidium mexicanum</i>	4	5	6	4	7	26
<i>Inga vera</i>	4	5	3	9	5	26
<i>Eugenia negrita</i>	4	10*	7	0	5	26
<i>Quararibea yunckerii</i>	4	10*	3	6	3	26
<i>Nectandra reticulata</i>	5	10*	6	0	4	25
<i>Miconia argentea</i>	4	5	4	6	5	24
<i>Jacaratia dolichaula</i>	4	10*	6	0	4	24
<i>Croton schiedeianus</i>	5	2	6	5	5	23
<i>Eugenia mexicana</i>	5	6	4	0	5	20
<i>Licaria capitata</i>	4	10*	4	0	2	20
<i>Nectandra sanguinea</i>	5	10*	1	0	4	20
<i>Miconia glaberrima</i>	4	10*	1	0	3	18

(*) Especies ausentes en riberas en recuperación natural, y cuya introducción se considera necesaria. FUENTE: Meli et al. (2014).

Recuadro 5.8.3 RESTAURACIÓN DEL HÁBITAT DE MARIPOSAS MEDIANTE EL MANEJO DE ESPECIES ÚTILES PARA SU ALIMENTACIÓN

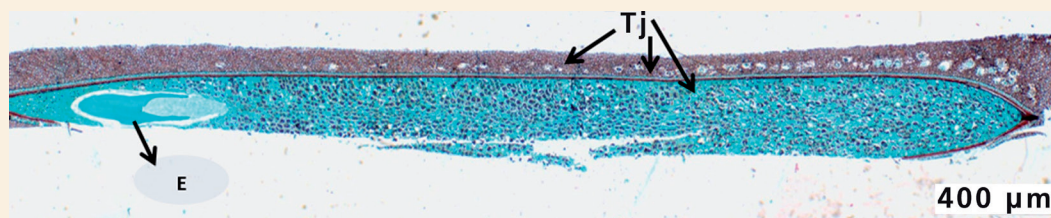
Alejandra López Valenzuela, Alma Orozco

En el ejido Playón de la Gloria se creó una Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) de mariposas, con el fin de conservar la selva en la que estos insectos habitan y minimizar la deforestación. Durante los primeros muestreos de mariposas realizados en 2009 para establecer el programa de manejo, no se obtuvo registro de algunas especies que tienen importancia económica para la región. Por esta razón se consideró necesaria la conservación de los hábitats específicos que las mariposas necesitan para completar sus ciclos de vida. Una alternativa es iniciar la restauración reintroduciendo las especies de plantas de las que las mariposas se alimentan en su estado larvario.

Las lianas cumplen un papel muy importante en la estructura y la dinámica de la selva (Solórzano *et al.* 2002; IINE 2000). Como plantas de alimentación de larvas de mariposas, proporcionan varios beneficios a los lepidópteros, entre ellos la acumulación de las toxinas que estas plantas producen, lo que les brinda cierta toxicidad que las defiende de depredadores (Beck y Fiedler 2008). A pesar de la importancia de estas especies, se han realizado muy pocos estudios sobre germinación y su uso en proyectos de restauración ecológica es limitado, por lo que resulta necesario obtener información básica antes de incorporarlas a este tipo de proyectos.

Mucuna argyrophylla, *Aristolochia grandiflora* y *A. maxima* son tres lianas importantes para la alimentación de mariposas de géneros como *Battus*, *Parides* y *Morpho*. Las condiciones para su germinación en cámaras y en vivero (en el campo) son variables, por lo que es necesario considerar ciertos aspectos críticos para lograr su propagación. Las semillas colectadas al inicio de la época de producción germinan en porcentajes relativamente altos, 89% (*A. maxima*) y 45% (*A. grandiflora*) [véanse gráficas 1(a) y (b)].

Sin embargo, semillas colectadas un mes después presentan una germinación casi nula. Cortes histológicos han mostrado que la baja germinación de *A. grandiflora* puede estar relacionada con la presencia de tejidos que impiden el paso del agua al embrión, pequeño pero bien diferenciado:

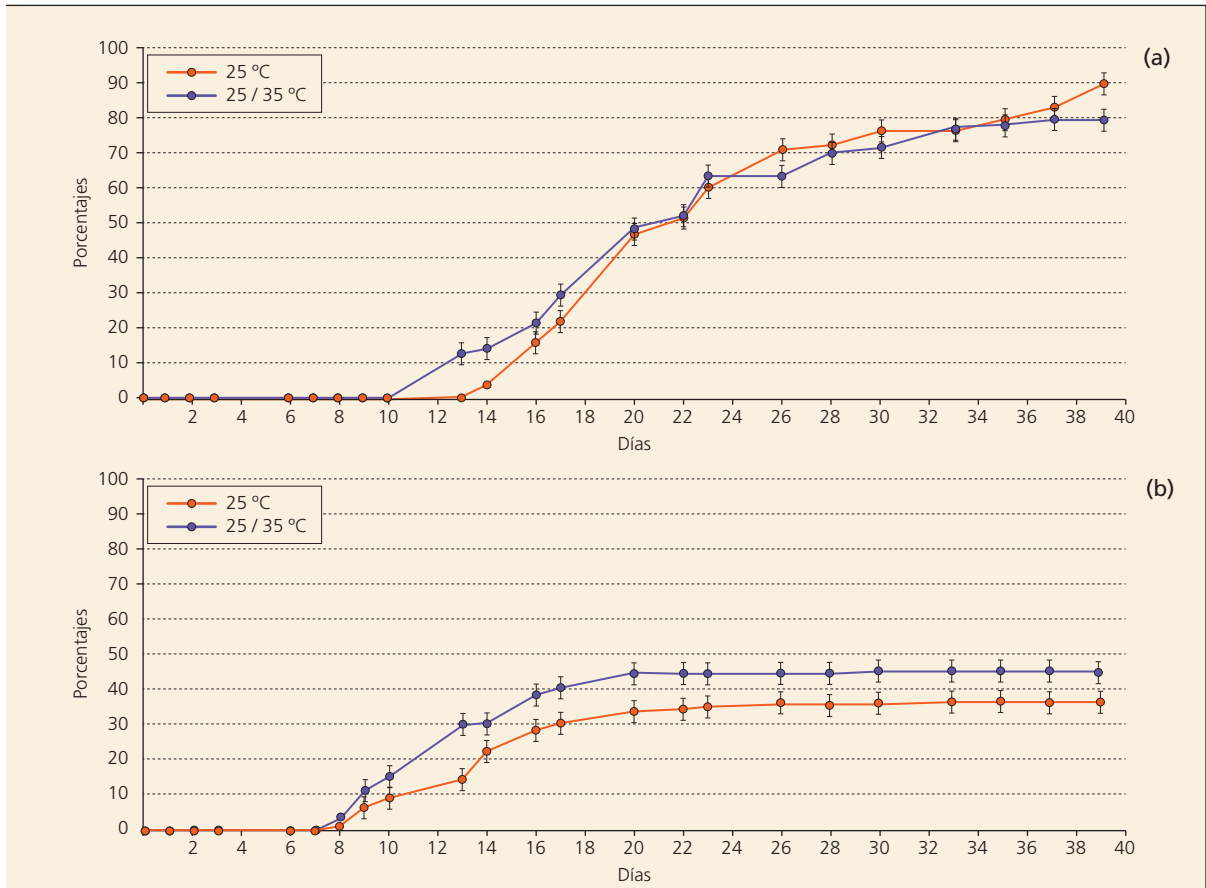


Fotomicrografía en microscopía de campo claro del embrión y sus diferentes estructuras. Se muestra la relación del embrión (E) y tejidos (Tj) que fungen como una capa mecánica que impide la llegada de agua al mismo.

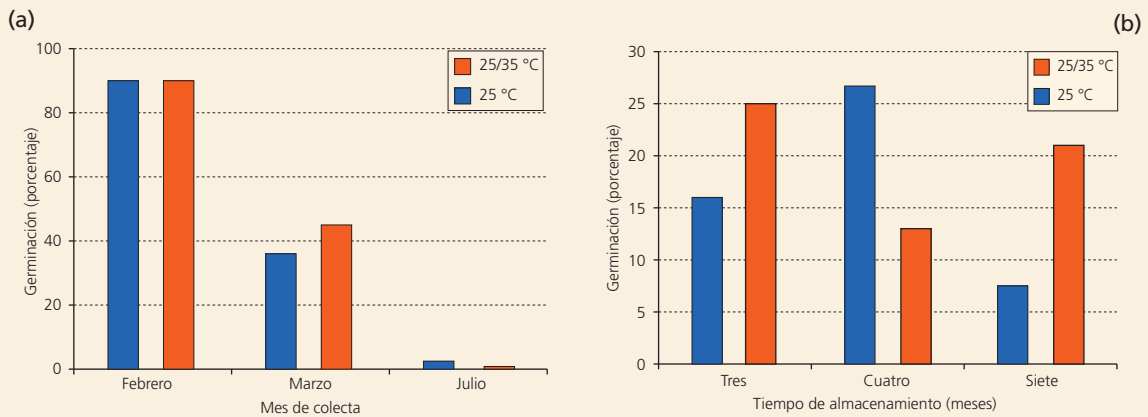
Además existe una gran heterogeneidad funcional en la población de semillas, en la que la mayoría tiene una latencia física que impide la germinación, la cual se incrementa después del inicio de la producción y se reduce en las colectadas en julio [véanse gráficas 2(a) y (b)].

Las semillas de *Mucuna argyrophylla* presentan latencia física y germinan en un 60% al hacerles un orificio en la cubierta seminal. La sobrevivencia de ésta en la selva fue de 2%, en un sitio abierto (acahual) de 25% y en la ribera de 7%.

Para fines prácticos de restauración ecológica y manejo de estas especies, las semillas de *M. argyrophylla* tienen mejor desempeño que las de *A. grandiflora*, por su buena capacidad germinativa y posibilidad de almacenamiento a largo plazo, mientras que las semillas de *A. grandiflora* se deben recolectar al principio de la producción de semillas y germinarse inmediatamente. Esto garantiza una alta producción de plántulas sin necesidad de ningún tratamiento pregerminativo. La principal limitante para la producción de estas plantas es la dificultad para su recolección, pues crecen en pequeñas poblaciones separadas por grandes distancias.



Gráfica 1(a). Germinación de *Aristolochia maxima*.
 (b) *A. grandiflora* en dos condiciones de temperatura (25 y 25/35°C).



Gráfica 2. Heterogeneidad funcional en la población de semillas en dos condiciones de temperatura (25 y 25/35°C).
 (a) Porcentaje de germinación de semillas colectadas desde el inicio de la dispersión y en distintos meses. (b) Porcentaje de germinación de semillas colectadas en julio después de un tiempo de almacenamiento.



Aristolochia grandiflora. JME

arroyos también produjeron una alta mortalidad (80% después del primer año) debido al arrastre de las plantas por el agua. La eliminación de los pastos mejoró el crecimiento de algunas especies, aunque la roturación no resultó eficiente, sino que parece contrarrestar los efectos de la eliminación de pastos. Esto sugiere que es necesario el estudio de técnicas combinadas: en algunos casos roturar el suelo, utilizar protecciones para evitar la desecación y el arrastre por el agua, así como para mejorar la fertilidad del suelo, introducir semillas, favorecer el crecimiento de las especies arbóreas que se establecen de manera natural y eliminar los pastos sólo en la época de lluvias, cuando hay más humedad (Meli *et al.* 2015b). El tiempo y el costo asociados a estas técnicas también deberían ser evaluados para poder tomar las decisiones más adecuadas.

El establecimiento exitoso y el crecimiento de estos árboles permitirán el desarrollo de una comunidad vegetal más estructurada y diversa, al mismo tiempo que aumenta la biomasa vegetal (productividad primaria, fijación de carbono). Además, su presencia favoreció la modificación del microclima (menor amplitud térmica, más sombra, mayor humedad relativa), la disminución de la cobertura de pastos y el aumento de hojarasca que puede potencialmente incorporarse al suelo como materia orgánica. Todos estos cambios son más favorables para el establecimiento de nuevas especies. Al mismo tiempo, la presencia de estos árboles puede ser atractiva para la fauna silvestre como las aves (Gardali *et al.* 2006) y pequeños mamíferos. Además, a largo plazo es de esperar una recuperación de la condición del suelo y de las funciones relacionadas con los ciclos biogeoquímicos, como la producción y la descomposición de la hojarasca. Sin embargo, el establecimiento de estos árboles no garantiza la llegada de las especies que crecen debajo de ellos. Otras especies son útiles para enriquecer el sotobosque, como *Calathea* spp. y *Heliconia* spp., o de interés ecológico por ser fuente de alimentación de mariposas, como *Mucuna* spp. y *Aristolochia* spp. (recuadro 5.8.3). En los casos en los que la cobertura vegetal está completamente ausente es recomendable el uso de especies cuya densa red de raíces podría ayudar a retener el suelo y a controlar la erosión. En Marqués de Comillas serían de utilidad la caña brava (*Phragmites australis*) y la jimba (*Bambusa longifolia*), sobre todo en sitios donde las corrientes son intensas.

Por otro lado, una aproximación desde la perspectiva del paisaje puede dirigir la práctica de la restauración ecológica a otras escalas. La restauración de riberas debería abordarse tanto a escala local como del paisaje, y de esta forma podría enmarcarse en un escenario de manejo de cuencas, con criterios que permitan definir aquellas áreas donde la relación costo-beneficio de la restauración sea óptima. Idealmente, todas las franjas ribereñas de Marqués de Comillas deberían tener vegetación arbórea; así ha sido acordado en algunos



de los ejidos que han participado en un proceso de ordenamiento comunitario del territorio (capítulo 5.9). Sin embargo, plantear la restauración de las riberas en la totalidad de la región será una tarea de largo plazo.

Una valoración de la conectividad del paisaje por medio de los ecosistemas ribereños como corredores podría ayudar a identificar áreas críticas para la restauración de riberas, maximizando la relación costo-beneficio en los aspectos ecológico y social. La discusión posterior con las comunidades locales permitirá ajustar la implementación de la estrategia regional de restauración.

5.8.5 RESTAURACIÓN DE CLAROS ANTROPOGÉNICOS

Se estima que en Marqués de Comillas existen al menos 276 claros antropogénicos (Fig. 5.8.3), de los cuales 70% (193) tienen una dimensión menor

de 10 hectáreas. A reserva de considerar la historia de uso y del grado de integridad de la matriz de vegetación que les rodea, estos sitios tienen la potencialidad de recuperarse a bajos costos de manejo, e incluso mediante la restauración pasiva. Sin embargo, 30% (75) restante corresponde a claros de entre 10 y 50 hectáreas, cuya recuperación requiere un alto costo en términos económicos (Aguilar-Fernández 2013). Debido a que la atención de estos sitios se planteó como una prioridad, y a la urgente necesidad de encontrar alternativas para estabilizar la frontera agropecuaria y cicatrizar los remantes de selva, desde 2011 se comenzó la investigación sobre la restauración de claros antropogénicos.

Se evaluaron tres técnicas de restauración con la finalidad de encontrar la más efectiva al menor costo económico posible: 1) abandono de la actividad ganadera (abandono); 2) remoción de pastos (remoción), y 3) combinación de la remoción de

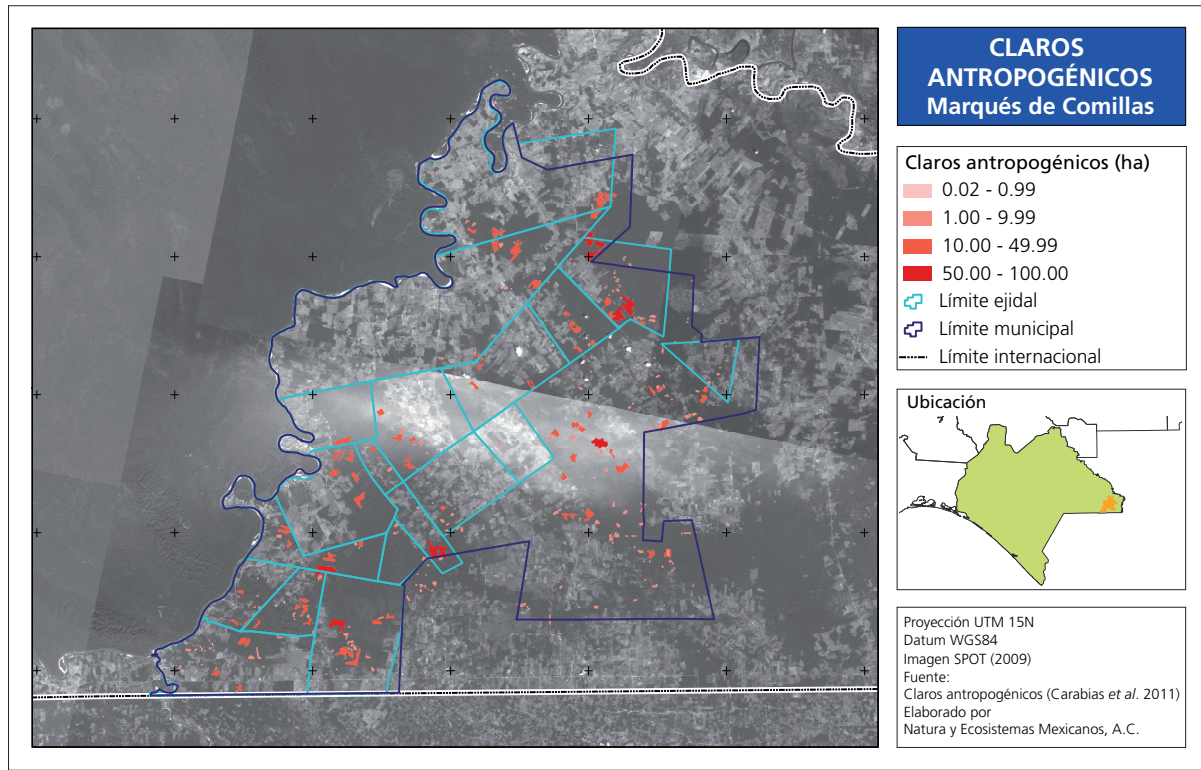


Figura 5.8.3 Distribución de 276 claros antropogénicos identificados en Marqués de Comillas.

pastos e introducción de árboles nativos (650 árboles/ha) (combinación). Se seleccionó un claro antropogénico localizado en el ejido Boca de Chajul, de 40 hectáreas de dimensión. Este claro se encuentra rodeado por un fragmento de selva en buen estado de conservación, de más de 700 hectáreas y que conecta con remantes de vegetación de los ejidos vecinos. La difícil accesibilidad desde el poblado y los altos costos de manejo hicieron que el potrero fuera abandonado en 2010. Una caracterización del sitio en función de la historia de uso, el tipo de suelo y la comunidad vegetal permitió identificar cuatro unidades ambientales, de las cuales se seleccionaron dos que presentaban condiciones contrastantes entre sí: un lomerío y una zona inundable. En cada una de ellas se establecieron 15 parcelas de 15 × 15 metros (225 m²) a las que se asignó de manera aleatoria una de las tres técnicas descritas, de modo que en cada unidad hubiera cinco réplicas.

Al inicio del proyecto se describió la composición florística; se registraron 20 especies en el lomerío y 27 en la zona inundable, que pertenecen a 18 y 20 familias, respectivamente (Aguilar-Fernández 2013). Al evaluar la estructura de la vegetación se registró una densidad de 1 496 árboles por hectárea en el lomerío y de 394 en la zona inundable. Las especies con mayor densidad y frecuencia fueron distintas en cada unidad ambiental. Las especies más representativas en el lomerío fueron *Vernonanthura patens*, *Bellucia grossularioides*, *Eugenia* sp., *Cupania dentata* y *Vismia* sp. Las especies más representativas de la zona inundable fueron *Xylopia frutescens*, *Casearia* sp., *Vernonanthura patens*, *Vismia* sp. y *Zuelania guidonia*. Se trata de árboles y arbustos de vegetación secundaria, comunes en zonas perturbadas, como potreros abandonados y orillas de carreteras.

El abandono de la actividad ganadera no provocó mayores cambios respecto a la estructura de la vegetación arbórea y arbustiva. Sin embargo, al



FAZ



PM

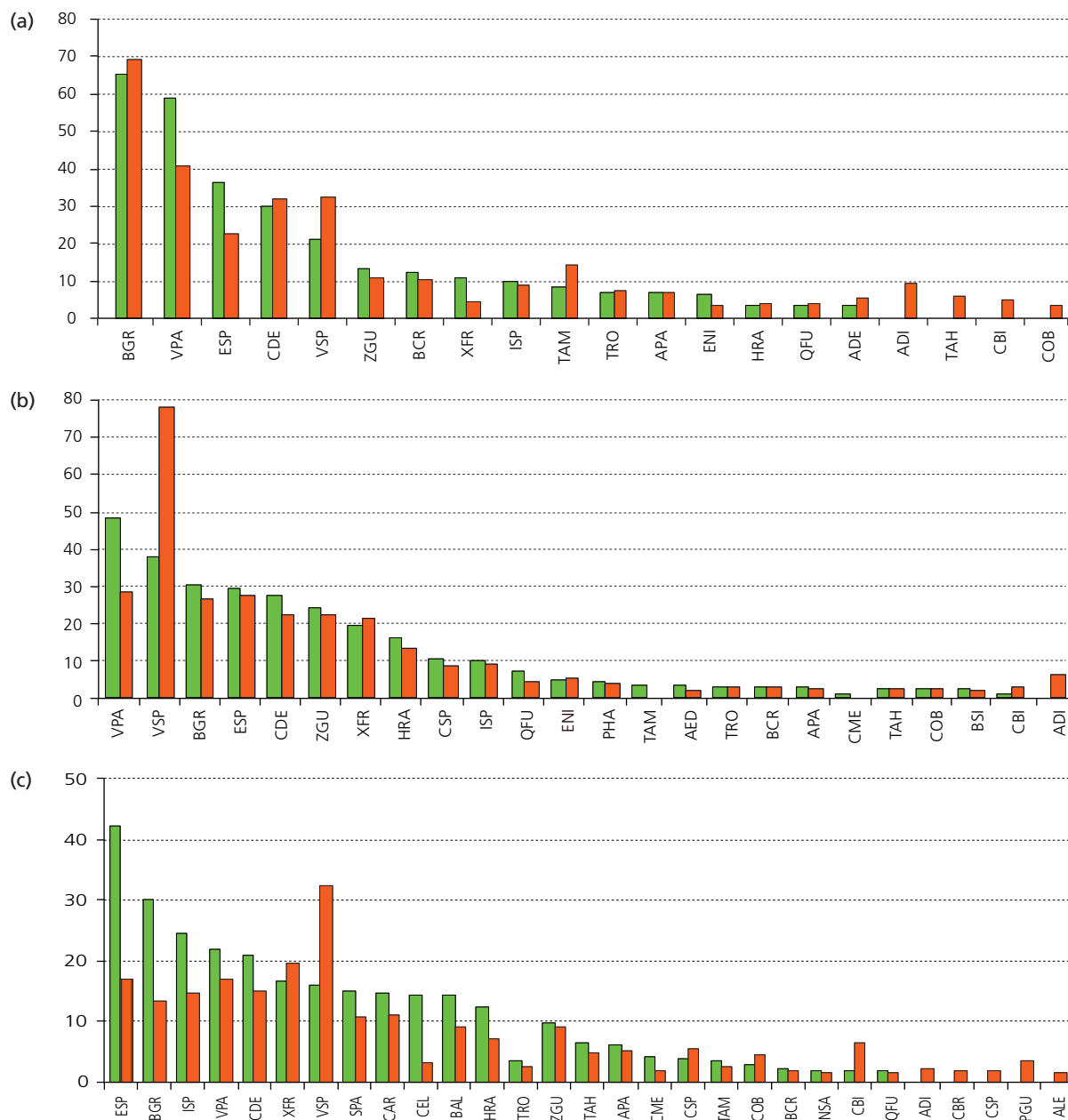


Figura 5.8 Índice de valor de importancia de las especies registradas en el lomerío durante el primer (barras verdes) y segundo (barras naranjas) muestreos. Técnicas: (a) control; (b) remoción de pasto, y (c) remoción de pasto, más introducción de árboles nativos.

BGR: *Bellucia grossularioides*, VPA: *Vernonanthura patens*, ESP: *Eugenia* sp., CDE: *Cupania dentata*, VSP: *Vismia* sp., ZGU: *Zuelania guidonia*, BCR: *Byrsonima crassifolia*, XFR: *Xylopia frutescens*, ISP: *Inga* sp., TAM: *Terminalia amazonia*, TRO: *Tabebuia rosea*, APA: *Acosmium panamense*, HRA: *Hirtella racemosa*, QFU: *Quararibea funebris*, AED: *Alibertia edulis*, ADI: *Acalypha diversifolia*, TAH: *Thevetia ahouai*, CBI: *Cordia bicolor*, COB: *Cecropia obtusifolia*, CSP: *Calyptranthes* sp., PHA: *Pterocarpus hayesii*, CME: *Chrysophyllum mexicanum*, BSI: *Bursera simaruba*, SPA: *Schizolobium parahyba*, CAR: *Cojoba arborea*, CEL: *Castilla elastica*, BAL: *Brosimum alicastrum*, NSA: *Nectandra salicifolia*, CBR: *Calophyllum brasiliense*, CSP: *Casearia* sp., PGU: *Psidium guajava*, ALE: *Albizia leucocalix*, ENI: especie no identificada.

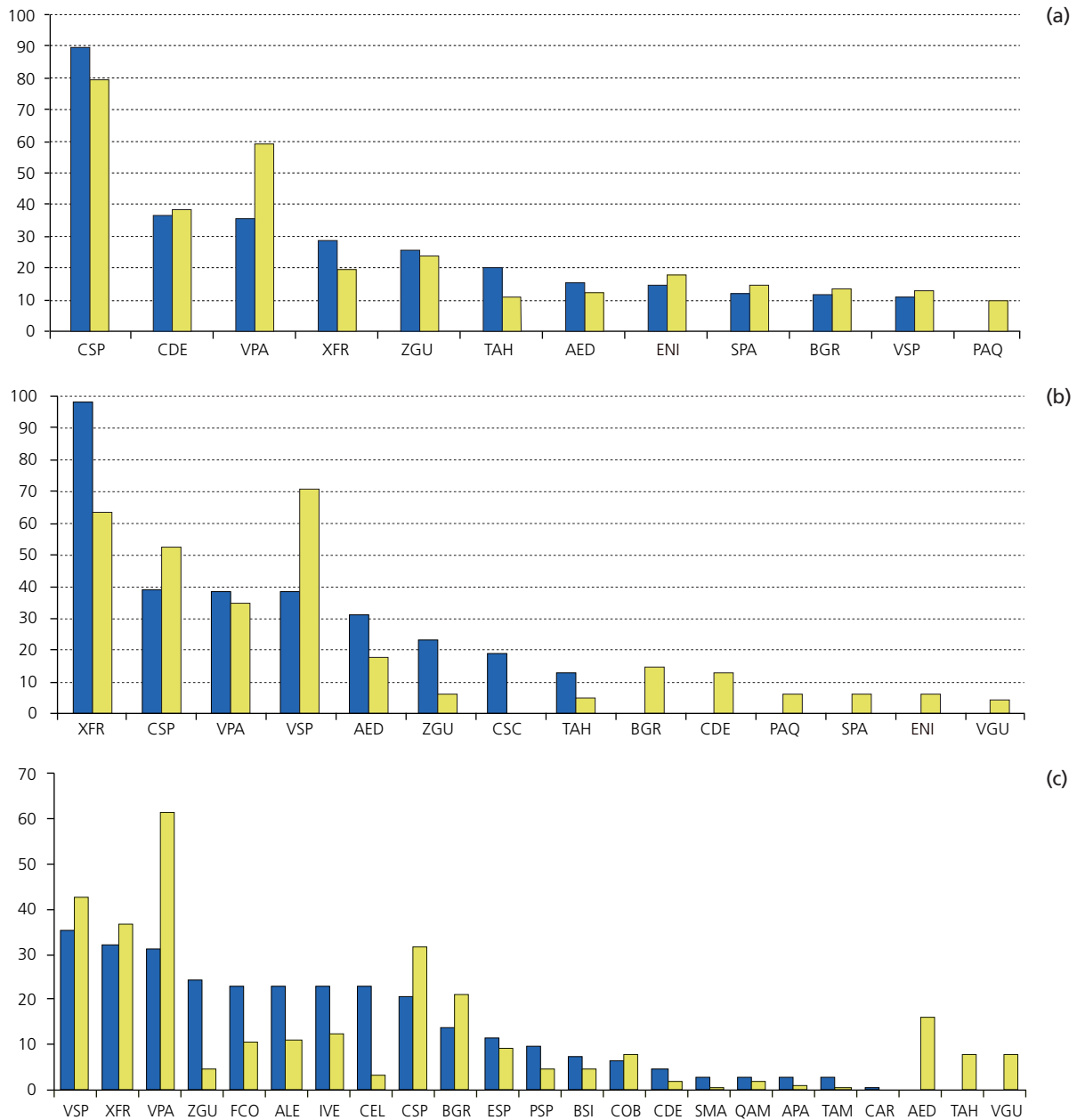


Figura 5.8.5 Índice de valor de importancia de las especies registradas en la zona inundable durante el primer (barras azules) y segundo (barras amarillas) muestreos. Tratamientos: **(a)** control; **(b)** remoción de pasto, y **(c)** remoción de pasto, más introducción de árboles nativos.

CSP: *Casearia* sp., CDE: *Cupania dentata*, VPA: *Vernonanthura patens*, XFR: *Xylopia frutescens*, ZGU: *Zuelania guidonia*, TAH: *Thevetia ahouai*, AED: *Alibertia edulis*, SPA: *Schizolobium parahyba*, BGR: *Bellucia grossularioides*, VSP: *Vismia* sp., PAQ: *Pachira aquatica*, CSC: *Croton schiedeana*, VGU: *Vochysia guatemalensis*, FCO: *Ficus insipida*, ALE: *Albizia leucocalix*, IVE: *Inga vera*, CEL: *Castilla elastica*, ESP: *Eugenia* sp., PSP: *Piper* sp., BSI: *Bursera simaruba*, COB: *Cecropia obtusifolia*, SMA: *Swietenia macrophylla*, QAM: *Quassia amara*, APA: *Acosmium panamense*, TAM: *Terminalia amazonia*, CAR: *Cojoba arborea*, ENI: especie no identificada.

cabo de un año aparecieron cuatro registros nuevos en el lomerío (Fig. 5.8.4a) y un nuevo registro en la zona inundable (Fig. 5.8.5a). También se registraron cambios en la estructura de la comunidad vegetal reflejados en un incremento considerable en el número de individuos, prioritariamente de especies con dispersión anemócora y de rápido crecimiento, muchas de ellas asociadas a vegetación secundaria. Bajo la remoción se registró una nueva especie en el lomerío (Fig. 5.8.4b) y seis especies nuevas en la zona inundable (Fig. 5.8.5b). Asimismo, destacó el aumento de la importancia de *Vismia* sp., dado por un incremento considerable en el número de renuevos. Con las técnicas combinadas también se observaron cambios importantes en la estructura de la comunidad. Hubo cinco registros nuevos en el lomerío (Fig. 5.8.4c) y tres nuevos registros en la zona inundable (Fig. 5.8.5c), que son atribuibles a la sucesión natural. Además, las especies trasplantadas tuvieron un efecto importante en la riqueza de especies del sitio.

A pesar de que los cambios que se observaron bajo las tres técnicas parecen ir en la misma dirección, existe una diferencia sustancial en la magnitud. El aumento en la riqueza específica fue mucho mayor al remover los pastos e introducir árboles nativos (combinación), seguido por la sola remoción de los pastos. Destacó el aumento en la importancia de *Vismia* sp. en todos los tratamientos y unidades. Este cambio estuvo relacionado principalmente con el aumento en la densidad relativa, ya que la remoción de pasto favoreció de manera considerable el establecimiento de renuevos.

Luego de un año se registró un incremento de la cobertura vegetal con las tres técnicas; sin embargo, el único cambio significativo ocurrió bajo la combinación (remoción de pastos e introducción de árboles nativos) (Aguilar-Fernández 2013). El máximo aumento fue observado bajo la combinación (279%), seguida de la remoción (231%) y finalmente el abandono (162%). Este incremento, dado por los árboles introducidos, podría propiciar el establecimiento de renuevos, ya que la sombra producida favorece la disminución del crecimiento

de los pastos y con ello puede permitir la colonización y acelerar el proceso de sucesión. En los trópicos, la tasa de recuperación de áreas agropecuarias abandonadas es muy lenta e incluso parece estar detenida (Román-Dañobeytia 2011). Entre las limitantes que impiden el establecimiento de especies arbóreas nativas destaca la competencia con pastos exóticos (Holl *et al.* 2011).

La supervivencia promedio de los árboles introducidos en el lomerío fue de 61%. Las especies más exitosas fueron *Cojoba arborea* y *Schizolobium parahyba* con 85%, mientras que *Castilla elastica* sólo tuvo 15%. Por otro lado, la supervivencia promedio en la zona inundable fue de 68%. Las especies más exitosas fueron *Inga vera* con 90%, y *Ficus insipida* y *Albizia leucocalix* con 80%. La supervivencia de *C. elastica* fue muy baja, de sólo 25%. En todos los casos la mayor mortandad ocurrió durante los meses de febrero a mayo, lo que corresponde a la época de secas. La supervivencia de *C. elastica* fue muy baja en ambas zonas, por lo que no se recomienda su trasplante en condiciones similares al caso de estudio.

Con los datos recabados podemos concluir que en tiempos cortos no basta con detener la actividad ganadera para que la comunidad vegetal se restablezca por sí sola, por lo que resulta necesaria la intervención humana para favorecer su recuperación. A pesar de que la sola acción de remover los pastos induce cambios en la composición y estructura de la comunidad vegetal, es recomendable reintroducir especies arbóreas para incrementar la riqueza específica de los sitios y acelerar el proceso de sucesión. Las especies de etapas más avanzadas y de dispersión zoócora tienen el potencial de atraer dispersores, que en periodos más prolongados podrán incrementar la diversidad específica y funcional del sitio.

5.8.6 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS E INSTITUCIONALES

En el contexto de la restauración resulta de gran importancia promover un consenso entre las percepciones de los distintos actores sociales involu-

crados sobre el valor ecológico del ecosistema a restaurar, sus necesidades ecológicas y los requisitos mínimos para lograr restaurarlo. Por ejemplo, en los ejidos de Marqués de Comillas la población local reconoce la importancia de la vegetación ribereña para el mantenimiento de sus cultivos y para evitar la erosión de sus tierras (Meli *et al.* 2015c); sin embargo, la zona ribereña federal no ha sido delimitada y existe un desconocimiento de la regulación legal que forma parte del marco normativo relacionado con los ecosistemas ribereños (Ruiz 2011). Actualmente en el marco legal mexicano no existe ningún instrumento que defina explícitamente los ecosistemas ribereños con una perspectiva de ecotono, ni que defina una anchura mínima de la franja de conservación requerida para el mantenimiento de su biodiversidad y sus funciones ecológicas. El uso y aprovechamiento de las riberas y zonas federales de los cuerpos de agua se encuentra regulado por el párrafo quinto del artículo 27 constitucional, varias leyes (p. ej., Ley de Aguas Nacionales y Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable), así como sus disposiciones reglamentarias correspondientes. De estos instrumentos se desprende que 1) la propiedad de las riberas y las zonas federales de las corrientes corresponde a la Nación; 2) que constituyen bienes del dominio público de la Federación; 3) que el uso de los mismos es libre, mientras que su aprovechamiento presupone la obtención de concesión, autorización o permiso, y 4) que son inalienables, imprescriptibles e inembargables y, por lo tanto, no hay forma de que los particulares (privados y sociales) adquieran la propiedad de dichos bienes o que ejerzan cualquier otro tipo de derecho real sobre los mismos (Ruiz 2011). En consecuencia, los ejidos no deberían disponer de estos bienes de "uso común" y su transformación debería ser penalizada.

En algunos ejidos existen acuerdos verbales que plantean la necesidad de conservar las riberas pero en la mayor parte de los casos no existen multas o penalidades para aquellas personas que los incumplan. Esta situación destacó la necesidad de promo-

ver reglamentos escritos que exijan la conservación de la vegetación ribereña y su restauración en casos de degradación, y que establezcan responsabilidades en torno a su uso, pero que al mismo tiempo reflejen los intereses locales en cuanto a las necesidades productivas y de uso del territorio. Después de múltiples procesos de discusión participativos, en varios ejidos del municipio fueron impulsadas, y en algunos casos adoptadas por las asambleas ejidales, algunas reglas básicas para la conservación, uso y restauración de riberas (recuadro 5.8.4).

Otro punto importante de consenso es la selección de especies, en la cual se puede incluir la percepción de las comunidades locales. Dicha inclusión tiene efectos sinérgicos para la participación de otros actores locales. Por ejemplo, bajo un esquema de empleo temporal, algunos ejidos de Marqués de Comillas trabajaron de manera conjunta con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la cual financió el establecimiento 54 módulos de restauración en más de 5 km de ribera (Meli *et al.* 2015a). Aunque no todas las personas involucradas concretaron los acuerdos, el proyecto generó un entorno de trabajo colectivo entre los ejidos, una institución de gobierno y una organización no gubernamental.

Los costos económicos también pueden constituir una limitación importante. El costo de producción de plantas no es muy elevado y ronda los 0.82 pesos por planta (Natura y Ecosistemas Mexicanos 2013). Sin embargo, en las riberas es necesaria la preparación previa del terreno (cercado, tratamiento del suelo y de la vegetación remanente) y su mantenimiento. Una sección de ribera de 100 metros de largo por ocho de ancho, con una densidad de 0.25 plantas/m² costaría 5 298 pesos en un periodo de dos años (Natura y Ecosistemas Mexicanos 2013), lo que equivale a 2.5 veces el salario mínimo mensual (Conasami 2015). Este valor es demasiado alto para ser implementado por un solo productor, por lo que estas actividades podrían ser incluidas en programas gubernamentales de distintos niveles (federales o estatales), orientados a la conservación y manejo de los recursos forestales o acuáticos.

Recuadro 5.8.4 REGLAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LAS RIBERAS Y ZONAS FEDERALES DE LAS CORRIENTES CONTIGUAS A LAS TIERRAS EJIDALES

Elisa Castro, Fiorella Ortiz, Alejandra Rabasa, Roberto de la Maza

Una de las principales causas de la degradación de los ecosistemas naturales en el municipio Marqués de Comillas es la falta de organización para la toma de decisiones, así como la falta de normatividad de temas ambientales en los ejidos y el conocimiento de la misma. En el año 2011 se organizaron reuniones con ocho ejidos del municipio (Boca de Chajul, Playón de la Gloria, El Pirú, Adolfo López Mateos, Galacia, Santa Rita, Flor de Marqués y Quiringüicharo) con el fin de establecer reglamentos que mejoraran el manejo de los recursos naturales de la región. Se discutió la problemática del uso del fuego, la cacería y la conservación y manejo de las riberas, así como los diferentes acuerdos verbales y escritos que cada ejido tenía sobre estos temas. En el caso de las riberas se acordaron los lineamientos básicos para el desarrollo de un reglamento de manejo de las mismas y zonas federales de las corrientes contiguas a las tierras ejidales basados en la normatividad federal:

1. El ejido, por conducto de la autoridad agraria competente, contribuirá a garantizar la conservación y restauración de las riberas y zonas federales de las corrientes contiguas a las tierras ejidales.
Para ello, podrá suscribir convenios de concertación con la autoridad ambiental competente.
2. Es obligación de todos los ejidatarios colaborar en la conservación y restauración de las riberas y zonas federales de las corrientes contiguas a las tierras ejidales.
3. Para efectos de lo dispuesto en la regla anterior, la autoridad agraria competente procurará:
 - a) Delimitar las riberas y zonas federales de las corrientes contiguas a las tierras ejidales, en los términos que disponga la legislación aplicable;
 - b) Evitar el aprovechamiento de recursos naturales en las riberas y zonas federales de las corrientes contiguas a las tierras ejidales, así como la remoción total o parcial de su vegetación forestal;
 - c) Participar, junto con la autoridad ambiental competente, en la restauración de las riberas y zonas federales de las corrientes contiguas a las tierras ejidales;
 - d) Denunciar ante las autoridades competentes todo hecho, acto u omisión que afecte o pudiera afectar los recursos naturales o la vegetación forestal de las riberas y zonas federales de las corrientes contiguas a las tierras ejidales, y
 - e) Destinar porciones de las tierras ejidales contiguas a las riberas y zonas federales de las corrientes a acciones voluntarias de conservación.
4. El ordenamiento comunitario o ejidal que en su caso se expida deberá considerar las riberas y zonas federales de las corrientes contiguas a las tierras ejidales.
5. La autoridad agraria competente velará por que las obras y actividades que se realicen en las tierras ejidales no afecten a las riberas y zonas federales de las corrientes.

Estos lineamientos aún no han sido aprobados por las asambleas de los ejidos. Sin embargo, fueron acordados como una "sugerencia" en todos ellos. Estos talleres resultaron muy útiles para plantear la discusión de problemas ambientales que no habían sido tocados hasta el momento, lo que movilizó otro tipo de acciones. Por ejemplo, en el ejido Playón de la Gloria se establecieron acuerdos escritos en sus actas relacionados principalmente con la cacería. En el caso de las riberas, en algunos ejidos se discutió sobre el ancho necesario a conservar para lograr el mantenimiento del ecosistema ribereño (entre 10 y 50 metros, dependiendo del volumen del curso de agua).

El proceso de organización y consenso para lograr la incorporación de estos lineamientos en los reglamentos internos ejidales es largo y requiere mucho esfuerzo. Estos talleres han promovido una reflexión colectiva de las problemáticas ambientales y sus consecuencias, así como han ayudado a difundir información y conocimiento sobre la normatividad legal.

Los programas de gobierno de restauración en ambientes forestales no incluyen la restauración de riberas de manera específica. Una excepción lo constituyó el Programa Especial para la Conservación, Restauración y Aprovechamiento Sustentable de la Selva Lacandona, en el Estado de Chiapas (PESL),¹ también operado por la Conafor. Los lineamientos de este programa entre los años 2010 y 2014 fueron específicamente adecuados para las necesidades ecológicas de la Selva Lacandona. Distinguió la restauración de riberas y de claros antropogénicos de la reforestación diversificada (aquella que se efectúa en la periferia de los remanentes de vegetación o incluso en áreas aisladas, transformadas en su totalidad).

En el caso de riberas incluía diferentes componentes de apoyo: reforestación con especies nativas o de valor comercial, remoción de la vegetación indeseable, mantenimiento y protección de la reforestación (cercado). De estos, la protección de la reforestación mediante el cercado resulta altamente costosa. Para disminuirlos, el programa podría plantear una estrategia combinada: favorecer el crecimiento de las especies que llegan por sí solas (restauración pasiva) y al mismo tiempo introducir activamente aquellas especies que no tienen esta capacidad (restauración activa) (Meli *et al.* 2013b). Esto debería estar acompañado de estudios sobre los aspectos clave para la propagación y manejo de las especies con el fin de valorar correctamente los costos económicos que implica la producción de planta, y por ende la relación costo-beneficio de utilizar determinadas especies.

En el caso de los claros antropogénicos se brindaron apoyos específicos incluyendo el denominado "costo de oportunidad", un estímulo económico para que los dueños de la tierra opten por restaurar sus parcelas, además, del apoyo para remoción de vegetación indeseable, reforestación con especies pioneras y de valor comercial, y mantenimiento de la reforestación.

¹ En 2014 el instrumento cambió su nombre a Programa Especial de Áreas de Acción Temprana REDD+Selva Lacandona, Chiapas.

En 2011 el apoyo otorgado fue de 6676 pesos por hectárea. La restauración activa tiene un costo aproximado de 16600 pesos por hectárea si se implementa una técnica combinada en la que la remoción manual de los pastos se realiza en la totalidad del terreno (Aguilar-Fernández 2013). Una alternativa para reducir estos costos fue la apertura y mantenimiento de carriles (2200 pesos/ha), en los cuales los árboles reintroducidos se colocan en línea recta y el mantenimiento se realiza únicamente alrededor de cada árbol (recuadro 5.8.5). Este diseño, aunque no favorece la regeneración natural como lo haría la intervención total del terreno, es una solución práctica a una importante limitante económica.

Cabe resaltar que para el resto del país, las Reglas de Operación Nacionales de Conafor otorgan un apoyo de sólo 1155 pesos por hectárea en cualquier área y sin especificar las acciones de apoyo, por lo que su implementación en la restauración de ecosistemas tropicales no es recomendable.

La ganadería que se practica en los claros antropogénicos de Marqués de Comillas es una actividad deficitaria en términos económicos; la relación costo-beneficio es de 0.74 a 0.95 (Obregón 2007; Aguilar-Fernández 2013; Castro 2013). Sin embargo, es importante considerar que es uno de los pocos mecanismos que garantiza el acceso al mercado y la adquisición de recursos monetarios. Una parte de la actividad ganadera está dada por los jornales de trabajo invertidos en el establecimiento y mantenimiento de los potreros, en muchos casos cubiertos por la unidad familiar. Si se toman en cuenta los jornales de autoempleo en el balance económico, la ganancia neta de la ganadería extensiva es de aproximadamente 363 pesos por hectárea al año (Aguilar-Fernández 2013). En este contexto, la restauración de los claros, al requerir el abandono de los potreros para su reconversión, implica la necesidad de programas gubernamentales que contengan incentivos económicos lo suficientemente atractivos como para promover la restauración de los claros antropogénicos; por tanto el costo de oportunidad debería, al menos, igualar la ganancia obtenida por la actividad ganadera. El PESL otorga un apoyo equi-

Recuadro 5.8.5 RESTAURACIÓN DE CLAROS ANTROPOGÉNICOS CON SUSTENTO CIENTÍFICO**Renata Cao de la Fuente, Rocío Aguilar-Fernández**

Con la finalidad de frenar el proceso de deterioro de la vegetación y revertir la tendencia del cambio de uso de suelo forestal y la consecuente pérdida de vegetación debido a la implementación de algunas actividades económicas en la región de la Selva Lacandona, la Comisión Nacional Forestal estableció en 2010 el “Programa Especial para la Conservación, Restauración y Aprovechamiento Sustentable de la Selva Lacandona (PESEL)” (Conafor 2010).

Este programa contiene un componente de restauración que busca recuperar los predios abiertos a actividades agropecuarias antes de 2008 y que se encuentran rodeados de selva que pueda favorecer los procesos de sucesión natural. Apoya diferentes acciones para el proceso de restauración como son la remoción de la vegetación indeseable, la compra y establecimiento de las plantas de especies arbóreas, el mantenimiento y protección de la reforestación y un incentivo económico como costo de oportunidad. Por su parte, los beneficiados se comprometen a no deforestar más selva dentro de sus predios, a protegerlos y vigilarlos durante los cinco años de duración del convenio.

Natura y Ecosistemas Mexicanos asesoró la primera experiencia de restauración de claros antropogénicos con el apoyo del PESEL en dos parcelas del ejido Boca de Chajul, que en conjunto constituyen un claro antropogénico de 40 ha. La metodología para la restauración se basó en los resultados de la investigación científica descrita en este capítulo. Gracias a la información derivada del estudio se realizó una planeación viable económica y ecológicamente adecuada para las condiciones del sitio. Se seleccionaron las especies a introducir en la parcela, se estimó la cantidad de plantas que fue adquirida en el vivero comunitario y se adecuó una técnica de restauración para ajustarse a los recursos económicos asignados por el PESEL, sin detrimento del logro del objetivo. La planeación de la restauración se hizo en conjunto con el dueño del predio tomando en cuenta su conocimiento empírico, parte fundamental tanto en el diseño y selección de especies como en la implementación del proceso.

Una limitante para el diseño del componente de remoción de la vegetación indeseable y la introducción de especies arbóreas nativas fue el alto costo económico que estas actividades generan, especialmente en los jornales de los trabajadores. Los mayores costos son imputables a la remoción de los pastos exóticos (Aguilar-Fernández 2013), por lo que fue conveniente adecuar la metodología para ajustarla a los montos asignados al PESEL. Para lograr la densidad de plantas por hectárea establecida por la Conafor se hizo el deshierbe del predio en hileras de un metro, separadas seis metros entre sí. Se introdujo una plántula de alguna de las 14 especies seleccionadas cada dos metros sobre una línea (véase el texto principal), con excepción de los sitios que ya contaran con una especie arbórea de interés establecida previamente de manera natural. Además, en un sitio de lomerío con suelo muy degradado se colocaron huacales con tierra en donde se sembraron algunas especies más resistentes a condiciones limitantes. Participaron 27 trabajadores durante ocho días para concluir las labores. Una vez establecida la reforestación fue necesario realizar el primer trabajo de deshierbe y mantenimiento de la reforestación dos meses después, debido a las intensas lluvias que estimulan el rápido crecimiento de los pastos y malezas.

Se ha dado seguimiento a esta reforestación por cuatro años. La sobrevivencia de los árboles introducidos ha sido mayor de 70%, lo que ha permitido que la Conafor continúe proporcionando el apoyo para el mantenimiento de la reforestación y el costo de oportunidad, según se establece en las reglas de operación. La alta sobrevivencia indica que los trabajos se realizaron correctamente: se seleccionaron especies adecuadas para el sitio, las plantas tenían un tamaño y calidad buenos al salir del vivero, el trasplante se hizo con cuidado y las limpiezas de mantenimiento se realizaron oportuna y adecuadamente, disminuyendo así la competencia con los pastos. Las plantas introducidas han crecido de manera diferencial, dependiendo de la especie y del sitio en el que fueron colocadas y se observa una clara diferencia en cuanto a la cobertura arbórea y las condiciones microclimáticas antes de la intervención. Además, se ha hecho un seguimiento de la fauna presente en el fragmento y en las parcelas en restauración. Mediante observaciones indirectas se han detectado rastros de tapires (*Tapirus bairdii*), armadillos (*Dasypus novemcinctus*) y pecaríes (*Tayasu pecari*), lo que sugiere que la fauna local comienza a usar la parcela como un lugar de tránsito.

Esta experiencia ha demostrado que los lineamientos del PESEL pueden ponerse en práctica de manera exitosa, por lo que su continuidad y constante revisión son muy importantes para consolidar los esfuerzos de conservación y restauración de los ecosistemas naturales en Marqués de Comillas y en toda la región de la Selva Lacandona en general, siempre y cuando la planificación se realice *in situ* considerando las condiciones y los contextos locales.

valente a 1 500 pesos por hectárea al año durante los cinco años que dura el programa, mientras que las Reglas de Operación Nacionales asignan un pago único de 674 pesos por hectárea en el primer año. El costo de oportunidad que otorga el PESL es un incentivo que resulta atractivo para los dueños de la tierra, y en este sentido es adecuado para estimular la restauración de los claros antropogénicos.

5.8.7 REFLEXIONES FINALES

El éxito de la restauración depende de la viabilidad para implementar cada una de las técnicas seleccionadas para los distintos casos de degradación, así como de la eficiencia para revertir los procesos de deterioro y ayudar al sistema a recuperar sus funciones básicas.

Enfocar los esfuerzos hacia los arroyos y sus riberas ha favorecido la incorporación de la temática ambiental en las poblaciones locales. El trabajo permanente con los dueños de la tierra ha facilitado la generación de confianza entre las poblaciones locales, además de que ha promovido un mayor involucramiento y compromiso de su parte. Sin embargo, aún es necesario lograr acuerdos escritos con el fin de establecer reglas formales sobre el uso y manejo de las riberas en los casos donde éstas aún no existen, y fortalecer su implementación donde ya han sido adoptadas.

Actualmente existe conocimiento para manejar las limitaciones para recuperar la vegetación natural en riberas y claros a escala local. Aún resulta necesaria la consolidación en un contexto del paisaje. Esto permitiría optimizar la utilización de recursos y enfocar los esfuerzos, y al mismo tiempo incorporar a la población local tanto en la planeación como en la implementación de dichas experiencias. Las técnicas de restauración deberían ser adaptadas y orientadas a las necesidades ecológicas dentro de este contexto, en el cual existiría un “gradiente” de prioridades de uso, de restauración y de conservación para los distintos componentes de este paisaje. En los sitios estratégicos, como las riberas y los claros

antropogénicos, la restauración debe enfocarse a restablecer aquellos procesos ecológicos críticos para la recuperación y el mantenimiento de los ecosistemas naturales. Resultan indispensables también acciones para recuperar los ciclos de nutrientes, las interacciones biológicas, y los flujos de energía y materia, entre otros. La restauración de estos sitios debe abordarse con una visión de conservación a largo plazo, y por ende sus costos de implementación y de oportunidad suelen ser los más altos. En otros casos, la restauración puede combinarse en una visión funcional-productiva, en la cual distintos tipos de uso de suelo pueden confluir dentro de un mismo territorio (Bullock *et al.* 2011). Esto puede lograrse al incluir prácticas agrícolas basadas en la conservación de la biodiversidad, como por ejemplo la agricultura familiar o la orgánica, y la conversión de los sistemas agropecuarios en sistemas agrosilvo-pastoriles, en los que se restauran o crean elementos que benefician el mantenimiento de la biodiversidad o algún servicio en particular sin detrimento de la producción (Rey-Benayas y Bullock 2012).

También resulta necesaria la evaluación del proceso de recuperación de los ecosistemas. El monitoreo del éxito de la restauración es una etapa clave que debe ser realizada a largo plazo. Los resultados de este proyecto resultan prometedores; sin embargo, los sitios restaurados no deben recuperar únicamente su estructura, sino también su funcionamiento para persistir en el tiempo. El monitoreo de estos procesos, así como de otros indicadores de los efectos que las especies introducidas tienen en el ecosistema deberá ser el siguiente paso a evaluar.

La capacitación y la discusión con las comunidades locales es parte indispensable del proceso de restauración porque permite el acercamiento, la difusión de la información y el apropiamiento por parte de los actores locales.

Sobre los ecosistemas ribereños

En Marqués de Comillas el restablecimiento de la vegetación puede ser una herramienta exitosa para iniciar la restauración de los ecosistemas ribereños

Cuadro 5.8.1 Recomendaciones para el mantenimiento y recuperación de ecosistemas ribereños

<i>Recomendaciones generales para gestión</i>	<i>Recomendaciones generales</i>	<i>Líneas estratégicas</i>	<i>Recomendaciones específicas</i>
	<p>Incorporar la definición de vegetación ribereña en las leyes federales o nacionales (en particular en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable).</p> <p>Incluir a las riberas como ecosistemas específicos en los programas de conservación, manejo y restauración, tanto gubernamentales como privados.</p> <p>Incluir a las riberas como ecosistemas específicos en los instrumentos de gestión ambiental o de manejo de recursos (p.ej., ordenamiento territorial, sistemas agrosilvopastoriles, corredores biológicos).</p> <p>Promover el manejo de cuencas y el manejo integrado del recurso hídrico a escala local y regional.</p> <p>Establecer corredores biológicos ribereños en el marco de programas institucionales.</p> <p>Promover la cooperación institucional.</p> <p>Evaluar las percepciones sociales de los distintos actores para buscar consensos.</p> <p>Monitorear los procesos funcionales en el ecosistema.</p> <p>Promover la educación ambiental y la participación social.</p>	<i>Conservación</i>	<p>Deslindar los ecosistemas ribereños como zonas federales o de interés público.</p> <p>Revisar el ancho mínimo necesario para mantener las funciones de los ecosistemas ribereños y del cuerpo acuático asociado.</p> <p>Conservar áreas de captación de microcuencas.</p> <p>Implementar incentivos para la conservación de riberas en el marco del manejo sustentable de los recursos naturales.</p> <p>Revisar la normativa legal relacionada con el manejo y uso de los ecosistemas ribereños.</p> <p>Difundir la legislación ambiental.</p>
		<i>Manejo</i>	<p>Identificar ecosistemas de referencia y especies potencialmente útiles.</p> <p>Revegetar franjas de amortiguamiento, constituidas por especies útiles en riberas conservadas o de bajo uso.</p> <p>Promover reglamentos de conservación, manejo y restauración de riberas a escalas locales, micro-regionales o de cuencas.</p> <p>Promover el manejo sustentable y productivo de los ecosistemas acuáticos asociados a las riberas.</p> <p>Asociar a las riberas las distintas prácticas de conservación de suelos.</p> <p>Incluir las riberas como un componente específico de los sistemas productivos (en México, particularmente los sistemas agrosilvopastoriles).</p> <p>Restauración</p>
		<i>Restauración</i>	<p>Recuperar suelos y realizar obras de conservación en caso de erosión física grave.</p> <p>Introducir vegetación herbácea con crecimiento subterráneo en áreas con procesos avanzados de erosión del suelo.</p> <p>Introducir árboles nativos en áreas abiertas (revegetación).</p> <p>Enriquecer con especies nativas las riberas con regeneración secundaria.</p> <p>Controlar el uso de agroquímicos y la descarga de residuos tóxicos a los cuerpos de agua.</p>

(Meli *et al.* 2015b). Es recomendable introducir árboles nativos de rápido crecimiento en el caso de áreas ribereñas muy degradadas, así como especies tolerantes a la sombra en el caso de riberas con regeneración secundaria avanzada, con el propósito de aumentar la diversidad. La remoción de pastos parece una actividad necesaria para mejorar el establecimiento de algunas especies, pero ésta debería implementarse sólo en aquellos momentos del año de mayor crecimiento, y no durante la época seca, cuando las plantas quedan expuestas a la falta de agua. En el caso de riberas con mucha erosión son necesarias acciones como la realización de obras de conservación de suelos y la introducción de una vegetación adecuada que promueva la estabilización de la margen.

En cuanto a los aspectos sociales, debido a las características ecológicas particulares de los ecosistemas ribereños resulta crucial su incorporación como componentes específicos del paisaje en los programas e instrumentos de gestión, así como en los marcos normativos que regulan su conservación, uso y restauración. Los ordenamientos territoriales, los programas de conservación y las estrategias de restauración deberían considerar las riberas como un elemento clave de la dinámica del paisaje. Estos instrumentos podrían implementarse en un marco de cooperación interinstitucional e intersectorial desde la perspectiva del manejo integrado de cuencas, de una manera consensuada y equitativa sobre una base de análisis ecológico y social.

Las acciones para lograr el mantenimiento y recuperación de los ecosistemas ribereños deberían llevarse a cabo en el contexto de una política transversal de gestión desde diversos sectores, orientada hacia tres líneas estratégicas: conservación, manejo o aprovechamiento sustentable y restauración ecológica (cuadro 5.8.1).

Las medidas de política pública podrían considerar dos condiciones particulares y complementarias: aquellas dirigidas a una franja de dominio público que debería ser conservada, y aquellas relacionadas con una franja de amortiguamiento. En esta última se podrían introducir especies ecológi-

camente adecuadas mezcladas con otras útiles que signifiquen un beneficio económico para los dueños de la tierra. De esta manera pueden ser incorporadas en las iniciativas agrosilvopastoriles y en los planes de manejo de los ecosistemas acuáticos, ya que son sistemas interdependientes. Muchas iniciativas de uso sustentable de recursos hídricos o piscícolas ignoran la necesidad de las riberas como sistemas indispensables para la provisión de estos mismos recursos. Sin embargo, el deslinde de riberas en ríos con una dinámica hidrológica como el Lacantún resulta un gran desafío, considerando que el cauce del río cambia de lugar con las repetidas crecientes, aun cuando el tiempo en el que esto ocurre supera las escalas temporales en las que operan los instrumentos de gestión. Este es un problema aún no resuelto, pero esto no invalida la necesidad de que sea abordado y discutido.

Por último, es necesario evaluar la relación costo-beneficio de distintas técnicas para tomar decisiones adecuadas, planear acciones a escala del paisaje y resolver cuestiones socio-políticas. El PESL ha resultado una experiencia innovadora y constituye una línea base en la preocupación de las instituciones y las comunidades locales por la restauración de riberas. El monitoreo de sus impactos permitirá el desarrollo de los ajustes necesarios para mejorar sus resultados y beneficios, tanto ecológicos como sociales. La incorporación de la visión de la problemática local (limitaciones para la recuperación de la vegetación), pero dentro de un contexto del paisaje (conectividad), permitiría la definición de prioridades de restauración con criterios ecológicos y sociales, optimizar la utilización de recursos y enfocar los esfuerzos de manera más eficiente, y al mismo tiempo incorporar a la población local tanto en la planeación como en la implementación de estas experiencias.

Sobre los claros antropogénicos

Los claros antropogénicos representan una seria amenaza para la conectividad y la integridad de la selva remanente, por lo que es imprescindible su res-

tauración. La recuperación de estos espacios debe hacerse con fines de conservación, de modo que se integren con el resto de los elementos del paisaje.

El abandono de la actividad ganadera no es suficiente para lograr la recuperación en tiempos cortos, por lo que resulta imprescindible intervenir con acciones de restauración (Aguilar-Fernández 2013). La introducción de árboles nativos incrementa la riqueza específica, mejora la calidad de suelo, acelera el proceso de sucesión y recupera algunas funciones ecosistémicas. Hasta ahora, los datos sugieren que una estrategia de restauración debería incluir de manera combinada la eliminación de pastos exóticos, el trasplante de especies arbóreas y deshierbes periódicos de mantenimiento que aseguren el establecimiento de la vegetación reintroducida.

La restauración de los claros es una actividad altamente costosa, sobre todo en los primeros años. Sin embargo, los beneficios en el largo plazo son locales y regionales, e incluso globales en términos del cambio climático. Es conveniente buscar alternativas tecnológicas que reduzcan los costos de la eliminación de la competencia por pastos y otras herbáceas, lo cual redundará positivamente en la factibilidad de los proyectos de restauración. El costo debe ser asumido por los programas gubernamentales; sin este subsidio, los dueños de la tierra difícilmente optarán por invertir sus recursos en la recuperación de estos espacios. Hasta el momento, el PESL ha resultado un instrumento útil (recuadro 5.8.5), por lo que su permanencia y continua revisión es altamente recomendable. La planeación adaptativa permitirá hacer los ajustes necesarios para su operación, dependiendo de los cambios que ocurran en términos económicos y sociales, y de los avances en el conocimiento técnico.

5.8.8 CONCLUSIONES

La restauración requiere una planeación multidimensional, que contemple el espacio ambiental, social y económico. Una estrategia regional de res-

tauración debería contemplar una visión integral, diseñada a partir de un marco conceptual que incluyera aspectos ecológicos, socioeconómicos e institucionales. Para lograr la restauración ecológica en Marqués de Comillas resulta importante fomentar la adopción de reglamentos o acuerdos escritos en los que las comunidades establezcan normativas de uso sustentable de manera consensuada. En estos reglamentos deben incorporarse las normativas regionales o nacionales adaptadas a las condiciones locales, de tal manera que se favorezca la regulación del uso y transformación de los ecosistemas naturales. No obstante, más allá de las estrategias y técnicas de restauración concretas implementadas, siempre será imprescindible eliminar los factores que provocan la degradación de éstos.

Uno de los grandes retos a los que se enfrentan los programas de restauración es asegurar el éxito en el largo plazo (Le *et al.* 2012). Los pagos de costos de oportunidad pueden favorecer la conservación de aquellos sitios que resultan estratégicos para el correcto funcionamiento de los ecosistemas naturales; la restauración en estos casos suele ser más costosa, pero los beneficios ecológicos son mayores y se evita el avance del deterioro. Otro tipo de acciones y proyectos pueden implementarse para restaurar aquellos sitios donde ya existe cierto uso o actividades productivas, dentro de un marco de sustentabilidad (capítulo 5.6). En estos sitios resulta importante encontrar mecanismos para que los pobladores locales puedan recibir un beneficio derivado del uso alternativo de la tierra; de otra manera, es muy probable que las áreas restauradas vuelvan a ser incorporadas a la producción. El ordenamiento del territorio es una herramienta que puede ayudar en la protección de la restauración en estos sitios.

El PESL ha resultado un instrumento de gestión interesante y útil para la restauración ecológica en Marqués de Comillas. En los incipientes cuatro años que ha operado ha arrojado buenos resultados: el costo de oportunidad resultó ser un buen incentivo para promover la recuperación de espa-

cios críticos y las técnicas de intervención han podido adaptarse para hacer intervenciones ecológicamente adecuadas y económicamente viables. Lamentablemente, el PESL publicado en 2015 no incluyó la restauración ecológica en ninguno de los componentes anteriores (ni riberas, ni claros antropogénicos), sino que sólo otorga apoyos para la reforestación con especies pioneras y de valor comercial en zonas compactas, sin contar con el costo de oportunidad. Este cambio en los lineamientos constituye un retroceso ya que carece de una visión integral del paisaje, no considera las necesidades especiales de la Selva Lacandona y no contempla la restauración en el contexto de la conservación de los ecosistemas naturales.

Aún no existe en Marqués de Comillas una planeación integral, multidisciplinaria, intersectorial y de largo plazo que incorpore la recuperación de la composición, estructura y funcionamiento de ecosistemas, de especies amenazadas o en peligro de extinción. A pesar de los avances, resulta necesario fortalecer las capacidades nacionales para la restauración, para convertir este tema en una prioridad en la agenda nacional y ampliar su visión y ámbito de acción (Cervantes *et al.* 2008).

REFERENCIAS

- Aguilar-Fernández, R., 2013. Análisis de los componentes socioambientales para la restauración de claros antropogénicos en la selva tropical húmeda, Marqués de Comillas, Chiapas. Tesis de maestría, UNAM.
- Beck J., Fiedler K., 2008. Adult life spans of butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea): BROADSCALE contingencies with adult and larval traits in multi-species comparisons. *Biological Journal of the Linnean Society* 96: 166-184.
- Benítez-Malvido, J., A.P. Martínez-Falcón, W. Datillo y E. Del Val, 2014. Diversity and network structure of invertebrate communities associated to *Heliconia* species in natural and human disturbed tropical rain forest. *Global Ecology and Conservation* 2: 107-117.
- Bogaert, J., R. Ceulemans y D. Salvador-Van, 2004. Decision tree algorithm for detection of spatial processes in landscape transformation. *Environmental Management* 33: 62-73.
- Blakesley, D., S. Elliott, C. Kuarak, P. Navakitbumrung, V. Zangkum y V. Anusarnsunthorn, 2002a. Propagating framework tree species to restore seasonal dry tropical forest: Implications of seasonal seed dispersal and dormancy. *Forest Ecology and Management* 164: 31-38.
- Blakesley, D., K. Hardwick y S. Elliott, 2002b. Research needs for restoring tropical forests in Southeast Asia for wildlife conservation: Framework species selection and seed propagation. *New Forest* 24: 165-174.
- Bradshaw, A.D., 1987. Restoration: The acid test for ecology, en W.R. Jordan, M.E. Gilpin y J.D. Aber (eds.), *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 23-29.
- Bullock, J.M., J. Aronson, A.C. Newton, R.F. Pywell y J.M. Rey-Benayas, 2011. Restoration of ecosystem services and biodiversity: Conflicts and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 26: 541-549.
- Carabias, J., G. Hernández y P. Meli, 2009. Análisis comparativo de la deforestación de los ejidos de Marqués de Comillas y determinación de corredores biológicos que conecten los fragmentos de la selva de los ejidos con la Reserva de la Biosfera Montes Azules. Informe técnico. México, INE-UNAM.
- Carabias, J., P. Meli, G. Hernández y E. Provencio, 2010. Evaluación de áreas prioritarias con mayor biodiversidad y potencial de almacenamiento y captura de carbono, mediante la reconversión productiva en Marqués de Comillas, Chiapas, y la disminución de la deforestación a nivel local. Informe técnico. México, INE-UNAM.
- Castro, E., 2013. Coordinación de la elaboración del Ordenamiento Comunitario del Territorio en seis ejidos del Municipio Marqués de Comillas, Chiapas. Reporte de Trabajo Profesional. México, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Cervantes, V., J. Carabias y V. Arriaga, 2008. Evolución de las políticas públicas de restauración ambiental, en *Capital natural de México*, vol. III: *Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad*. México, Conabio, pp. 155-226.
- Conafor, 2010. Programa Especial para la Conservación, Restauración y Aprovechamiento Sustentable de la Selva

- Lacandona [online]. Zapopan, Jalisco. Disponible en <www.conafor.gob.mx/portall/index.php/tramites-y-servicios/apoyos/convocatoria-programa-especial-para-la-conservacion-restauracion-y-aprovechamiento-sus-tentable-de-la-selva-lacandona>, acceso el 12 de mayo de 2015.
- Comisión Nacional de Salarios Mínimos, 2013. Nuevos salarios mínimos por área geográfica 2013. Disponible en <www.conasami.gob.mx/Invos_sal_2013.html>, consultado el 21 de diciembre de 2014.
- De la Maza, J., y J. Carabias (eds.), 2011. *Usumacinta. Bases para una política de sustentabilidad ambiental*. México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua–Natura y Ecosistemas Mexicanos, A.C.
- Elliott, S., P. Navakitbumrungra, C. Kuaraka, S. Zangkuma, V. Anusarnsunthorna, D. Blakesley, 2003. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. *Forest Ecology and Management* 184: 177-181.
- Estreguil, C., y C. Mouton, 2009. Measuring and reporting on forest landscape pattern, fragmentation and connectivity in Europe: Methods and indicators. JRC Scientific and Technical Reports. European Commission, Joint Research Centre–Institute for Environment and Sustainability, Roma.
- García-Orth, X., y M. Martínez Ramos, 2008. Seed dynamics of early and late successional tree species in tropical abandoned pastures: Seed burial as a way of evading predation. *Restoration Ecology* 16: 435-443.
- Gardali, T., A.L. Holmes, S.L. Small, N. Nur, G.R. Geupel y G.H. Golet, 2006. Abundance patterns of landbirds in restored and remnant riparian forests on the Sacramento River, California, USA. *Restoration Ecology* 14: 391-403.
- Holl, K., R. Zahawi, R. Cole, R. Ostertag y S. Cordell, 2011. Planting seedlings in tree islands versus plantations as a large-scale tropical forest restoration strategy. *Restoration Ecology* 19: 470-479.
- INE, 2000. Programa de manejo: Reserva de la Biosfera Montes Azules, México. INE, Semarnap.
- Knowles, O.H., y J.A. Parrotta, 1995. Amazonian forest restoration: An innovative system for native species selection based on phenological data and field performance. *Commonwealth Forestry Review* 74: 230-243.
- Le, H., C. Smith, J. Herbohn y S. Harrison, 2012. More than just trees: Assessing reforestation success in tropical developing countries. *Journal of Rural Studies* 28: 5-19.
- Meli P., y V. Carrasco-Carballido, 2011. Restauración ecológica de riberas: manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona. Serie Diálogos/Número 5, México, Conabio.
- Meli, P., J.M. Rey-Benayas, J. Carabias, L. Ruiz y M. Martínez-Ramos, 2013a. Restauración de los servicios ecosistémicos ribereños: meta-análisis global y un estudio de caso en Chiapas, México, en A. Lara, P. Laterra, R. Manson y G. Barrantes, G. (eds.). *Servicios ecosistémicos hídricos en América Latina y el Caribe*. Valdivia (Chile), Red Pro-Agua-CYTED, pp. 39-58.
- Meli, P., M. Martínez-Ramos y J.M. Rey-Benayas, 2013b. Selecting species for passive and active riparian restoration in Southern Mexico. *Restoration Ecology* 21: 163-165.
- Meli, P., M. Martínez-Ramos, J.M. Rey-Benayas y J. Carabias, 2014. Combining ecological, social, and technical criteria to select species for forest restoration. *Applied Vegetation Science* 17: 744-753.
- Meli P., G. Hernández, E. Castro, y J. Carabias, 2015a. Vinculando paisaje y parcela: un enfoque multi-escala para la restauración ecológica en áreas rurales. *Investigación Ambiental* 7: 43-53.
- Meli, P., J.M. Rey-Benayas, M. Martínez-Ramos y J. Carabias, 2015b. Effects of grass clearing and soil tilling on establishment of planted tree seedlings in tropical riparian pastures. *New Forest* doi:10.1007/s11056-015-9479-3.
- Meli, P., R. Landa, X. López-Medellín y J. Carabias, 2015c. Social perceptions of rainforest and climatic change from rural communities in Southern Mexico. *Ecosystems* (en prensa).
- Meli, P., R. Aguilar-Fernández, R. Cao y C. Méndez, *Manual de propagación de especies útiles para la restauración en la Selva Lacandona*. México, Natura y Ecosistemas Mexicanos, A.C. (en preparación).
- Midoko-Iponga, D., C.B. Krug y S.J. Milton, 2005. Competition and herbivory influence growth and survival of shrubs on old fields: Implications for restoration of renosterveld shrubland. *Journal of Vegetation Science* 16: 685-692.
- Naiman R.J., H. Décamps y M.E. McClain, 2005. *Riparia: Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities*. Londres, Elsevier–Academic Press.

- Natura y Ecosistemas Mexicanos, 2013. Restauración ambiental en la región de Marqués de Comillas para favorecer la conservación de la selva y aumentar la conectividad del paisaje. Informe anual a Pemex.
- Obregón, R., 2007. Elaboración de proyectos para el fortalecimiento de la agricultura sustentable en los corredores de Chiapas. México, Informe técnico, Corredor Biológico Mesoamericano.
- Organización de las Naciones Unidas, 2005. *Evaluación de los ecosistemas del milenio*. Disponible en <www.millenniumassessment.org>, consultado el 21 de mayo de 2015.
- Parsons, M.H., B.B. Lamont, J.M. Koch y K. Dods, 2007. Disentangling competition, herbivory, and seasonal effects on young plants in newly restored communities. *Restoration Ecology* 15: 250-262.
- Ramírez-Martínez, C., 2010. Efectos de la desaparición de la selva sobre ambientes acuáticos, en S. Chediack (comp.), *Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué?* Serie Diálogos/Número 3, Colección Corredor Biológico Mesoamericano. México, Conabio.
- Rey-Benayas, J.M., y J. M. Bullock, 2012. Restoration of biodiversity and ecosystem services on agricultural land. *Ecosystems* 15: 883-889.
- Richardson, D.M., P.M. Holmes, K.J. Esler, S.M. Galatowitsch, J.C. Stromberg, S.P. Kirkman, P. Pysek y R.J. Hobbs, 2007. Riparian vegetation: Degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions* 13: 126-139.
- Román-Dañobeytia, F., 2011. Plantaciones experimentales de restauración ecológica en la selva Lacandona (Chiapas, México). Tesis doctoral. México, Ecosur.
- Ruiz, L., 2011. Herramientas legales para la conservación y restauración de la vegetación ribereña: un estudio de caso en la Selva Lacandona. Tesis de licenciatura, México, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Society for Ecological Restoration, 2004. *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*. Disponible en <<http://www.ser.org/docs/default-document-library/spanish.pdf>>, consultado el 4 de julio de 2015.
- Solórzano S., G. Ibarra-Manríquez y K. Oyama, 2002. Liana diversity and reproductive attributes in two tropical forests in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11: 197-212.
- Young, T.P., 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation* 92: 73-83.
- Zipperer, W., 1993. Deforestation patterns and their effects on forest patches. *Landscape Ecology* 8: 177-184.

