

## 4.1 LA DEFORESTACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS NATURALES EN MARQUÉS DE COMILLAS

Paula Meli, Gilberto Hernández-Cárdenas,<sup>1</sup> Julia Carabias, Lucía Ruiz, Rocío Aguilar-Fernández, Alma Toledo-Guzmán<sup>1</sup>

### 4.1.1 INTRODUCCIÓN

La deforestación es una de las principales causas de la pérdida regional de biodiversidad (MEA 2005), por lo que su monitoreo resulta fundamental para el entendimiento de los procesos de deterioro y transformación de los ecosistemas naturales y, en consecuencia, para la implementación de acciones que modifiquen los factores de presión.

En México, en términos relativos, los ecosistemas más deforestados han sido las selvas húmedas (Challenger y Dirzo 2009). Estas selvas ocupaban una superficie potencial de 19.2 millones de hectáreas en el país, desde el sur de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, parte de Chiapas, Oaxaca, Campeche, Yucatán y Quintana Roo; pero para el año 2007 se habían reducido en más de 50%, quedando sólo apenas un poco más de 9 millones de hectáreas, considerando la vegetación primaria y secundaria (Semarnat 2012). De la más húmeda de estas selvas (clasificada en México como selva alta perennifolia) sólo quedan 1.4 millones de hectáreas de vegetación primaria ubicada en extensos macizos como la Selva Lacandona (Chiapas) y la Selva Zoque (Oaxaca), además de fragmentos aislados en Los Tuxtlas (Veracruz), Chiapas y Oaxaca (De la Maza y Carabias 2011; Ortega del Valle *et al.* 2011). La selva inundable —que anteriormente caracterizaba a las selvas de Tabasco y a la región de Marqués de Comillas—, sólo se encuentra representada en áreas muy pequeñas y aisladas de este municipio debido a los intensos procesos de deforestación del trópico húmedo (UNAM-INE 2008).

La ocupación del territorio de Marqués de Comillas fue fomentada por el gobierno a partir de los años setenta (capítulo 3.1). Durante este proceso fueron reubicados miles de campesinos provenientes de diversos estados de la República, carentes de tradición en el uso de los ecosistemas tropicales; esto provocó que, con los apoyos de las políticas agropecuarias gubernamentales, los nuevos habitantes deforestaran de manera acelerada sus nuevas tierras cubiertas de selva. Además, un problema muy serio es que la deforestación incluye la vegetación ribereña, lo que determina alteraciones importantes en los cauces y en las poblaciones de fauna acuática (capítulo 4.2; Ramírez-Martínez 2010). Conocer el estado de conservación de la vegetación de selva remanente en Marqués de Comillas, así como de la vegetación ribereña, tiene particular importancia debido al escaso remanente de este tipo de ecosistemas en el país.

En este capítulo se evalúa la deforestación en Marqués de Comillas desde los inicios de su ocupación hasta el año 2007, así como el estado de conservación de los ecosistemas ribereños en el municipio.

### 4.1.2 DEFORESTACIÓN Y DETERIORO DE LA SELVA

La deforestación se evaluó mediante un análisis diacrónico de cuatro imágenes de satélite de los sensores Landsat 5 y Landsat 7 correspondientes a 1986, 1997, 2000 y 2003 (30 m de resolución), y una imagen del sensor Spot 5 del año 2007 (20 m de resolución). En primer lugar se procesaron las

<sup>1</sup> División de Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM-Iztapalapa.

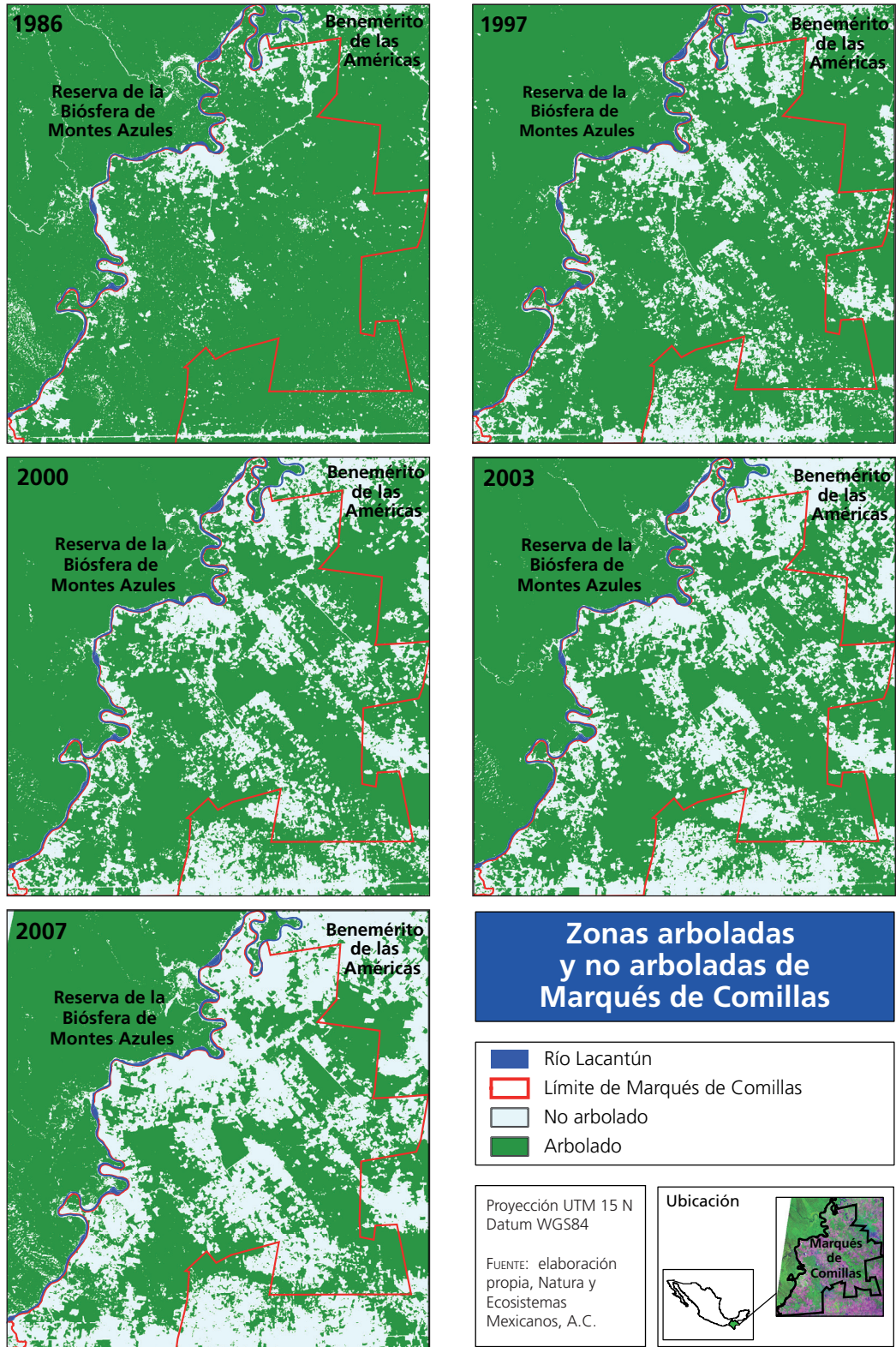


Figura 4.1.1 Variación espacial de las áreas arboladas (selva) y no arboladas en Marqués de Comillas en el periodo 1986-2007.

imágenes para disminuir los errores de comparación entre ellas debido a las diferencias en la hora de toma, las condiciones climáticas al momento de la toma y las condiciones del terreno (El Hajj *et al.* 2008). Para ello, se realizó la corrección geométrica de las escenas de la imagen Spot 5 y posteriormente la corrección atmosférica absoluta, convirtiendo los niveles digitales de las imágenes a valores de reflectividad, para lo cual se utilizaron los datos aportados por los metadatos de cada escena, como fechas y horas de toma. Los valores de reflectividad obtenidos se reescalaron a 8 bytes. Dada la diferencia espectral entre sensores se seleccionaron las bandas de cada sensor que tuvieran un intervalo de longitud de onda equivalente o similar. De esta manera, se utilizaron dos bandas del espectro visible (2: verde y 3: rojo) y dos bandas del infrarrojo (4: infrarrojo cercano y 5: infrarrojo medio) de Landsat, que se corresponden con las cuatro bandas que provee el sensor Spot.

Se generaron capas digitales de arbolado de selva (A) y no arbolado (NA) que permitieran cuantificar la cantidad de selva perdida. Estas capas se obtuvieron usando el algoritmo MaxEnt (Elith *et al.* 2011), un método fiable para hacer predicciones o inferencias a partir de información incompleta (Phillips *et al.* 2004, 2006). En este caso la información incompleta se expresa como los píxeles de la imagen en donde se observa la presencia de selva. A partir de esta información se estima una distribución de probabilidad más cercana a la uniformidad. El algoritmo MaxEnt se utiliza para modelar la presencia de arbolado de selva en donde los píxeles con valores de reflectividad para el área de estudio definen la distribución de probabilidad, los píxeles con presencias conocidas de arbolado de selva constituyen los puntos de muestreo, y las características son las bandas que representan diferentes longitudes de onda de las imágenes satelitales usadas (Phillips *et al.* 2004, 2006).

Para modelar esta distribución de probabilidad se utilizó un muestreo de 505 puntos sobre una grilla regular de 2 x 2 km de distancia sobre la imagen. Se asignaron valores de cero y uno a cada

punto de acuerdo con cada fecha de imagen, detectando visualmente cuando un punto coincide con un parche de arbolado de selva (A) o cuando el punto coincide con áreas agrícolas, pastizal, suelo desnudo, deforestación reciente o agua (NA, no arbolado). La grilla regular se prefirió sobre otros métodos para evitar sesgos y disminuir la incertidumbre. Dado que MaxEnt modela datos de presencia y no de ausencia, los valores de cero y los valores de uno fueron modelados de manera independiente (Meli *et al.* en revisión). A las capas de A/NA resultantes se les aplicó un filtro de mayoría para eliminar píxeles dispersos y asignarles el valor de los píxeles que rodean el pixel analizado. Todo este procedimiento se realizó en ArcGIS.

La tasa de deforestación se calculó a partir de Semarnat (2002) como  $r = (S_2/S_1)^{1/t} - 1$ , donde  $S_2$  y  $S_1$  son las superficies ocupadas por los usos de suelo al final e inicio, y  $t$  es el tiempo transcurrido.

La pérdida total de vegetación natural en el periodo de 21 años (1986-2007) fue de 33 759 hectáreas (42.2%), lo que equivale a una tasa de deforestación de 2.6% anual. Pero considerando que para 1976 el 95% del municipio estaba cubierto por selva (De Jong *et al.* 2000), se podría decir que en 31 años se perdieron 46 642 hectáreas (50.2%) de selva a una tasa de pérdida de 2.2% anual (cuadro 4.1.1).

Es importante destacar que esta pérdida no fue constante a lo largo del periodo estudiado. Durante la primera decena de colonización (1976-1986) se deforestaron 12 883 hectáreas (13.9%), que equivalen a 1 288 hectáreas anuales en promedio y corresponden a una tasa de deforestación de 1.5% anual. Las áreas deforestadas se ubicaban principalmente en la ribera del río Lacantún, los caminos y en Zamora Pico de Oro, que hoy es la cabecera municipal (Fig. 4.1.1). Durante los siguientes 11 años (1986-1997) la deforestación disminuyó ligeramente a 1.2%, y se perdieron 9 801 hectáreas en total, lo que corresponde en promedio a 891 hectáreas anuales (31% menos que en el periodo anterior). Sin embargo, sólo en tres años más (1997-2000) se perdieron 7 504 hectáreas, que

**Cuadro 4.1.1** Área de selva perdida por periodo y pérdida total acumulada entre 1986 y 2007 en Marqués de Comillas

Año	Área arbolada (hectáreas)	Pérdida total (hectáreas)	Pérdida acumulada (porcentaje)	Pérdida anual (hectáreas)	Deforestación anual (porcentaje)
Potencial	92 946				
1986	80 063	12 883	13.9	1 288	1.5
1997	70 262	9 801	24.4	891	1.2
2000	62 758	7 504	32.5	2 501	3.7
2003	58 302	4 456	37.3	1 485	2.4
2007	46 304	11 998	50.2	3 000	5.6

representan 2 501 hectáreas anuales y una tasa de 3.7% anual, tres veces más elevada respecto al periodo anterior. Entre 2000 y 2003 estas tendencias se estabilizaron relativamente y la tasa de deforestación disminuyó a 2.4%, con una pérdida de 4 456 hectáreas totales y 1 485 hectáreas anuales en promedio. Finalmente, es de destacarse la deforestación ocurrida en los últimos cuatro años del periodo analizado (2003-2007), durante el cual la pérdida total de selva fue de 11 998 hectáreas, que corresponden a 3 000 hectáreas al año y equivalen a una tasa de deforestación de 5.6%. Para este año la selva ocupaba sólo la mitad de la superficie del municipio.

Al contrario de las tendencias observadas para el trópico húmedo mexicano, que a partir de los años noventa se estabilizaron, la deforestación en el municipio aumentó en los últimos años y alcanzó un pico de 5.6% para el periodo 2003-2007, lo que indica que la frontera agropecuaria continúa avanzando (Fig. 4.1.2). La deforestación ocurrida en los primeros 20 años de ocupación (1970-1990) fue consecuencia del proceso de colonización y el aumento poblacional, así como de inadecuadas políticas de desarrollo que sólo promovieron la ganadería extensiva en la región a costa de la selva (Mendoza 1997; Meli *et al.* en revisión). La población se incrementó de manera acelerada durante las décadas de

los años setenta y ochenta (Fig. 4.1.2) (De Jong *et al.* 2000), principalmente durante el gobierno de Juan Sabines Gutiérrez (1979-1982) (Vázquez-Sánchez *et al.* 1992), cuando arribaron a la zona 10 000 colonos de los estados de Veracruz, Tabasco, Guerrero, Oaxaca, Hidalgo y Chiapas (González-Ponciano 1996; Harvey 2001, 2006) [debe recordarse que la zona conocida como Marqués de Comillas en ese momento incluía también al municipio Benemérito de las Américas (capítulo 3.1)]. En ese periodo la única forma de acceso a la región era por avioneta y por río. Por eso la población se fue ubicando en las orillas del Lacantún (Fig. 4.1.1).

Otros factores asociados al aumento demográfico también influyeron en el proceso de transformación. La construcción de caminos y la exploración petrolera contribuyó a la dispersión de la ocupación de la región durante estos primeros 20 años (Pemex 1986; Hernández 1992; Vázquez-Sánchez *et al.*, 1992; De Jong *et al.* 2000; De Vos 2002). De hecho, las áreas desmontadas que se observan en 1986 hacia el interior del municipio (áreas blancas en la Fig. 4.1.1), se encuentran a lo largo de la carretera ribereña. Además, entre 1981 y 1984 llegaron al municipio unos 12 000 refugiados de la guerra civil en Guatemala (De Vos 2002; Harvey 2006). La mayor parte destinó su fuerza de trabajo a la apertura de las tierras de los antiguos habitantes, a



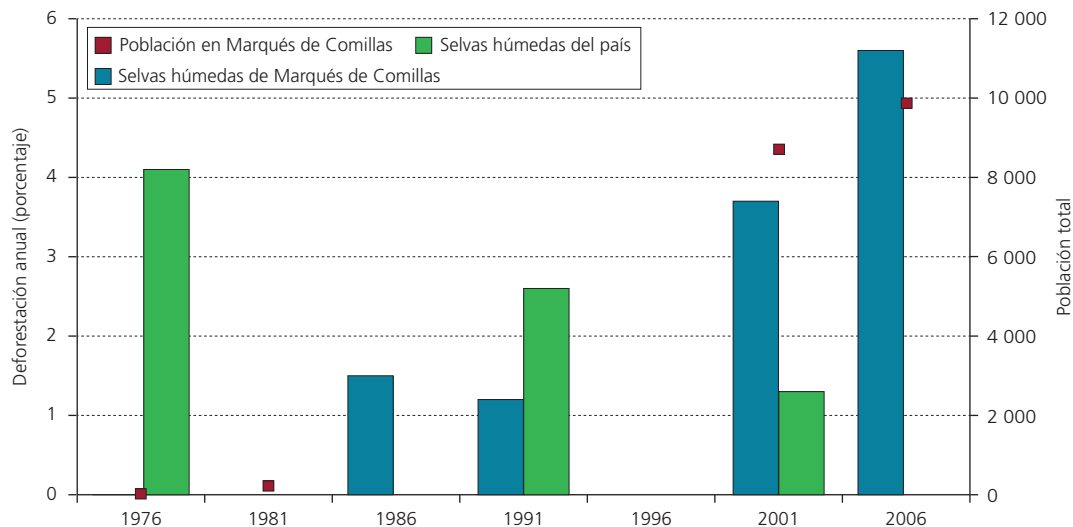


Figura 4.1.2 Pérdida de selvas húmedas en México (Challenger y Dirzo 2009) y en el municipio Marqués de Comillas, y población total en este último. FUENTE: INEGI 1990, 2000, 2005, 2010.

cambio de un espacio para producir su alimento y albergarse (De Vos 2002). Esta situación se sumó a los subsidios que promovieron en gran medida la ganadería, pero a costa de terrenos de vocación agrícola y forestal, con bajo nivel técnico y bajos rendimientos de producción de carne (Vázquez-Sánchez *et al.* 1992), orientada a un mercado extrarregional y provocando una dependencia financiera de los productores (Calleros y Brauer 1983).

A partir de 1994, cuando se expresó el conflicto armado del Ejército Zapatista de Liberación Nacional (EZLN), aunque no tuvo presencia en la región, sí tuvo efectos indirectos en el municipio. El gobierno federal consideró que la veda forestal establecida a inicios de la década de los noventa debía levantarse para evitar la expansión del descontento campesino (Harvey 2006). Sin embargo, debido a la falta de programas de fomento forestal sustentable y de vigilancia, la extracción de madera se convirtió en saqueo ilegal en muy pocos meses. Además, en el año 2000 se concluyó la carretera fronteriza que cerró el circuito entre las localidades de Palenque y Comitán, lo que promovió la llegada de nuevos pobladores a la región (Harvey 2001, 2006) y un aumento en las actividades agropecuarias para atender sus demandas de alimento (De Jong *et al.* 2000).

Un factor adicional que promovió la deforestación ocurrida en los últimos años del siglo xx, fue el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (Procede), que había sido creado en 1994 pero fue de implementación progresiva en la región. Este programa definió el mecanismo para otorgar certeza a los ejidatarios sobre sus parcelas mediante el certificado de parcelación agraria, avalado en la reforma del artículo 27 constitucional en 1992. Sin embargo, la Ley Agraria en su artículo 59 prohíbe en los ejidos la parcelación de tierras con selvas y bosques y las destina a tierras de uso común. Muchos ejidatarios que se habían posesionado de selvas, para lograr que les extendieran su certificado deforestaron la selva antes de que el programa fuera implementado en sus ejidos. Este proceso de parcelación pudo haber sido otro incentivo para la deforestación de la selva. Finalmente, la intensa deforestación del último periodo analizado puede responder a los subsidios mediante programas del sector agropecuario como Procampo y Progan, que obligan al campesino al cambio de uso de suelo (Meli *et al.* 2015a). En ese entonces no habían iniciado los programas de estímulo a la conservación como es ahora el Programa de Pago por Servicios Ambientales (capítulo 5.2).





Apertura de caminos. JME



#### 4.1.3 DETERIORO DE LOS ECOSISTEMAS RIBEREÑOS

Para evaluar el estado de conservación de los ecosistemas ribereños se definieron cinco clases de vegetación de acuerdo con la cobertura arbórea presente (cuadro 4.1.2). La clase I representa la mayor transformación, sin cubierta vegetal arbórea, pues se trata de tierras destinadas al cultivo agrícola (chile, maíz y frijol, principalmente) o a la ganadería. La clase II está representada por humedal de caña brava (*Phragmites australis*). Esta especie presenta un crecimiento tan denso que prácticamente no permite que se establezca cobertura arbórea alguna. Se trata de vegetación original, que sin embargo carece de la presencia de árboles. Las clases III y IV corresponden a un gradiente de proceso de sucesión ecológica de los acahuales. La clase III incluye áreas que fueron desmontadas hace pocos años, después abandonadas y que actualmente se encuentran en un proceso de regeneración secundaria, donde predominan especies herbáceas pero con presencia de algunas arbustivas. Las especies arbóreas no son abundantes y, en caso de estar presentes, son pocas y comúnmente están representadas por especies de etapas tempranas de la sucesión, como *Cecropia obtusifolia* (guarumbo) y *Schizolobium parahyba* (plumillo). La clase IV también está representada por acahuales, con la diferencia de que presentan edades de entre 10 y 15 años, encontrándose en un proceso más avanzado en la sucesión; el número de árboles es mayor, alcanzan alturas de hasta 20 m (con algunas excepciones de mayor altura), presentan coberturas arbóreas superiores a 60% y la cantidad de especies herbáceas y arbustivas es menor. Ambas clases están definidas por distintas etapas de sucesión, y la cobertura arbórea y la posibilidad de mantener en buenas condiciones el suelo, la escorrentía y la infiltración de agua pueden variar según el sitio donde se desarrollen dichas comunidades. En el extremo opuesto del gradiente, la clase V representa la vegetación ribereña original. Esta clase fue definida según la cobertura y la altura observada de los árboles, siendo la primera supe-

rior a 80%. Esta clase está dominada por árboles con alturas superiores a 30 m y en los distintos estratos verticales también presenta una importante diversidad de especies arbustivas y herbáceas.

Para la caracterización de las riberas se realizaron recorridos por el río Lacantún y por dos de sus tributarios: Chajul y Lagarto. En el Lacantún el muestro incluyó un recorrido en lancha de 57 km a lo largo de la ribera de los ejidos Boca de Chajul, Playón de la Gloria, Galacia, Adolfo López Mateos, Reforma Agraria y Pico de Oro, del municipio Marqués de Comillas, y de los ejidos Loma Bonita y Trece de Septiembre, del municipio Ocosingo. En el arroyo Chajul se realizó un recorrido a pie a lo largo de 8.4 km (ejido Boca de Chajul), mientras que en el Lagarto fue de 5.5 km de largo (ejido Playón de la Gloria). Se registraron las coordenadas de cada punto donde se presentó un cambio de clase

**Cuadro 4.1.2** Clasificación utilizada para describir la distribución y el estado de conservación de la vegetación ribereña en Marqués de Comillas

Clase	Descripción
I	Sin vegetación ribereña original y con presencia de pastos. Espacios con pastos nativos inducidos y/o introducidos, así como completamente transformados para ser ocupados por actividades agropecuarias.
II	Humedal de caña brava ( <i>Phragmites australis</i> ). Especie nativa que alcanza hasta 5 m de altura. Presencia de árboles escasa.
III	Acahual joven. Espacios con vegetación secundaria, principalmente herbácea y arbustiva. Zonas en los primeros estados de regeneración, con escasa presencia de árboles.
IV	Acahual maduro. Espacios de vegetación secundaria con 15 o más años de regeneración. Zonas compuestas principalmente por árboles con alturas menores de 20 m.
V	Vegetación ribereña original. Espacios dominados por especies nativas, con abundancia de árboles que alcanzan una altura de 30 m o más.

FUENTE: Ruíz 2011.

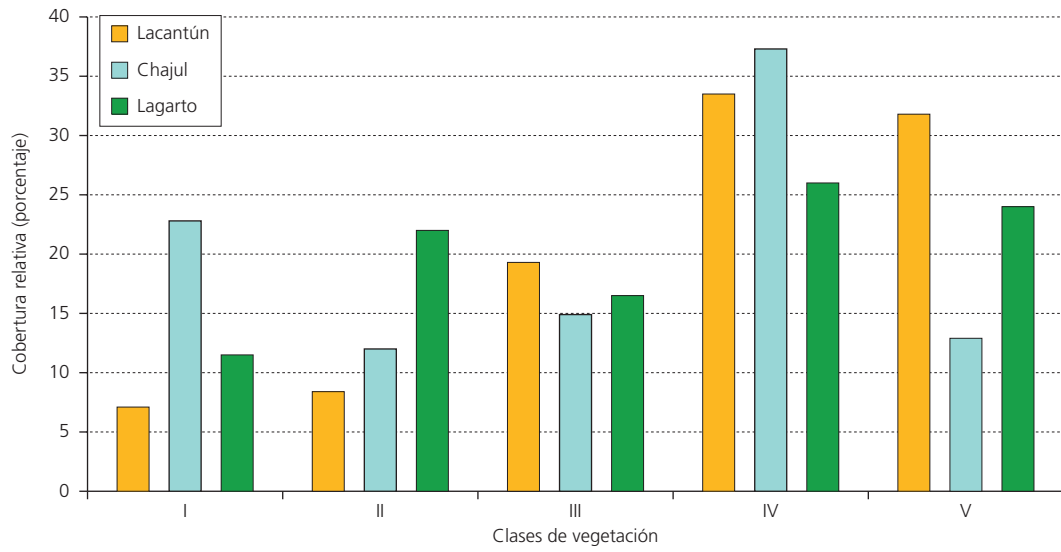


Figura 4.1.3 Distribución porcentual de las categorías de vegetación registradas en la ribera del río Lacantún y de los arroyos Chajul y Lagarto.



JME



de vegetación y la información obtenida se compiló en una base de datos.

En el río Lacantún predominan las clases IV y V con una alta presencia de especies arbóreas, que representan en conjunto 66% del tramo recorrido (Fig. 4.1.3). Existe también una considerable presencia de acahuales jóvenes (III: 19%), mientras que las clases II (8%) y I (7%) son las menos representadas. Sin embargo, sólo 37% de la extensión de la franja de vegetación ribereña que está dominada por árboles (clases IV y V) tiene más de 10 metros de ancho. Esto sugiere que aun cuando existe una buena proporción de vegetación natural remanente, estas áreas son, en una extensa superficie, muy angostas, por lo que es probable que no ocurra la totalidad de los procesos biológicos que permiten su permanencia en el tiempo y su capacidad de regresar al estado natural después de una perturbación. La poca anchura de las franjas hace a estos ecosistemas más

frágiles ante los disturbios. Tampoco se puede garantizar la presencia de todas las funciones ecológicas que derivan en los servicios ecosistémicos típicos de las riberas (capítulo 2.2). Los ecosistemas ribereños resultan indispensables para la estabilización de los márgenes de ríos y arroyos, la contención de la erosión y la regulación de nutrientes del suelo y el mantenimiento de hábitats para la biodiversidad, especialmente de la fauna local, entre otros; pero la provisión de todos estos servicios dependerá de su estado de salud y correcto funcionamiento.

En el arroyo Chajul la transformación de la vegetación original ha sido más severa. La mayor parte corresponde a acahual maduro (IV: 37%), pero la segunda clase más representada es la que corresponde a los pastizales, sin presencia de vegetación original (I: 23%) (Fig. 4.1.3). Esto es atribuible, nuevamente, a que la mayor parte de las actividades productivas de la zona, como la ganadería y las



JME

plantaciones agrícolas, han propiciado el desmonte de los terrenos que originalmente estaban cubiertos por selva. Estas zonas son las más importantes en cuanto a prioridades de restauración debido a que han perdido la totalidad de su cobertura vegetal natural y sus funciones ecológicas, como por ejemplo la retención del suelo. El otro 50% de la superficie se encuentra cubierta por las tres clases restantes de manera prácticamente proporcional (alrededor de 13% cada una).

En el arroyo Lagarto la superficie cubierta por distintas clases de vegetación es más proporcional entre clases. Las riberas en uso productivo (I: 11%) y los acahuales jóvenes (III: 16%) se encuentran ubicados rodeando áreas abiertas para la producción, mientras que las riberas con vegetación con mayor presencia de árboles (IV: 26% y V: 24%) se ubican cerca de áreas menos perturbadas. Se observa un área grande de uso productivo en la parte central del tramo evaluado entre el río Lacantún y la carretera ribereña (Fig. 4.1.3). Si consideramos las categorías en mejor estado de conservación (IV y V), los resultados indican que las riberas del arroyo Lagarto, al menos en el tramo estudiado, no han sufrido perturbaciones graves en su mayor parte y en conjunto ocupan una superficie similar a la observada en el arroyo Chajul. Sin embargo, en el Lagarto la superficie de la clase V es mucho menor que la del Chajul.

Es recomendable un análisis más detallado acerca de la condición de los acahuales jóvenes (III). Este tipo de vegetación puede ser la clase más vulnerable a un nuevo desmonte, dado que se encuentra en las primeras etapas sucesionales y resulta más fácil de transformar a otros tipos de uso de suelo que la selva conservada, y, en muchos casos, forma parte del sistema de roza-tumba-quema en el que las parcelas se dejan descansar unos años para luego volver a ser parte del sistema productivo. También es recomendable revisar en mayor detalle la presencia de síntomas de erosión y degradación del suelo en los sitios de uso productivo.

De manera general, podríamos decir que el tramo estudiado del río Lacantún presenta un mayor estado de conservación que sus dos tributarios. Más de

65% de sus riberas se encuentran cubiertas por vegetación original (V) aunque en franjas muy estrechas, mientras que en los arroyos Chajul y Lagarto esta vegetación apenas alcanza 50% de la superficie ribereña. Esta situación resulta previsible si consideramos la diferencia en el tamaño y caudal de estos cuerpos de agua. Las áreas ribereñas (vega) en general presentan suelos considerablemente fértiles, por lo que son muy valoradas para el establecimiento de actividades agrícolas. Los arroyos Chajul y Lagarto tienen un tamaño y caudal menor que el río Lacantún, lo que los hace más vulnerables al cambio de uso de suelo. En el Lacantún, debido a la dinámica hidrológica y la fuerza del agua durante las crecientes, resulta indispensable la conservación de la vegetación para mantener la estructura de las riberas.

Aunque de manera general la mitad de las áreas ribereñas de estos tres cuerpos de agua presenta cobertura arbórea y vegetación natural, la sola presencia de esta vegetación no garantiza el mantenimiento de las márgenes de estos ríos y la permanencia en el tiempo de los ecosistemas (Ruiz 2011). Resulta indispensable un estudio más detallado de la composición de especies dentro de estas franjas para evaluar su diversidad, así como un estudio a mayor profundidad del ancho mínimo que deberían tener estas franjas para garantizar su funcionalidad y la provisión de sus servicios ecosistémicos. Una opción posible constituye el estudio de la anchura mínima que deberían tener estas franjas ribereñas conservadas, para sostener la totalidad de sus funciones ecológicas como ecotono entre los ecosistemas terrestre y acuático. También resulta indispensable buscar mecanismos de integración de las riberas a los sistemas productivos como componentes del paisaje y promover su valor natural entre las comunidades locales (Meli *et al.* 2015b).

#### 4.1.4 REFLEXIONES FINALES

El cambio de uso del suelo en Marqués de Comillas desde los primeros asentamientos permanentes y hasta 2007 no ha sido constante a lo largo del tiem-

po. Los resultados demuestran que para ese año la deforestación no se había estabilizado; por el contrario, las tendencias regionales aumentaron sobre todo en los últimos años del periodo de estudio.

Al igual que la Selva Lacandona y otras selvas tropicales húmedas del mundo, la presión demográfica no parece ser el factor principal detrás de los patrones observados de deforestación (Mendoza y Dirzo 1999; Barbier y Burgess 2001; Lambin *et al.* 2001; Benhim 2006), sino que este proceso ha estado asociado a incentivos económicos, muchas veces indirectos, de programas promovidos por políticas públicas inadecuadas (De Jong *et al.* 2000). En el municipio la población pasó de ser de unos pocos habitantes hace 34 años a casi 10 000 en la actualidad (INEGI 2010). La producción no se ha incrementado a la par de la demanda de la población, entre otras razones porque los rendimientos de los cultivos agrícolas y de la ganadería son muy bajos (Obregón 2007; Ceiba 2009).

Las causas próximas de esta transformación residen en las actividades humanas inmediatas a escala local, como por ejemplo la apertura de tierras para la expansión agrícola, y éstas impactan de manera directa en la cobertura de selva y su transformación. Sin embargo, existen causas últimas relacionadas sobre todo con procesos sociales, económicos y políticos, que subyacen a las causas próximas y por tanto pueden operar a escala local u originarse a escala regional o hasta nacional (Geist y Lambin 2002). En este caso, estas causas últimas podrían estar relacionadas con incentivos gubernamentales que de manera colateral favorecen la deforestación, ya sea por medio de subsidios para la producción o por cambios en el régimen de tenencia de la tierra (Meli *et al.* 2015a); un ejemplo de esto es el Procede, que permitió la acumulación de tierras por parte de personas foráneas cuyas metas productivas no están relacionadas con las necesidades de la unidad familiar, sino con la producción masiva de ganado.

En síntesis, podemos aseverar que la transformación de la selva no conllevó una mejora en la calidad de vida de las poblaciones locales, y en cambio provocó la degradación del medio natural.

## REFERENCIAS

- Barbier, E.B., y J.C. Burgess, 2001. Tropical deforestation, tenure insecurity and unsustainability. *Forest Science* 47: 497-509.
- Benhim, J.K., 2006. Agriculture and deforestation in the tropics: A critical theoretical and empirical view. *Ambio* 35: 9-16.
- Calleros, G., y F.A. Brauer, 1983. Problemática regional de la Selva Lacandona. Dirección General de Desarrollo Forestal, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Coordinación Ejecutiva del Programa Ecológico de la Selva Lacandona, Palenque, México.
- Ceiba, 2009. Análisis, sistematización y difusión de lecciones aprendidas de la implementación de políticas públicas y programas de conservación y manejo sustentable de recursos naturales en Marqués de Comillas, Chiapas, Selva Lacandona. México, Centro Interdisciplinario de Biodiversidad y Ambiente, A.C.–USAID.
- Challenger, A., R. Dirzo *et al.*, 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en *Capital Natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. México, Conabio, pp. 37-73.
- De Jong, B.H.J., S. Ochoa-Gaona, M.A. Castillo-Santiago, N. Ramírez-Marcial y M.A. Cairns, 2000. Carbon flux and patterns of land-use/land-cover change in the Selva Lacandona, Mexico. *Ambio* 29: 504-511.
- De la Maza J., y J. Carabias (eds.), 2011. *Usumacinta. Bases para una política de sustentabilidad ambiental*. México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua–Naturaleza y Ecosistemas Mexicanos, A.C.
- De Vos, J., 2002. *Una tierra para sembrar sueños. Historia reciente de la Selva Lacandona, 1950-2000*. México, Fondo de Cultura Económica.
- Elith, J., S.J. Phillips, T. Hastie, M. Dudik, Y.E. Chee y C.J. Yates, 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17: 43-57.
- El Hajj, M., A. Bégué, B. Lafrance, O. Hagolle, G. Dedieu y M. Rumeau, 2008. Relative radiometric normalization and atmospheric correction of a Spot 5 time series. *Sensors* 8: 2774-2791.
- Geist, H.J., y E.F. Lambin, 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* 52: 143-150.
- González-Ponciano, J., 1996. Marqués de Comillas: cultura y sociedad en la selva fronteriza México-Guatemala, en





JME



- J.P. Viqueira y M.H. Ruz (coords.), *Chiapas, los rumbos de otra historia*. México, UNAM-Ciesas, pp. 425-444.
- Harvey, N., 2001. *La remunicipalización en Marqués de Comillas y Benemérito de Las Américas, Chiapas: entre la vía institucional y la vida cotidiana*. México, Ciesas.
- Harvey, N., 2006. *Benemérito de las Américas y Marqués de Comillas*. Tuxtla Gutiérrez, Biblioteca Popular de Chiapas.
- Hernández, J.L., 1992. Impacto socioeconómico de Pemex en el distrito de Ocosingo. Tesis de licenciatura, Unach, Tuxtla Gutiérrez.
- INEGI, 2010. XIII Censo general de población y vivienda. México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Lambin, E.F., B.L. Turner, H.J. Geist, S.B. Agbola, A. Angelsen, J.W. Bruce, O.T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P.S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leeman, X. Li, E. Moran, M. Mortimore, P.S. Ramakrishnan, J.F. Richards, H. Skånes, W. Steffen, G.D. Stone, U. Svedin, T.A. Veldkamp, C. Vogel y J. Xu, 2001. The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11: 261-269.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. *Ecosystems and well-being*. Washington, Island Press.
- Mendoza, E., 1997. Análisis de la deforestación de la Selva Lacandona: patrones, magnitud y consecuencias. Tesis de licenciatura. México, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Mendoza, E., y R. Dirzo, 1999. Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): Evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation* 8: 1621-1641.
- Meli, P., G. Hernández-Cárdenas, A.D. Toledo-Guzmán, J. Carabias. Deforestación en la Selva Lacandona, México: Algunos factores socioeconómicos causales. *Interciencia* (en revisión).
- Meli, P., R. Landa, X. López-Medellín y J. Carabias, 2015a. Social perceptions of rainforest and climatic change from rural communities in Southern Mexico. *Ecosystems* doi: 10.1007/s10021-015-9903-8.
- Meli, P., G. Hernández, E. Castro y J. Carabias, 2015b. Vinculando paisaje y parcela: un enfoque multi-escala para la restauración ecológica en áreas rurales. *Investigación Ambiental* 7: 1-11.
- Obregón, R., 2007. Programa Preliminar de Desarrollo Agroecológico del Municipio Marqués de Comillas. Reporte Final para el Corredor Biológico Mesoamericano-México, CBM-M/UTRCH/2C/010/2007, México.
- Ortega del Valle, D., T. Carranza y J. Martínez, 2010. *Una mirada desde el corazón de la Jicara de Oro*. México, WWF-USAID.
- Pemex, 1986. Desarrollo y preservación de la Selva Lacandona. (Diagnóstico de las áreas con posibilidades de desarrollo petrolero). México, Petróleos Mexicanos.
- Phillips, S.J., M. Dudik, R.E. Schapire, 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*, Banff, Princeton University.
- Phillips, S.J., R.P. Anderson, R.E. Schapire, 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- 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/núm. 3, Colección Corredor Biológico Mesoamericano. México, Conabio.
- 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.
- Semarnat, 2002. Avances y perspectivas de las estadísticas e indicadores ambientales, visión de la Semarnat, México.
- Semarnat, 2012. Informe de la situación del medio ambiente en México. México, Semarnat.
- UNAM-INE, 2008. Análisis comparativo de la deforestación de los ejidos de Marqués de Comillas, y determinación de corredores biológicos que conecten los fragmentos de selva de los ejidos con la Reserva de la Biosfera Montes Azules. México, UNAM-Instituto Nacional de Ecología.
- Vázquez-Sánchez, M.A., I.J. March y M.A. Lazcano-Barrera, 1992. Características socioeconómicas de la Selva Lacandona, en M.A. Vázquez-Sánchez y M.A. Ramos (eds.), *Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su conservación*. Publicación especial *Ecosfera* 1: 287-323.



