

Guadalupe Williams-Linera



El bosque de niebla

del centro de Veracruz:
ecología, historia y destino en tiempos
de fragmentación y cambio climático

El bosque de niebla

del centro de Veracruz:
ecología, historia y destino en tiempos
de fragmentación y cambio climático



Guadalupe Williams-Linera

El bosque de niebla

del centro de Veracruz:
ecología, historia y destino en tiempos
de fragmentación y cambio climático



INECOL
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.



CONABIO

Dedicatoria

Para Eric, por creer en el bosque de niebla

Primera edición impresa, 2007
Primera edición electrónica, 2012

D.R. © por Instituto de Ecología, A.C.
Carretera antigua a Coatepec 351
El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México

ISBN 970-709-101-0, primera edición

Título: El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático.

Autor: Guadalupe Williams-Linera

Impreso en México ~ Printed in Mexico

Forma sugerida para citar esta versión electrónica:

Williams-Linera, G. 2012. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. CONABIO - Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México. 208 pp.

Versión electrónica <http://www.inecol.edu.mx/librobosquedeniebla.pdf>

Fotografías de portada y contraportada: Gerardo Sánchez Vigil

D.R. © Ninguna parte de esta publicación, incluyendo el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, traducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico de grabación o de fotocopia, sin permiso previo del editor. Párrafos pequeños o figuras aisladas pueden reproducirse, dentro de lo estipulado en la Ley Federal del Derecho de Autor y el Convenio de Berna, o previa autorización por

13 Agradecimientos

15 Introducción

- 15 El bosque
- 15 Interés mundial en bosques de niebla
- 17 Objetivo del libro
- 18 La organización del libro

23 Capítulo 1. El escenario: ambiente físico y socioeconómico

- 24 Clima
- 27 Hidrología
- 28 Geología y volcanismo
- 29 Riesgo de erupciones volcánicas
- 30 Suelos
- 31 Características socioeconómicas
- 31 Sitios de estudio

33 Capítulo 2. El escenario: un poco de historia ambiental

- 33 Época prehispánica
- 36 Tiempo de la Conquista y época colonial
- 38 El siglo XIX
- 43 El café
- 45 Crecimiento demográfico
- 41 Recuadro 2.1. Los bosques mesófilos en los territorios de los Pueblos Indígenas de México, por *Eckart Boege*

49 Capítulo 3. La biodiversidad

- 51 La biodiversidad del bosque de niebla
- 51 ¿Por qué es tan diverso el bosque de niebla?
- 58 Biodiversidad de árboles
- 65 Grupos indicadores
- 52 Recuadro 3.1. Los hongos en el bosque de neblina, por *Gastón Guzmán*
- 64 Recuadro 3.2. Las aves entre la niebla, por *Juan Francisco Ornelas*

CONTENIDO

67	Capítulo 4. Estructura de la vegetación y regeneración del bosque
70	Estructura del bosque
72	Mortalidad de árboles
75	Regeneración
76	Banco de semillas
78	Sucesión secundaria
81	Capítulo 5. Las hojas: demografía foliar, hojarasca y herbivoría
82	Demografía foliar
88	Hojarasca
90	Herbivoría
93	Capítulo 6. Los cambios en el tiempo: fenología
94	¿Qué es fenología?
95	La fenología en las manifestaciones culturales en el pasado y el presente
109	Fenología del bosque de niebla
108	Árboles templados en clima tropical
111	Capítulo 7. La fragmentación y el paisaje
113	Fragmentación
116	Efectos de borde
	Microclima
	Estructura de la vegetación en las orillas
	Composición florística en las orillas
125	Interacción de depredación de bellotas y plántulas de encino
128	Pérdida de hábitat
129	Mecanismos de extinción
131	La importancia de considerar el paisaje completo
114	Recuadro 7.1. Aves, interacciones y fragmentación del paisaje, por <i>Juan Francisco Ornelas</i>
126	Recuadro 7.2. Pequeños mamíferos y fragmentación del paisaje, por <i>Robert H. Manson</i>
133	Capítulo 8. La conservación y el uso de productos del bosque
134	¿Qué alternativas hay para los remanentes de bosque de niebla?
134	Conservación
141	Productos maderables

144	Productos no maderables
135	Recuadro 8.1. Jardín Botánico Clavijero: El bosque de niebla de cerca, por <i>Orlik Gómez</i>
142	Recuadro 8.2. Los helechos arborescentes y el 'maquique', por <i>Mónica Palacios-Rios</i>
145	Recuadro 8.3. Epífitas: la otra parte del bosque, por <i>José G. García-Franco</i>
151	Capítulo 9. La restauración ecológica
152	Perturbación antropogénica
155	Restauración
158	Especies nativas para restauración
160	Proyectos de restauración
165	Capítulo 10. Los servicios ambientales y el bosque de niebla
166	Bosque de niebla y servicios ambientales
	Agua y la prevención de desastres “naturales”
	Conservación del suelo
	Captura de carbono
172	Pago por servicios ambientales
	Caso Coatepec
177	Capítulo 11. El cambio global ahora y el destino del bosque de niebla
178	El clima del planeta
183	El calentamiento global y el bosque
183	Efecto sobre bosque, fenología, especies e interacciones
187	Efecto de carreteras
188	Destino del bosque
181	Recuadro 11.1. Los anfibios, por <i>Eduardo Pineda</i>
185	Recuadro 11.2. El caso del libramiento: movimiento ciudadano para la defensa del bosque mesófilo y las fuentes de agua para el área conurbada de Xalapa, por <i>Eckart Boege</i>
193	Índice
197	Apéndices

Agradecimientos

El bosque de niebla de las montañas tropicales del centro de Veracruz ha sido el foco de mi investigación durante las últimas dos décadas. El bosque de niebla ha sido siempre mi paisaje porque aquí nací y crecí. Sin embargo, mi primera aproximación a la ecología fue en la selva tropical lluviosa de tierras bajas de México y América Central. Fue hasta después de mucho viajar en otras latitudes, que al regresar a Xalapa, y para mi gran sorpresa, descubrí al bosque mesófilo de montaña o bosque de niebla. Al compararlo con bosques templados y selvas tropicales por primera vez entendí la magnitud de su importancia, no sólo por ser un bosque hermoso y mágico, sino también porque su biodiversidad y sus ríos y manantiales y todo el conjunto peligraban ante amenazas constantes de fragmentación, perturbación, crecimiento urbano y cambios.

Tengo muchas instituciones y personas a las que agradecer, y no haré una larga lista, pero mencionaré a algunos. Xalapa, la ciudad de las flores, es peculiar, es progresista, llena de actividades culturales y de grupos ambientalistas, y la gente está interesada en saber por qué es importante el bosque, por qué es fuente de agua y de servicios ambientales, y por qué debemos proteger remanentes de bosque junto con acahuals y cafetales y parques y jardines. La idea de realizar este libro surgió como una preocupación compartida durante las reuniones del Foro Ciudadano por la Ciudad y el Libramiento que Queremos (ver recuadro 11.2). Este movimiento ciudadano, y Marangola, A.C., fueron mis principales inspiradores porque allí, llanamente, la comunicación entre todos los sectores sociales que participamos fue posible.

Aún así, en esos tiempos faltaba la información escrita sobre nuestro bosque de niebla: la comunicación de la investigación a un público amplio. Escribí una propuesta y en el 2004 recibí un apoyo que me permitió enfocarme en lograr este librito. Por lo tanto hago patente mi agradecimiento a la fundación Overbrook de la Universidad de Columbia por concederme la beca de *Overbrook Conservation Fellows program*. Agradezco el financiamiento de la CONABIO para la impresión del libro y el apoyo del magnífico equipo de la Secretaría Académica del Instituto de Ecología, A.C.

Necesitaba un lugar donde integrar ideas, hacer un bosquejo de lo que quería decir y revisar exhaustivamente la bibliografía disponible y fue Suzanne Koptur quien me acogió en su laboratorio de *Florida International University* mientras yo lograba ese propósito. Así que gracias a Suzanne, a su familia y estudiantes por la gran ayuda con ese impulso inicial. También va mi reconocimiento a muchos estudiantes que llevaron a cabo sus tesis, prácticas o servicio social bajo mi dirección y a técnicos como Marychu y Javier que hicieron que el trabajo fuera divertido. Gracias a los amigos que

tuvieron que soportar leer versiones preliminares de varios capítulos, y a Roberto Williams García quien revisó la primera versión completa. A Aída Pozos por la corrección de estilo, a Isolda Luna por sus comentarios y apoyo. Mi muy especial reconocimiento a Antony Challenger, quien ha sido una inspiración para entender y conservar el bosque de niebla, y quien revisó la última versión de este libro con un cuidado extremo, y con sus comentarios me indicó lo que yo estaba olvidando decir. A los autores de los recuadros por añadir puntos que hacen más completa esta visión del bosque. Final y principalmente, gracias a mi hijo Eric (entre sus 5 y 7 años de edad) por su impaciencia de tantos fines de semana y vacaciones mientras esperaba a que cambiara a otra actividad más entretenida.

El bosque

Las montañas del centro de Veracruz, al oriente de México, encierran un tesoro biológico de diversidad en formas, composición de especies, colores de organismos y sonidos. Es el refugio de un bosque muy especial y único a nivel mundial, el bosque de niebla. Este tipo de vegetación también se conoce en México como bosque mesófilo de montaña, bosque caducifolio o nubiselva. El bosque de niebla es un conjunto de ecosistemas de montaña que se caracteriza por la presencia de árboles en varios estratos, por la abundancia de helechos, una gran cantidad de epífitas y, sobre todo, por las lluvias frecuentes, la nubosidad y neblina y la humedad atmosférica alta durante todo el año. Mucho del valor del bosque de niebla radica en la biodiversidad, la cual se refleja en la presencia de endemismos o sea especies únicas a ciertos lugares en este tipo de vegetación, y en la provisión de servicios ambientales, principalmente la captura de agua.

Si el bosque es una comunidad biológica dominada por vegetación leñosa y la ecología es la ciencia de las interacciones de organismos entre sí y con el ambiente, tanto abiótico como biótico, entonces la ecología del bosque de niebla se ocupa del bosque, de las relaciones entre organismos vivos que constituyen la comunidad (flora, fauna, hongos y microorganismos) con el ambiente físico en el que existen. En estos tiempos, el ambiente en el que existe el bosque también incluye la interacción con el ser humano, sus pautas de aprovechamiento de los recursos naturales, y con el paisaje humanizado, y no sólo con el inmediato, también con los cambios globales que puedan afectarlo, particularmente con lo que se conoce como el calentamiento global.

Interés mundial en bosques de niebla

Durante la década de los años noventa, una serie de simposios, conferencias y talleres internacionales produjeron los primeros libros específicamente dedicados a discutir la ecología y el estado de conservación de

INTRODUCCIÓN

los bosques de niebla, propios de los países tropicales. Debido a la destrucción de los bosques de niebla del mundo, ecólogos, conservacionistas y diversas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales empezaron a dar pasos importantes para la conservación de estos ecosistemas. En 1993, se llevaron a cabo dos eventos científicos de alcance internacional sobre los bosques de niebla del mundo: una reunión en el Jardín Botánico de Nueva York y el primer simposio internacional sobre bosques de niebla en San Juan, Puerto Rico. El producto de estos dos eventos fueron dos libros que son clave para entender la ecología de estos bosques: *Biodiversidad y conservación de los bosques neotropicales de montaña* (Churchill et al., 1995) y *Bosques de niebla de montañas tropicales* (Hamilton et al., 1995).

En los últimos años han aparecido otros libros y documentos que proporcionan panoramas regionales de varios bosques de niebla, tanto en los Neotrópicos (Kappelle y Brown, 2001; Kappelle, 2006) como a nivel mundial (Stadtmüller, 1987; Aldrich et al., 1997; Bruijnzeel y Hamilton, 2001). Dentro de los libros dedicados a sitios particulares destaca la compilación de estudios sobre el ambiente físico, flora, fauna y el papel de los pobladores en el bosque de niebla de Monteverde, en Costa Rica (Nadkarni y Wheelwright, 2000). En México, dentro de los pocos libros sobre estudios ecológicos de bosque mesófilo de montaña se cuenta con la publicación de Puig y Bracho (1987) y de Sánchez-Ramos et al. (2005) para la Reserva de la Biosfera de El Cielo, en Tamaulipas, el libro de Luna y Llorente (1993) para el Parque Ecológico Omiltemi, en Guerrero y el de Cuevas y Jardel (2004) para la Estación Científica Las Joyas, de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco. Dentro de estas publicaciones, destaca el capítulo sobre bosque mesófilo de montaña en el libro sobre los ecosistemas terrestres de México, donde Challenger (1998) nos presenta el primer esfuerzo para reunir toda la información entonces existente sobre la ecología, la vegetación, el uso del suelo y la conservación del bosque de niebla en México.

Además, en 1999 se constituyó la Iniciativa para el Bosque de Niebla de Montañas Tropicales (*Tropical Montane Cloud Forest Initiative*), como resultado de un acuerdo entre el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación (UNEP-WCMC) y el Programa Hidrológico Internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Esta Iniciativa propuso el desarrollo de un programa para aumentar el reconocimiento y los recursos para la conservación global del bosque de niebla, haciendo énfasis en su función como proveedor de agua (Aldrich et al., 2000). En marzo del mismo año, el grupo intersectorial (Inter-Agency

group) de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) acordó incluir a los bosques de niebla tropicales como una prioridad para la conservación, en el marco del Año Internacional de la Montaña que se celebró en 2002. En noviembre de 1999, en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, se llevó a cabo una reunión de gran importancia nacional, aunque lamentablemente la propuesta principal que surgió de ella, de desarrollar una Red para la Conservación del Bosque Mesófilo de Montaña en México aún no se ha concretado. Sin embargo, la visión que se elaboró para la Red planeada aún está vigente, motivo por el cual la reproducimos íntegra en el Apéndice I.

El segundo simposio internacional sobre bosques de niebla se llevó a cabo en Waimea, Hawaii, en el verano del 2004, bajo el tema específico de “Montañas en la niebla: ciencia para conservar y manejar el bosque de niebla de montañas tropicales”. Las memorias de este segundo simposio se publican en un libro (Juvik y Bruijnzeel, en prensa). Ese mismo año apareció el reporte de la Agenda del Bosque de Niebla, que es un producto de la Iniciativa Mundial para los Bosques de Niebla de Montaña. Esta agenda resume el estado global y las amenazas que enfrenta el bosque de niebla, provee mapas de su distribución y presenta nuevas acciones para su conservación y restauración (Bubb et al., 2004).

A pesar de la importancia de las publicaciones sobre los bosques de niebla, mucha de la información generada publicada en forma de tesis o artículos, en cierta forma, continúa siendo poco accesible a los ciudadanos interesados. La información producto de investigaciones cuidadosas en muchas áreas: biológicas, geográficas o sociales, está fuera del alcance de los pobladores de la región del bosque de niebla, porque además de que la inmensa mayoría de lo publicado está en idioma extranjero, el lenguaje resulta ser demasiado técnico o científico, o simplemente las publicaciones no están disponibles en las bibliotecas y librerías locales.

Objetivo del libro

Dado lo anterior, el objetivo principal de este libro es poner a la disposición de cualquier lector, que no necesariamente tiene que ser especialista en ecología, y en nuestro idioma, la información producto de investigaciones llevadas a cabo sobre la ecología del bosque de niebla. Este documento se ha enfocado principalmente en la ecología de las comunidades vegetales, en la biodiversidad del bosque y del paisaje, y en la restauración ecológica. La meta es que este libro sea accesible a todo tipo de gente interesada en conocer el bosque de niebla y responder a interrogantes sobre la importancia del bosque, como el por qué lo debemos apreciar, por qué es la fuente de

nuestra agua y de otros servicios ambientales, por qué proteger los remanentes de bosque de una región como parte del paisaje, junto con acahuales y fincas. En resumen, se ofrece un libro, en español, que da a conocer la importancia del bosque de niebla en la región central de Veracruz.

La organización del libro

La región central del estado de Veracruz, y específicamente las áreas aledañas a la ciudad de Xalapa, albergan un bosque antiguo con especies de árboles características, algunas de las cuales también podemos encontrar en bosques más templados, y otras más, en selvas tropicales, pero que la combinación de alta humedad y temperatura templada les ha permitido permanecer juntas a cierta altura, en la montaña. Estas condiciones ambientales tan particulares en alturas medias de las montañas, han permitido el establecimiento y desarrollo del llamado bosque de niebla. En el capítulo I se describe el ambiente físico de la región, el clima, los ríos y volcanes, así como las condiciones socioeconómicas de algunos municipios donde crecen los bosques que ahora se describen.

Xalapa es un viejo asentamiento de origen prehispánico, y por su localización entre el Puerto de Veracruz y la Ciudad de México fue visitado por muchos viajeros durante los últimos siglos. Todos ellos tuvieron una buena impresión del clima, la vegetación, el pueblo y su gente, y escribieron crónicas halagadoras, en donde es claro su asombro y agrado ante el paisaje. Históricamente, el centro de Veracruz fue un sitio importante para expediciones botánicas. Xalapa es la “localidad tipo” de muchas especies que se han nombrado con un binomio botánico en latín, haciendo honor a este lugar, un ejemplo es el encino *Quercus xalapensis*. El segundo capítulo de este libro está dedicado a la historia ambiental de esta región.

La biodiversidad del bosque de niebla en México es tan especial que merecería un libro completo. En el capítulo 3 se presentan los factores que determinan que este tipo de vegetación sea el más diverso de México por unidad de superficie, ya que se encuentra en 0.8% del territorio pero contribuye con el 10% a la biodiversidad vegetal del país. Se estima que este bosque contiene unas 2,500 especies de plantas con flores, de las cuales 30% son endémicas al país. La definición de la biodiversidad considera la diversidad de ecosistemas, de especies y aún de genes. Para el área de estudio, en este capítulo, la medición de la biodiversidad incluye el número de especies en un bosque, y también la complementariedad de la diversidad de especies entre los fragmentos de bosque y al nivel del paisaje.

En el capítulo 4 se presenta la estructura de la vegetación del bosque, la cual es posible reconocer en términos del número, el área basal y la altura de los árboles que lo componen. El bosque de niebla es muy heterogéneo y para ejemplificar esta heterogeneidad, en este capítulo se presentan ciertos aspectos de la estructura de la vegetación en función de la altitud, así como la variación que podemos encontrar de un fragmento de bosque al siguiente. Los árboles, como cualquier organismo vivo, nacen, crecen y mueren. En este capítulo también se presentan la mortalidad de árboles y la regeneración del bosque, así como las especies involucradas en esta recuperación.

Las hojas son la parte de la planta donde se recibe y se convierte la energía del Sol y los gases y nutrientes absorbidos por éstas, en el alimento que requieren todos los otros organismos vivos, incluidos los humanos. Por lo tanto, la “demografía foliar”, es decir, qué tanto tiempo viven las hojas, cuánta hojarasca produce el bosque, y otros aspectos como la herbivoría por insectos se mencionan en el capítulo 5.

El capítulo 6 se dedica a la fenología, o la dinámica temporal de los eventos biológicos cíclicos. El bosque cambia con el tiempo, y este capítulo abarca desde el conocimiento y los conceptos tradicionales relacionados a cambios estacionales, hasta la descripción de la caída cíclica de las hojas, la producción de hojas y flores y la fructificación de especies vegetales del bosque a lo largo del año.

Al igual que en todas las regiones de Latinoamérica localizadas a elevaciones medias, el bosque ha sido deforestado en gran medida, para convertir la tierra a otros usos, y ahora se encuentra reducido a fragmentos rodeados por potreros, cafetales, acahuales y asentamientos humanos. El capítulo 7 trata de la fragmentación del bosque y el paisaje. Al tener en cuenta la fragmentación, nos involucramos en los efectos que ésta causa, llamado efecto de borde, sobre cambios en el microclima y la estructura de la vegetación, y la relación con grupos de organismos como las hemiepífitas, helechos arborescentes y orquídeas, pero también con la importancia de todas las unidades del paisaje en la conservación de la biodiversidad regional.

El capítulo 8 es un recuento sobre los esfuerzos y matices bajo los cuales se está llevando a cabo la conservación del bosque de niebla, y el capítulo 9 aborda la restauración ecológica como una herramienta necesaria para ampliar la extensión del bosque en la región. Al conservar y restaurar se deben tomar en cuenta los productos maderables que no se usan de manera sustentable y la riqueza de productos no maderables que tradicionalmente se han extraído del bosque.

En el capítulo 10 se muestra cómo la conservación y la restauración ayudan a la protección del agua y de los demás servicios ambientales que presta el bosque. El bosque de niebla encabeza la lista como mejor ecosistema prestador de servicios

ambientales. El destino del bosque de niebla está amenazado por el llamado cambio climático global, el cual se describe en el capítulo I I, con todas las implicaciones que un calentamiento tendría sobre la permanencia del bosque como ecosistema y de las interacciones bióticas de sus componentes. Este capítulo final contiene también una reflexión sobre los impactos de los cambios locales causados por la apertura de caminos y la transformación de los remanentes de bosque a otros usos del suelo. Finalmente se reflexiona sobre el futuro más inmediato del bosque.

En la medida de lo posible se ha tratado de minimizar el uso de tecnicismos ecológicos y nombres científicos de los organismos para hacer el texto más llano y accesible, pero hay términos que difícilmente pueden evitarse, ya que implicaría el uso de largas definiciones cada vez que se refiere al asunto. Los nombres científicos de las plantas a veces parecen trabalenguas, pero es importante mencionarlos, y cuando no existen los nombres comunes, no queda más que nombrarlas de esa manera. Para facilitar la lectura de los nombres científicos, el género y la especie del binomio taxonómico en latín se escriben completos sólo la primera vez que se mencionan en el texto, subsecuentemente se usa sólo el género en los casos en que no está disponible el nombre común. El texto limita el uso de referencias o notas a pie de página, pero si el lector desea profundizar en algunos temas, se ha incluido una lista de las principales fuentes de información que forman parte de la bibliografía.

Bibliografía

- Aldrich, M., C. Billington, M. Edwards y R. Laidlaw. 1997. *Tropical montane cloud forests: an urgent priority for conservation*. WCMC Biodiversity Bulletin No. 2. World Conservation Monitoring Centre. Cambridge. Inglaterra. 14 p.
- Aldrich, M., P. Bubb, S. Hostettler y H. van de Wiel. 2000. *Bosques nublados tropicales montanos*. Tiempo para la Acción. WWF International/IUCN. 28 p.
- Bruijnzeel, L. A. y L. S. Hamilton. 2001. *Tiempo decisivo para las selvas de neblina*. IHP Humid Tropics Programme Series. UNESCO. Paris. 40 p.
- Bubb, P., I. May, L. Miles y J. Sayer. 2004. *Cloud forest agenda*. UNEP-WCMC, Cambridge, Inglaterra. 32 p.
- Cuevas Guzmán, R. y E. J. Jardel Peláez (eds.). 2004. *Flora y vegetación de la Estación Científica Las Joyas*. Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Autlán, Jalisco. 294 p.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO, Instituto de Biología, Sierra Madre. México, D. F. 847 p.
- Churchill, S. P., Balslev, E. Forero y J. L. Luteyn (eds.). 1995. *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests*. The New York Botanical Garden. Bronx, Nueva York. 702 p.
- Gómez-Pompa, A. 1980. *Ecología de la vegetación del estado de Veracruz*. CECSA. INIREB. México, D.F. 91 p.
- Hamilton, L. S., J. O. Juvik y F. N. Scatena (eds.). 1995. *Tropical montane cloud forests*. Springer-Verlag. Nueva York. 407 p.
- Juvik, J. y L. A. Bruijnzeel (eds.). *Mountains in the mist: science for conserving and managing tropical montane cloud forests*. University of Hawaii Press. Honolulu. En prensa.
- Kappelle, M. 1996. *Los bosques de roble (Quercus) de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Diversidad, ecología, conservación y desarrollo*. Instituto Nacional de Biodiversidad - Universidad de Amsterdam, Heredia, Costa Rica. 319 p.
- Kappelle, M. (ed.). 2006. *Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. Alemania. 483 p.
- Kappelle, M. y A. D. Brown (eds.). 2001. *Bosques nublados del Neotrópico*. INBIO. Santo Domingo Heredia, Costa Rica. 698 p.
- Luna, I. y J. Llorente. 1993. *Historia natural del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México*. CONABIO. México, D.F. 588 p.
- Miranda E. y E. Hernández X. 1963. Los Tipos de Vegetación de México y su Clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-178.
- Nadkarni, N. M. y N. T. Wheelwright (eds.). 2000. *Ecology and conservation of a tropical cloud forest*. Oxford University Press. Nueva York. 573 p.
- Puig, H. y R. Bracho (eds.). 1987. *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas*. Instituto de Ecología, A. C. México, D. F. 186 p.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial LIMUSA. México, D.F. 432 p.
- Sánchez-Ramos, G., P. Reyes-Castillo y R. Dirzo (eds.). 2005. *Historia natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México*. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. 732 p.
- Stadtmüller, T. 1987. *Los bosques nublados en el trópico húmedo*. Universidad de las Naciones Unidas CATIE. Turrialba. 85 p.

**El escenario:
ambiente físico y socioeconómico**

CAPÍTULO 1

El horizonte de la región del bosque de niebla del centro de Veracruz está dominado por la presencia de un volcán masivo llamado Cofre de Perote o Nauhcampatépetl. Este volcán tiene cerca de 30 km de diámetro y se levanta 3,000 m sobre su base oriente. En esta parte central del estado de Veracruz, en sólo 100 km, la altitud aumenta de 0 m sobre el nivel del mar hasta 4,282 m en la cima del Cofre de Perote. La región ocupada por el bosque de niebla se localiza, aproximadamente, entre los 1,200 y 2,100 m de altitud, entre las latitudes 19° 30'-19° 45'N y las longitudes 96° 47'-97° 01'W (Figura 1.1). Esta franja tiene características muy especiales que desde hace tiempo han sido reconocidas:

“el bosque se encuentra a aquella altura donde las nubes suspendidas sobre el Océano vienen a tropezar con los picos de basalto de la Cordillera” (von Humboldt)

Clima

Para los viajeros de la primera mitad del siglo XIX, sin excepción, Xalapa fue una eterna primavera. Aunque esa imagen en parte fue resultado del alivio que los viajeros experimentaban al escapar de la fiebre amarilla del Puerto de Veracruz, Xalapa fue frecuentemente elogiada como “el sitio del paraíso original.”



El majestuoso Cofre de Perote que, sin poseer un cono central, domina con su presencia el paisaje (Sánchez Vigil)

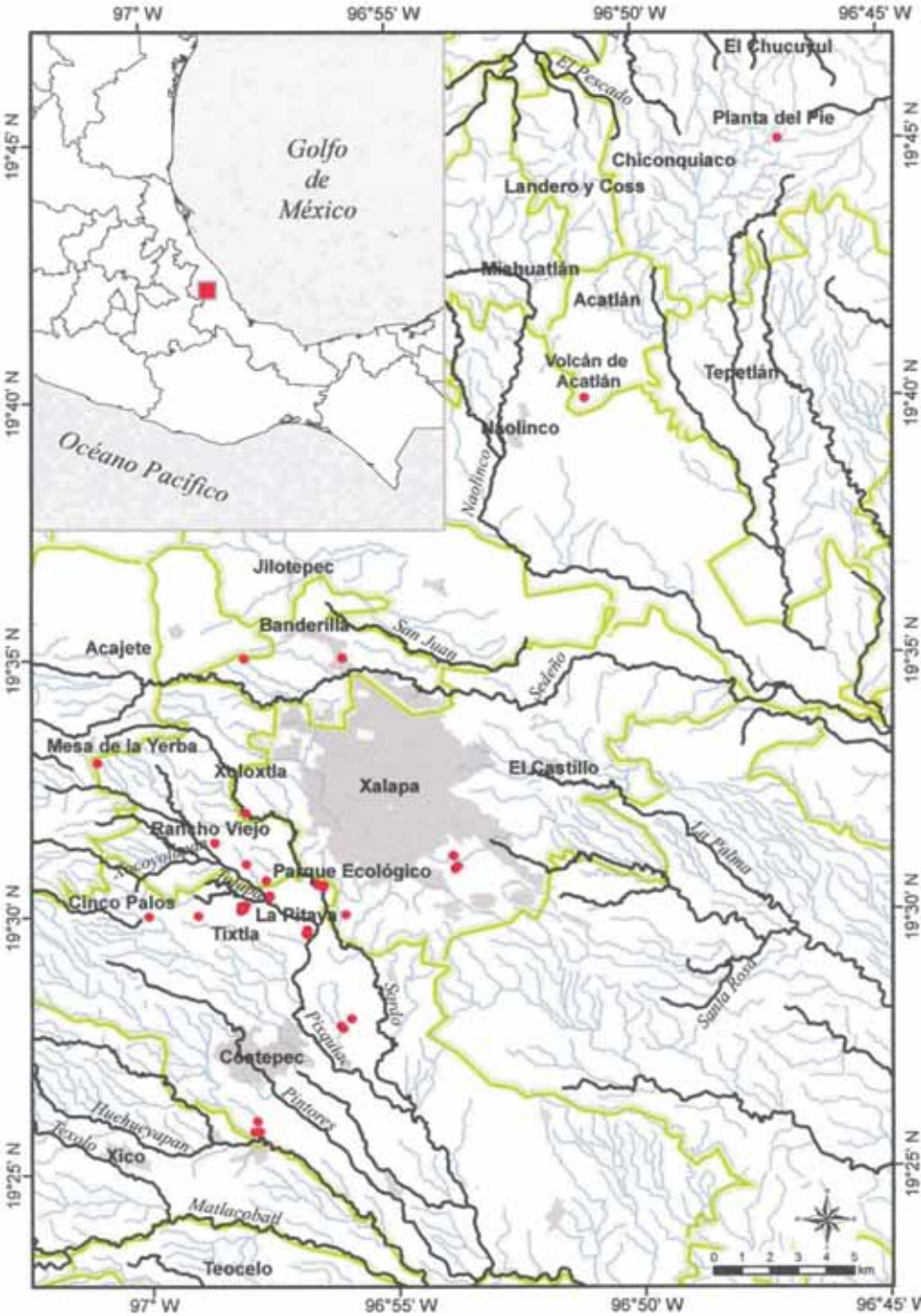


Figura 1.1 Mapa de la región del bosque de niebla en el centro de Veracruz.

Como condición general, la región del bosque de niebla se encuentra donde las nubes se condensan y causan lluvias abundantes, alta humedad y niebla durante gran parte del año. Otro aspecto dominante del clima de un bosque de niebla es que las temperaturas son agradablemente templadas. Las temperaturas extremas nunca son tan bajas como en los bosques de latitudes templadas o tan altas como en las selvas tropicales de tierras bajas. El clima se define como “templado húmedo” con lluvias durante todo el año, aunque se distinguen tres estaciones: la relativamente seca y fría, la relativamente seca y cálida y la húmeda-cálida. Durante la primera estación, de noviembre a marzo, se presentan los llamados “nortes” que es una condición típica atmosférica que trae aire polar al Golfo de México y causa nieblas y frío durante días y la llovizna, localmente llamada *chipi chipi*; hace muchos años a esta llovizna la solían llamar “la salud del pueblo”. En la estación seca y cálida, en abril y mayo, se presentan las temperaturas máximas más altas, la menor precipitación, la menor cobertura de nubes, aumento en las horas de luz y mayor radiación. Durante la estación húmeda y cálida, entre junio y octubre, ocurre la mayor precipitación y los meses de julio y septiembre, en especial, se caracterizan por presentar lluvias muy abundantes.

La precipitación anual total varía entre los 1,500 y 2,000 mm y la temperatura media anual está alrededor de 18 °C. En la Figura 1.2 se encuentran los climatogramas de Xalapa y Acatlán que muestran la variación mensual en precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima de dos sitios localizados a diferente elevación en la región. Acatlán está a 1,900 m y Xalapa a 1,300 m de altitud, y ambos sitios tienen una precipitación similar alrededor de 1,500 mm anuales, pero como se localizan a diferentes altitudes, Acatlán tiene temperaturas más bajas que Xalapa. La temperatura media mínima es, respectivamente, de 10 y 14 °C, mientras que la temperatura media máxima es de 20 y 23 °C en ambos municipios.

Al describir el clima en el que se desarrolla un tipo de vegetación se incluyen los extremos en temperaturas y su duración. Algunos árboles nativos y cultivos como el café, pueden tolerar poco tiempo de exposición a temperaturas cercanas a 0 °C, pero no podrían tolerar una helada durante toda la noche sin que el cafetal sufra severos daños, como pérdida de las hojas. Lo mismo ocurre con las temperaturas altas: algunas especies del bosque pueden tolerar unos días con temperaturas altas y sin precipitación, pero no toda una estación. Por esa razón, en ecología son los extremos y no los valores promedio, los que determinan dónde viven y se reproducen los organismos vivos, y por esa razón es preocupante el calentamiento global (Capítulo 11).

La ciudad de Xalapa tiene un mesoclima propio, conocido como isla térmica, ya que la temperatura media en tiempo de calor puede ser varios grados más alta que

en las áreas verdes que la rodean. La flora citadina, o las especies de plantas que crecen en la ciudad, pueden expresar este mesoclima más caliente mostrando un cambio en su composición hacia especies más tropicales o de tierra caliente que no son características del bosque regional.

Hidrología

La región está drenada por un número muy elevado de corrientes que son tributarias de los ríos que la limitan. La mayoría de los ríos nacen en las laderas del Cofre de Perote. Además, en esta región hay un gran número de manantiales en la misma franja en la que crece el bosque, a partir de los cuales hilos de agua que se transforman en arroyos van a engrosar los cauces de los ríos. Los arroyos y ríos son muchos y corren en dirección preferentemente de oeste a este. Las corrientes conforman dos cuencas que llegan al mar como río Actopan y río La Antigua; las desembocaduras de estos ríos se localizan muy cercanamente entre sí.

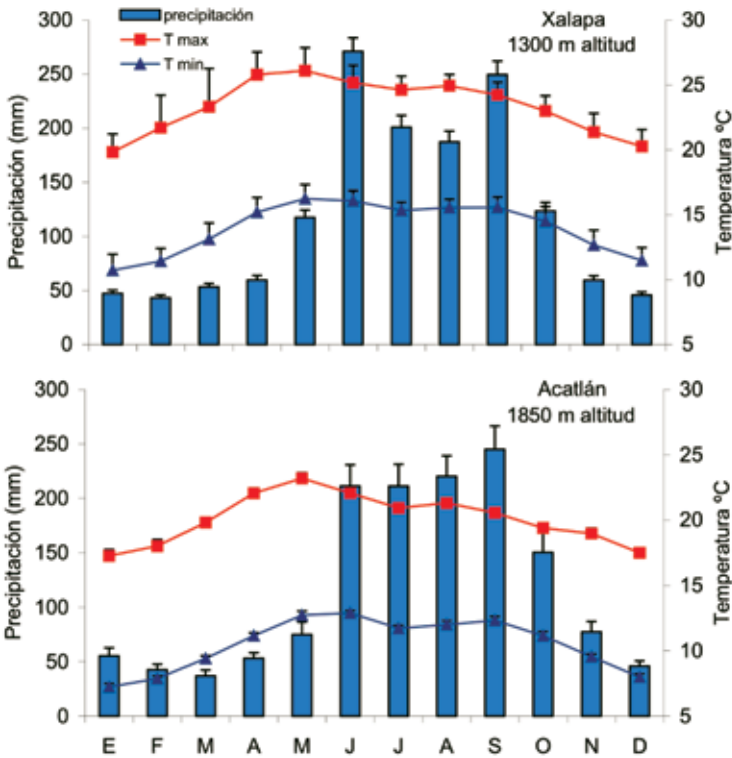


Figura 1.2. Variación mensual, en precipitación y temperatura máxima y mínima, en dos sitios de bosque de niebla localizados a diferentes altitudes en la región montañosa central de Veracruz.



La presencia de numerosos arroyos y ríos caracterizan la región del bosque de niebla (Sánchez Vigil)

Arriba, en la cuenca del Actopan, los municipios de Chiconquiaco, Acatlán, Acajete y Tlalnahuayocan están regados por pequeños arroyos y ríos tributarios del río Sedeño (Quetzalapa), el cual pasa por Banderilla y Xalapa. Del lado de la cuenca de La Antigua se encuentran numerosos arroyos de caudal permanente, tributarios del río Pescados (Huitzilapan) o La Antigua, que corren por los municipios de Acajete, Tlalnahuayocan, Coatepec, Xalapa, Xico y Teocelo como los ríos Sordo, Agüita Fría, Pixquiac, Xocoyolapan, el Carneros, Los Pintores, el Huehueyapan y el Matlacobat (Figura 1.1).

Geología y vulcanismo

El área de estudio se localiza en la provincia geomorfológica denominada Faja Volcánica Transmexicana o Eje Neovolcánico. Esta provincia se puede caracterizar como una enorme masa de rocas volcánicas de diversos tipos, acumuladas en numerosos y sucesivos episodios volcánicos que se iniciaron a mediados del Terciario y continuaron hasta el presente. El vulcanismo del Cenozoico en México se enfoca principalmente en dos provincias magmáticas, la Sierra Madre Occidental del Terciario medio y el Eje Volcánico Transversal del Mioceno-Cuaternario. Hace unos 15 millones de años, el Eje Neovolcánico empezó a formarse, y la actividad volcánica ha continuado desde este tiempo hasta el presente con una clara migración del vulcanismo hacia el sur. Sobre el Eje Neovolcánico se encuentran los grandes

volcanes como Volcán de Fuego de Colima, Tancitaro, Zinacantan (Nevado de Toluca), Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Matlalcuéytl (Malinche) y Citlaltépetl (Pico de Orizaba).

En Veracruz, el Eje Neovolcánico atraviesa el estado aproximadamente en su parte central, siguiendo la dirección este-oeste. La región de estudio comenzó a desarrollarse durante el Terciario temprano, pero es aparente que el levantamiento principal y la deformación ocurrió entre el Mioceno y el Cuaternario, y que el vulcanismo ha continuado hasta el tiempo presente.

Riesgo de erupciones volcánicas

La cantidad de conos en el centro montañoso de Veracruz, como el Macuiltépetl y el Cerro de las Culebras y el Acamalin, así como la presencia de malpais o lava indican que se trata de una región de riesgo volcánico. Las erupciones más recientes han ocurrido en el extremo norte de la cadena Cofre de Perote-Citlaltépetl. Los flujos de lava más recientes provienen de humeros como Rincón de Chapultepec, que originó el flujo de lava de Coacoatzintla hace unos 3000 años, y El Volcancillo, al hacer



Numerosos conos volcánicos aparecen en el paisaje (Sánchez Vigil)

erupción hace cerca de 900 años, originó el flujo de lava que pasa por Toxtlacoaya. Estas son algunas de las más recientes erupciones precolombinas en el Eje Neovolcánico.

Las erupciones futuras de magnitud similar y la localización de las ya documentadas representan riesgos potenciales significativos a las áreas densamente pobladas hacia la parte norte de Xalapa. De acuerdo con los intervalos de las erupciones pasadas, la tasa de recurrencia de erupciones es de 2200 a 3000 años en esta área, aunque podría ser tan baja como de 1250-2000 años¹.

Suelos

Los tipos de suelo predominantes en la región han sido producidos por el vulcanismo y se conocen como andosoles típicos diferenciados que son de color pardo a pardos-oscuros, profundos, limosos y muy porosos. Los andosoles son suelos derivados de cenizas volcánicas, en este caso provenientes del Cofre de Perote, en su mayor parte sueltos y esponjosos, de textura franca y de arenas migajosas con alto contenido de vidrio volcánico (obsidiana), someros o profundos y limitados por rocas ígneas extrusivas (lava). Estos suelos son ácidos y el contenido de nutrientes es bajo, pero la fertilidad es muy alta debido al elevado contenido de materia orgánica. Un aspecto importante de estos suelos es la presencia de minerales amorfos, denominados alófanos, los cuales les confieren un amplio potencial para retener la humedad: los andosoles son capaces de contener hasta 150% más agua que su peso, pero si se alteran, destruyen y secan pierden irreversiblemente esta capacidad de guardar agua.

Características socioeconómicas

Los municipios que se abarcan en este estudio presentan también variabilidad en el tipo de actividades económicas que lleva a cabo la población económicamente activa por sector productivo. Los sectores productivos son el sector primario, que incluye agricultura, actividades forestales, ganadería, caza y pesca; el sector secundario, que comprende minería, industria manufacturera, electricidad, distribución de agua y construcción; y el sector terciario, que consiste en actividades como comercio, transporte y comunicaciones, servicios financieros, profesionales y técnicos, restaurantes y otros servicios.

¹ Siebert y Carrasco-Núñez, 2002

Las actividades económicas del municipio, por sector, se distribuyen de la siguiente forma (las cifras son porcentaje de la población económicamente activa)²:

Municipio	Sector productivo			
	Primario	Secundario	Terciario	No especificado
Chiconquiaco	86	6	7	2
Acatlán	67	14	13	5
Acajete	64	8	17	11
Teocelo	57	13	25	3
Xico	56	15	23	3
Tlalnelhuayocan	40	25	31	2
Coatepec	31	28	39	2
Banderilla	9	34	55	2
Xalapa	4	19	70	3

Los municipios están ordenados en términos de cercanía a Xalapa, que es la capital del estado de Veracruz, y claramente se observa que a menor distancia de la capital disminuye el porcentaje de la población dedicada a la agricultura, actividades forestales y ganadería, y aumenta el porcentaje de prestadores de servicios o sector terciario.

Sitios de estudio

Hasta principios del siglo pasado la región situada en las cercanías de Xalapa presentaba grandes extensiones de bosque continuo. En la actualidad, el bosque se encuentra en fragmentos localizados en barrancas con pendiente pronunciada en donde la topografía ha impedido su destrucción, o está representado por remanentes aislados o tal vez conectados unos a otros por campos agrícolas, cafetales, potreros y asentamientos humanos.

Para entender y describir la gran variabilidad regional en la estructura de la vegetación del bosque de niebla y en la composición de las especies de árboles y arbustos, se seleccionaron una docena de fragmentos entre 1250 y 2050 m de altitud y con temperaturas promedio entre 12 y 19 °C. Además, la región está compuesta por otros elementos del paisaje que la hacen aún más diversa y que deben considerarse debido a que son hábitats y refugio de muchas especies nativas, actúan como corredores biológicos y ofrecen una funcionalidad ecológica al paisaje. Por lo

² Enciclopedia de los Municipios de México, 2005

tanto, en diferentes partes de este libro incluimos cafetales, potreros, acahual y otros usos del suelo. En los municipios de Xalapa, Tlalnelhuayocan, Coatepec, Xico, Banderilla, Acajete, Acatlán y Chiconquiaco se localizan, principalmente, pero no exclusivamente, la mayoría de los sitios que albergan el paisaje de bosque de niebla descrito en los siguientes capítulos.



El paisaje con potrero, milpa, acahual y bosque (GWL)

Bibliografía

- Arreola, D. D. 1982. Nineteenth-century townscapes of Eastern Mexico. *Geographical Review* 72:1-19.
- Enciclopedia de los Municipios de México*. 2005. Veracruz. Centro Nacional de Desarrollo Municipal, Gobierno del estado de Veracruz. http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_veracruz
- Humboldt, A. von. 1966. *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*. Editorial Porrúa, S.A. México, D. F.
- Rodríguez, J. M. 1895. *Apuntes sobre el cantón de Xalapa, estado de Veracruz, México*. Publicados desde julio de 1893 a febrero de 1895 en: La Voz de la Verdad. Imprenta Veracruzana de la Viuda e Hijos de Ruiz. Xalapa. 324 p.
- Rossignol, J. P. 1987. Los estudios morfoedafológicos en el área Xalapa-Coatepec, Veracruz. Pp. 23-35. Geissert, D. y J. P. Rossignol. (eds.). *La morfoedafología en la ordenación de los paisajes rurales. Conceptos y primeras aplicaciones en México*. INIREB-OSTORM, Xalapa, Veracruz.
- Siebert, L. y G. Carrasco-Núñez. 2002. Late-Pleistocene to precolumbian behind-the arc mafic volcanism in the eastern Mexican Volcanic Belt; implications for future hazards. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 115:179-205.
- Williams-Linera, G. 1997. Phenology of deciduous and broadleaved-evergreen tree species in a Mexican tropical lower montane forest. *Global Ecology and Biogeography* 6:115-127.

El escenario: un poco de historia ambiental

CAPÍTULO 2

El paisaje de bosque de niebla anterior al arribo de los conquistadores españoles, hace más de 500 años, pudo haber sido algo diferente al actual, pero no era un bosque virgen. Gran cantidad de cerámica y piezas arqueológicas indican que esta región estuvo muy poblada e incluso numerosos nombres de sitios o toponimias prevalecen. El mismo nombre de un río que parte de Acajete sigue por Tlalnelhuayocan y pasa por La Pitaya en Zoncuantla, Coatepec, El Pixquiac, lo indica: “en el sitio de la cosecha o de las cosechas”, pues debemos recordar que *pixa* significa cosecha. Y también el nombre de la congregación de Zoncuantla que significa “lugar de los cuatrocientos árboles”, abundancia de árboles y por lo tanto bosque, de *xontli* (400) y *cuahuatl* (árbol), aunque otra versión refiere equivocadamente a una avispa negra y grande o *zoncuán*. Acatlán de *acatl*, caña y de *tlan*, tierra o lugar; Tlalnelhuayocan o lugar de raíces; Xalapa de *xalli* (arena), *atl* (agua) y *pan* (sobre) manantial sobre arena; Coatepec de *coatl* y *tepetl*, cerro de las culebras.

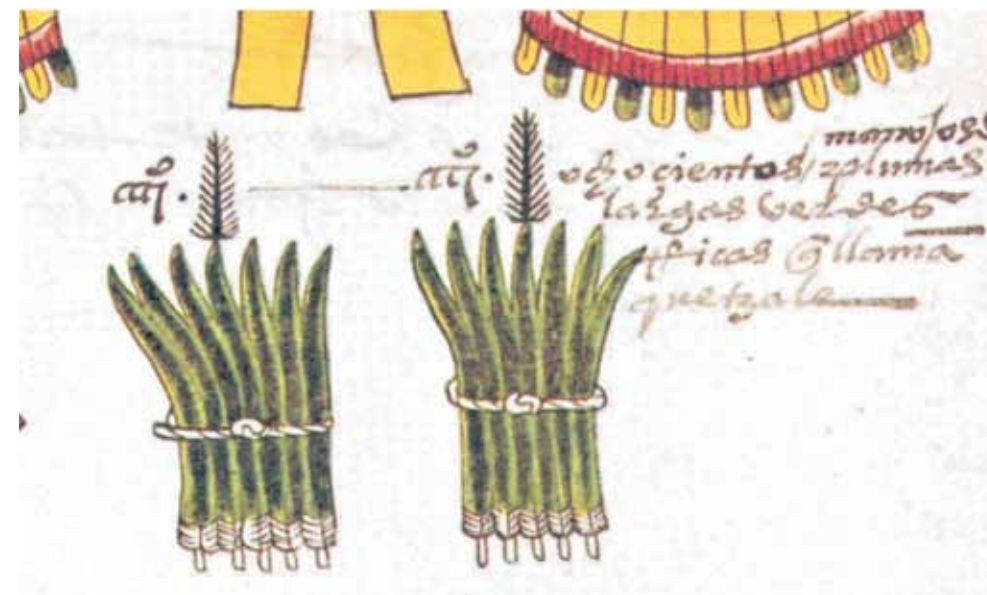
Época prehispánica

En épocas prehispánicas, en extensas áreas de Mesoamérica se realizaron actividades agrícolas diversas, algunas de ellas intensivas y sofisticadas. Diversos estudiosos consideran que la composición y estructura de muchas selvas es producto de un manejo intenso en el pasado. En las tierras bajas de Veracruz la agricultura intensiva aún se percibe a manera de imborrables huellas topográficas de los antiguos campos elevados; y las terrazas llegaron hasta el pie de monte¹. Al seguir ascendiendo por la vertiente este de la Sierra Madre Oriental se llega de la tierra caliente a la tierra templada, donde las pendientes montañosas reciben grandes cantidades de lluvia orográfica que dan lugar a los bosques de niebla. Aquí estaba la zona de transición en la agricultura prehispánica, quizá moldeada menos por las condiciones agroecológicas que por la disminución en la presión poblacional entre el pie de monte y las partes más altas. En esta zona templada, la intensidad de los cultivos disminuía a un tipo trashumante o menos permanente, aunque la humedad proporcionada por la neblina en la estación relativamente seca sostenía dos cultivos anuales de maíz en un solo campo. Hasta hace varios años estas siembras todavía se nombraban como *tonalmil*, que es el maíz que se cosecha entre mayo y julio, a diferencia de la de *temporal* que se levantaba entre noviembre y enero. En los siglos siguientes, también se podía sembrar el maíz de una manera llamada *alcacer* o sea para ser utilizado como planta forrajera en los meses próximos al invierno.

¹ Siemens, 1990

Un amplio rango de argumentos etnohistóricos, bióticos y paleobotánicos demuestran la modificación ecológica de bosques templados y tropicales por parte de las poblaciones prehispánicas con fines productivos y los estudios corroboran que aun bosques y selvas complejos se regeneraron en algunos siglos al ser abandonadas estas tierras; también muestran que la agricultura indígena y la alta población causaron cambios bióticos fundamentales y erosión significativa del suelo o deterioro de la fertilidad, reflejado en fases donde en lugar de dominar especies de bosque de niebla llegan a dominar árboles que indican un ambiente más seco o un suelo menos fértil².

Podemos percibir la modificación del antiguo paisaje del bosque de niebla en el centro montañoso de Veracruz a partir de las fuentes que narran la tremenda cantidad de tributos de productos del bosque recaudada por el imperio Azteca. La inmensa demanda de productos como hojas de liquidámbar y plumas de quetzal (*Pharomachrus mocinno*) en los grandes mercados y centros urbanos aztecas sirven como indicadores de una modificación sustancial de los bosques de niebla desde los cuales provenían esos tributos. El Códice Mendocino y la Matrícula de Tributos indican como procedencia de los tributos, un lugar del centro de Veracruz.³



Códice Mendocino y plumas de quetzal. “El total de juegos completos de estas prendas (uniformes de guerra), que se tributaba cada año, era de 665; si se le añaden los 30 y tantos mil manojos de plumas, también entregados anualmente, se concluirá que debió ser pavorosa la mortandad de aves, necesaria a satisfacer semejante demanda...” (Echeagaray, 1979)

² Denevan, 1992; Conserva y Byrne, 2002

³ Peterson y Peterson, 1992

[De] “Quauhtochco (Huatusco) procedían cada año 400 bonches de plumas de quetzal...”

Si un bonche consiste de 10 a 15 plumas de la cola del quetzal y el ave puede tener un máximo de cuatro plumas, entonces de esta región se colectaban 1000 quetzales por año. Tan grande es esa cantidad de aves que es posible elucubrar que la colecta abarcara una región más amplia, y según Bermúdez Gorrochotegui (1995, p. 31), el quetzal abundaba por los rumbos de Xalapa, como lo hacen notar las palabras de origen náhuatl Quetzalapan (nombre indígena del hoy río Sedeño: “arroyo de los quetzales”) y Tlalquetzalan (Banderilla: “tierra de los quetzales”). Aquí cabe una reflexión sobre las extinciones locales y globales de muchas especies de animales causadas por las actividades del ser humano, ya que hoy en día no sólo no hay quetzales en esta región, sino que los expertos creen que la distribución natural se confina más hacia el este del Istmo de Tehuantepec y América Central.

Tiempo de la Conquista y época colonial

La existencia en la época prehispánica de una alta densidad poblacional y una tecnología agrícola sofisticada tienen implicaciones sobre su impacto ambiental y el mito de los ecosistemas prístinos. Al tiempo de la llegada de los conquistadores españoles, México y América Central tenían una población de entre 20 y hasta más de 50 millones. Sólo para el centro de México se sugiere la presencia de entre 17.2 millones y 25.2 millones de habitantes indígenas⁴. Las cifras son altas y la necesidad de producir alimento y bienes implica que, tal vez, en la región del bosque de niebla también hubo grandes extensiones de bosque convertidas en campos de cultivo durante la época prehispánica, aunque no se tienen evidencias fehacientes de ello.

En los años posteriores a la Conquista, la población indígena de México disminuyó drásticamente y descendió a su mínimo debido a epidemias, hambrunas y enfermedades desconocidas, y sólo hasta los años 1960's se recuperó la densidad poblacional registrada en 1500. Este colapso demográfico no ha tenido paralelo en la historia de la humanidad: el descenso en la población nativa fue rápido, severo y se estima que 89% de la población nativa pereció entre 1492 y 1650.

Desde la perspectiva ambiental, las implicaciones sobre el ambiente también fueron serias, la desaparición del 89% de la población indígena conllevó al abandono de los paisajes agrícolas. Los sistemas de irrigación se abandonaron completamente

hacia 1590 y la desolación estableció el escenario para la transformación del paisaje en el nuevo contexto de la Colonia. El bosque perturbado pudo haberse recuperado y dada la escasa población, la presión sobre el bosque, que siguió a la redistribución y acaparamiento extremo de tierras para haciendas, ganadería y caña de azúcar, debió haber sido leve.

El instrumento clave para el acaparamiento de tierra por parte de los conquistadores fueron las mercedes de tierra, que consistía en vastas extensiones territoriales, pero como apunta Bermúdez Gorrochotegui (1984, p. 94), esto no significaba que las actividades agropecuarias disfrutasen de un progreso admirable, pues generalmente se sembraba lo indispensable y la mayor parte de la tierra permanecía “ociosa” o se dedicaba a la ganadería (extensiva) de libre pastoreo, la cual exigía menos cuidado y pocos jornaleros. A finales del siglo XVI, en la región de Xalapa, funcionaban no menos de diez trapiches o molinos de caña ya que algunos españoles residentes en la provincia invirtieron sus fortunas en la “granjería del azúcar” debido a la gran demanda que tenía en México y en Europa. Pero fue hacia el



Johann Moritz Rugendas (1831) se solazó en la policromía tan típica de los alrededores de Jalapa y esbozó una hermosa iglesia colonial a orillas del camino bordeado por la espesa vegetación, incluyendo las casas en las laderas y las claramente delineadas siluetas de las montañas. Probablemente él mismo pertenecía al grupo de jinetes que cabalga en el primer plano de este boceto al óleo que se encuentra en el Museo de Chapultepec (Löschner y Moyssen, 1985)

⁴ Butzer, 1992; Denevan, 1992

siglo XVIII cuando el cultivo de caña de azúcar en Xalapa y otras áreas, incluyendo Córdoba, desplazó a los cultivos tradicionales de maíz, ya que encontró consumidores en el extranjero⁵.

En el siglo XVI ya se reporta “la vegetación de los bosques inmediatos a Jalapa debió ser copiosa y exuberante; no obstante que ya los españoles habían iniciado su tala para surtir de vigas y tablas a la ciudad de Veracruz”⁶.

Durante el siglo XVII, en las escasas relaciones de los viajeros que visitaron Xalapa, se describe su ambiente como “benigno clima templado, sus neblinas, el chipi chipi, los arroyos de cristalinas aguas, la fertilidad de la tierra, la exuberancia de sus bosques...”⁷.

Entre los primeros años de la Colonia y mediados del siglo XVIII no hay evidencias importantes de degradación ambiental, y según Denevan (1992), la presencia humana era menos visible en 1750 que en 1492, aunque la recuperación de ecosistemas fuese sólo parcial. Aunque es generalizado apuntar que la introducción del ganado por los españoles fue un agente de degradación ecológica, aparentemente no hay evidencia histórica de deterioro durante la Colonia; el ganado se manejó con una movilidad alta, no hubo erosión del suelo, los bosques persistieron y no fue sino hasta tiempos recientes que grandes extensiones de bosque fueron convertidos en potreros, cañaverales, cafetales y asentamientos.

Incluso a mediados del siglo XIX, Sartorius hizo una consideración sobre la baja densidad poblacional:

“al pasar por estos distritos fértiles, donde por largo tiempo ha habido asentamientos, por ejemplo, en los alrededores de Córdoba, Huatusco, Jalapa, Papantla y otros pueblos y villas grandes, nos sorprendimos por los pocos oasis de tierras cultivadas en proporción a los grandes trechos de lo que puede ser llamado tierras vírgenes. Esto se debe, en parte a la escasa población, en parte a la productividad del suelo, que en pequeños espacios produce una masa de frutos nutritivos...”

El siglo XIX

Los viajeros que visitaron esta región en las primeras décadas del siglo XIX mencionaron múltiples veces su asombro y agrado ante el paisaje, y describieron el



Una especie de árbol dedicada a Xalapa: *Oreopanax xalapensis*, conocido también como cinco hojas (cortesía de Claudia Gallardo)

⁵ Booker, 1993

⁶ Bermúdez Gorrochotegui, 1984, p. 24

⁷ Bermúdez Gorrochotegui, 1995, pp. 29-35

bosque de niebla de varias maneras. Von Humboldt escribió:

“...los bosques de ocozales (liquidámbar) cerca de Xalapa..., y los espesos bosques de *Styrax*, *Piper*, melastomos y helechos arbóreos, particularmente el que atraviesa el camino de Pacho y de San Andrés, las orillas del pequeño lago de los Berrios y las alturas que conducen al pueblo de Huastepec...”

Otro viajero, Bullock (1983, p.226-227) escribe así:

“el camino de Xalapa a Coatepec, cruzaba por la más hermosa y jaspeante región del mundo... a través de profundos bosques umbrosos constituidos por los más nobles y pintorescos árboles: elevados robles y pinos, ocotes que producen el liquidámbar, y el elegante helecho con ramas ondulantes y alegres como plumas (de 9 a 10 pies de largo), todo lo cual formaba una región notable.”

Y según Sartorius, alrededor de 1850:

“la región de los bosques siempreverdes... a la altitud de unos 1,300 m, plantas que se parecen a aquellas de las zonas templadas comienzan a aparecer: liquidámbar y pepinque (*Carpinus*) son más frecuentes en el bosque y cuatro especies de magnolia aparecen en grupos esparcidos. Cerca de las corrientes de agua, los troncos de los platanales (hayas) son reemplazados más arriba por sauces e ilites.”

Desde principios del siglo XIX, las colectas de especímenes botánicos han sido de gran importancia científica en esta región de Veracruz, más de 100 especies tienen como localidad tipo a Xalapa, es decir, que originalmente fueron descritas a partir de ejemplares colectados en la localidad, y muchas más especies han sido dedicadas a este lugar. Dentro de las especies tipo se encuentran varias orquídeas cuyo ejemplar tipo reporta “de México, cerca de Xalapa”, ejemplos de ello son *Acineta barkeri*, *Campylocentrum schiedei*, *Cyclopogon comosus*, *Epidendrum repens*, *Goodyera striata*, *Leochilus carinatus*, *Lepanthes avis*, *Lepanthes schiedei* y *Pleurothallis tubata*. También algunas especies de árboles han sido descritas a partir de ejemplares colectados en la región como *Juglans pyriformis* (nogal, de la Barranca de Coscomatepec), *Ulmus mexicana* (olmo, de la Hacienda de Mirador), *Weinmannia intermedia* (de Chiconquiaco). Algunas de las especies dedicadas a Xalapa son *Mirabilis jalapa* (maravilla), *Quercus xalapensis* (encino), *Conostegia xalapensis* (teshuate), *Oreopanax xalapensis* (siete hojas), *Croton xalapensis*, *Ardisia jalapensis*

Recuadro 2.1.

Los bosques mesófilos en los territorios de los Pueblos Indígenas de México

Eckart Boege

A nivel nacional, de 1,823,379 ha de bosque mesófilo de montaña, el 51.2% se encuentran en los territorios de los pueblos indígenas. La superficie de los territorios se obtuvo según las localidades contiguas con 40% y más de hogares indígenas con propiedad de la tierra comunal, ejidal y privada (Boege, E. El Patrimonio Biocultural de los Pueblos Indígenas, en preparación).

Los bosques mesófilos de montaña son compartidos por 28 de los 62 pueblos indígenas reconocidos por el INEGI. La mayor superficie se encuentra en los territorios de los pueblos zapoteco, tzeltal, chinanteco, mixe, zoque, nahuas de San Luis Potosí, Sierra Norte de Puebla y Norte de Veracruz, tzotzil, cora, mazateco, nahuas de Zongolica - Pico de Orizaba, mixteco, chatino, maya lacandón, cuicateco, tojolabal, chol, totonaca, y otomí. Estas regiones presentan una precipitación anual de 2500 mm a 4000 mm, alto impacto de huracanes.

El 70% de los 33 mil productores indígenas de café tienen en promedio 2 ha y la modalidad más tradicional es dar sombra con árboles de la vegetación original de los bosques, por lo que son los que mejor se han adaptado a los requerimientos de la cafecultura ecológica en alrededor de 100 mil hectáreas. En un muestreo de 31 productores se identificaron 300 especies de plantas y en una sola hectárea de café bajo sombra se tienen entre 40 y 140 especies de plantas útiles, tanto para autoconsumo como para la venta en mercados regionales, nacionales e internacionales (Moguel y Toledo, 2004).

No hay información sistemática sobre la domesticación de las plantas en el bosque mesófilo. Sin embargo, al igual que en otras zonas indígenas, se trata de centros de origen y diversificación donde encontramos un acervo genético y una interacción entre las plantas domesticadas y las silvestres. En los huertos familiares crecen aguacates (*Persea americana*), chirimoyas (*Annona cherimola*) y zapotes negros (*Diospyros digyna*) y en estas zonas es probable que se haya domesticado el frijol ayocote en sus dos subespecies (*Phaseolus coccineus coccineus* y *P. coccineus darwinianus*), otras adaptaciones de frijoles (*Phaseolus acutifolius*, *Phaseolus vulgaris*), chiles (*Capsicum annuum*, *Capsicum pubescens*), calabazas (*Cucurbita ficifolia*), chilacayote (*Cucurbita okeechobeensi*), jitomates citlalli semisilvestres (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*), tomate de cáscara o verde (*Physalis philadelphica*), chayotes (*Sechium edule*) (Challenger, 1998). Especial mención merecen las adaptaciones de cultivos resistentes a los embates de hongos y otras fitoenfermedades que hicieran los indígenas en estas zonas de altas precipitaciones, generando variedades de maíces como el olotón de la zona mixe, los frijoles y el jitomate citlalli.

(capulín), *Cuscuta jalapensis* y *Eugenia xalapensis* (escobilla).

Un hecho trascendental, desde el punto de vista ambiental, es que en la ciudad de Xalapa apareció, en 1846, el primer Reglamento para la Conservación y Aumento de Bosques de la República Mexicana. Antonio María Salonio, gobernador constitucional del Departamento de Veracruz emitió, el 27 de diciembre de 1845, un decreto que lo convirtió en un pionero conservacionista entre los gobernantes veracruzanos y más aún, entre los mexicanos. En este reglamento se autorizaba la creación de Juntas Protectoras de Arbolados, las cuales debían, entre varias obligaciones “dictar disposiciones para providenciar lo conducente a la conservación de bosques y arbolados, y a que unos y otros se aumenten”. En breve, este reglamento fue desde entonces todo un plan forestal que incluso 160 años después está a la vanguardia en términos de conservación y restauración ecológica de los bosques del centro de Veracruz.



Carátula del Reglamento para la Conservación y Aumento de Bosques, publicado en Jalapa, Veracruz en 1846.

El café

La región del centro de Veracruz se considera como cafetalera. Es probable que la introducción del café en México se remonte a las postrimerías del siglo XVIII, pues según datos publicados por Don Miguel Lerdo de Tejada relativos al comercio interior y exterior de México, entre los productos exportados por el Puerto de Veracruz durante los años 1802, 1803 y 1805 figura el café. De acuerdo con tal información salieron en el transcurso de esos años 272,493 y 336 quintales, respectivamente⁸. En la misma fuente se menciona la historia del cultivo del cafeto en el ex cantón de Coatepec, Veracruz, escrita por el señor don Mariano Contreras, y ahí se consigna

como fecha de introducción del café, procedente de La Habana, Cuba, el 16 de mayo de 1808⁹.

La introducción del café en la región se puede examinar desde muchos puntos de vista. Uno de ellos es que, gracias al cultivo tradicional del café, el paisaje se ha mantenido y aún queda bosque de niebla. Sin la introducción del café, posiblemente el destino agropecuario de la región hubiera tendido a convertir el paisaje en extensiones más amplias de potreros y cañaverales. Además, los árboles de sombra empleados en el cultivo del café contribuyen a mantener la fertilidad del suelo reduciendo la erosión y aportando gran cantidad de materia orgánica (producida por la hojarasca) y muchos de ellos también actúan “fijando” nitrógeno del aire en el suelo. El cafetal tradicional también es amigable para la biodiversidad; allí muchas especies de orquídeas, ranas, aves y demás organismos pueden refugiarse y encontrar santuario contra la destrucción de sus hábitats en el bosque.

Es importante mencionar que la crisis global en los precios del café ha tenido repercusiones serias para los productores y para la conservación de la diversidad original del bosque. El café tuvo crisis anteriores. En 1895 (p. 204), Joaquín María Rodríguez publicó:

“El café en México no ha sido siempre una planta productiva. En 1885 se puso el café á \$6 quintal, y como no pagaba ni siquiera los gastos que se hacían en su cuidado, corte y recolección, los dueños de solares y huertas del rico grano, con muy raras excepciones, mandaron destruir los arbolitos para dedicar los terrenos á otra siembra más productiva.”

Pero el mismo autor (p. 181 y 196) menciona:

“...el café, hoy por hoy, constituye una finca de gran porvenir... la siembra del cafeto ha tomado en México auge y cuenta con muchos partidarios...”

Finalmente aconseja (p. 230):

“...el xalapeño que quiera ser dichoso en este valle de lágrimas, debe ir á Coatepec á formarse un capital sembrando café, pasar después a Banderilla á buscar la compañera, y volver después a Xalapa á gozar de la benignidad de su clima, de su culta sociedad y de los placeres inocentes que proporciona.”

⁸ Comisión Nacional del Café, 1955

⁹ El lugar de origen del café es Etiopía.

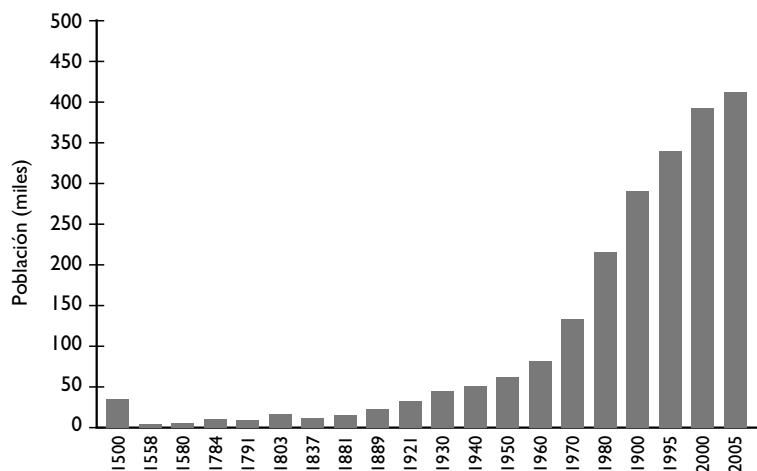


Figura 2.1. Crecimiento poblacional de la ciudad de Xalapa. Debido a epidemias, enfermedades y hambrunas, la población nativa continuó disminuyendo en los primeros años de la Colonia. En 1570 tenía 900 tributarios, en 1580 tenía 639 y para 1609 sólo 370, pero la población de origen ibérico iba en aumento. Para el año de 1746 el pueblo estaba constituido por 910 españoles y 1805 mestizos. En 1784 la localidad tenía una población de 7200 habitantes. A finales de la época colonial, la población alcanzaba los 13000 habitantes. Aunque debido a epidemias y guerra, el censo de 1837 da un total de 7530 habitantes. En censo de 1881 la población ya ascendía a 12000 habitantes. La recuperación prehispánica se alcanzó en 1920.

Crecimiento demográfico

Las raíces históricas de Xalapa son totonacas, y debieron ser tres los núcleos de población totonaca de los cuales surgieron los barrios en torno a los manantiales. De Tecuanapan surgió Xallapan, y de Techacapan y Xallitic nacieron los barrios de esos nombres. En cambio, Tlalmecapan no era propiamente un barrio, sino “una labor donde siempre han sembrado maíz y otras semillas”, y hasta la etapa colonial se convirtió en el barrio de Santiago. El origen de Xalapa se pierde en la historia, de acuerdo a datos históricos tal vez se remonta al año 1116 de nuestra era, cuando los toltecas pasaron por el sitio en su peregrinar rumbo a tierras de Yucatán, o fue fundada en 1313 por diferentes conquistas de pueblos chichimecas, o el año fue 1380, cuando la población totonaca se incrementó con gente procedente del pueblo de Quimichtlan. Finalmente se reporta que fue reconquistada en 1467 y desde entonces tuvieron que pagar tributo a los aztecas, y así, en 1519 recibió a Hernán Cortés y el poblado pasó a ser parte de la Nueva España. Según la Relación de Jalapa de Bravo de Lagunes, en tiempos de Moctezuma la población ascendía a treinta y tantos mil, pero en 1580 había 639 tributarios, atribuyéndose esta disminución al cocolixtle, que quiere decir “peste”. Tal vez la población de lo que ahora es Xalapa, al tiempo de la Conquista, era menor a diez mil habitantes; de cualquier manera, a nivel del centro de

México la población diezmada durante los primeros tiempos de la Colonia no alcanzó las cifras precolombinas sino hasta 1960. En la región de Xalapa, las cifras de población desde tiempos de Moctezuma al último censo, indican que la recuperación prehispánica se pudo haber alcanzado en 1920. En ese periodo la población creció con una pendiente suave, pero a partir de la década de 1970 se disparó el crecimiento demográfico y urbano (Figura 2.1). El crecimiento actual se debe a flujos migratorios que han colocado a Xalapa dentro de las ciudades del país con alta tasa de crecimiento demográfico y territorial.

Al relacionar la tasa de crecimiento poblacional de Xalapa como un indicador de presión sobre el bosque de niebla de la región, y las varias crónicas y evidencias, se deduce que efectivamente el bosque de niebla sobrevivió al paso de los siglos y mantuvo su integridad hasta las últimas décadas. A partir de los años ochentas el crecimiento desordenado de la ciudad ha sido la causa principal de desaparición de grandes extensiones de bosque. Actualmente, en los alrededores de Xalapa y hacia el oeste de la ciudad sólo queda el 10% de bosque, la mayor parte son potreros y acahuals, aun así, los asentamientos urbanos, y los fraccionamientos continúan creciendo a expensas de la vegetación del bosque y la infraestructura a expensas de la vegetación secundaria y cafetales de sombra que cumplen una función importante como corredores biológicos, según se verá en los capítulos siguientes.

Bibliografía

- Arreola, D. D. 1982. Nineteenth-century townscapes of Eastern Mexico. *Geographical Review* 72:1-19.
- Bermúdez Gorrochotegui, G. 1984. *Jalapa en el siglo XVI*. Editora del Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Ver. 364 p.
- Bermúdez Gorrochotegui, G. 1995. *Historia de Jalapa Siglo XVII*. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 428 p.
- Booker, J. R. 1993. *Veracruz Merchants, 1770-1829. A mercantile elite in late Bourbon and early independent Mexico*. Westview Press. Dellplain Latin American Studies, No. 29. Boulder, Colorado.
- Bullock, W. 1983. *Seis meses de residencia y viajes en México*. Banco de México. México, D.F.
- Butzer, K. W. 1992. The Americas before and after 1492: an introduction to current geographical research. *Annals of the Association of American Geographers* 8:345-368.
- Comisión Nacional del Café. 1955. *El café en México. Consejos sobre su cultivo*. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México. 130 p.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO, Instituto de Biología, Sierra Madre. México, D. F. 847 p.
- Denevan, W. M. 1992. The pristine myth: the landscape of the Americas in 1492. *Annals of the Association of American Geographers* 82:369-385.
- Echeagaray, J. I. 1979. *Códice Mendocino ó Colección de Mendoza. Manuscrito mexicano del siglo XVI que se conserva en la Biblioteca Bodleiana de Oxford*. San Angel Ediciones, S. A. México, D. F. 194 p.
- González de Cossio, F. 1957. *Xalapa. Breve reseña histórica*. Talleres Gráficos de la Nación. México, D.F. 488 p.
- Humboldt, A. von. 1966. *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*. Editorial Porrúa, S.A. México, D. F.
- Löschner, R. y X. Moyssen. 1985. *El México luminoso de Rugendas*. Edición Privada de Cartón y Papel de México, S.A. de C.V. Colección Cultura y Pasado de México. México, D.F. 168 p.
- Marchal, J. Y. y R. Palma. 1985. *Análisis gráfico de un espacio regional: Veracruz*. INIREB-ORSTOM. Xalapa. 220 p.
- Moguel P. y V.M. Toledo. 2004. Conservar produciendo: Biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas* 55:2-7.
- Peterson, A. A. y T. Peterson. 1992. Aztec exploitation of cloud forests: tributes of liquidambar resin and quetzal feathers. *Global Ecology and Biogeography* 2:165-173.
- Rodríguez, J. M. 1895. *Apuntes sobre el cantón de Xalapa, estado de Veracruz, México*. Publicados desde julio de 1893 a febrero de 1895 en: La Voz de la Verdad. Imprenta Veracruzana de la Viuda e Hijos de Ruiz. Xalapa. 324 p.
- Sartorius, C. 1961. *Mexico about 1850*. F. A. Brockhaus Komm.-Gesch. G. M. B. H., Abt. Antiquarium. Stuttgart.
- Siemens, A. H. 1999. *Between the submitt and the sea. Central Veracruz in the nineteenth century*. University of British Columbia Press. Vancouver. 234 p.
- Simonian, L. 1995. *Defending the land of the jaguar. A history of conservation in Mexico*. University of Texas Press. Austin, Texas. 326 p.
- Whitmore, T. M. y B. L. II Turner. 1992. Landscapes of cultivation in Mesoamerica on the eve of the Conquest. *Annals of the Association of American Geographers* 82:402-425.

La biodiversidad

CAPITULO 3

La biodiversidad es el número de especies diferentes en una región, sea la selva, el bosque de niebla o el parque del centro de una población, pero también es algo más que un número de especies. Utilizando la metáfora de Daniel Janzen (1988), los bosques son como los libros y las bibliotecas: el valor de un libro no se mide por el número de palabras o el número de tipos de palabras que contiene, los libros se pueden comparar con las especies en un bosque en el sentido de que aparentemente tienen poco significado, excepto en su contexto.

Una aproximación que sólo considere el número de especies presentes en un hábitat está incompleta, porque un mayor número de especies en un ecosistema no implica que sea más valioso que otro para ser conservado. Es importante conocer el número de especies, pero también su grado de dominancia, su abundancia, las especies raras, las formas de vida y la contribución de las especies a la estructura y funcionamiento de la comunidad. Por eso, la definición actual de la biodiversidad incluye ecosistemas, especies, genes y algunos expertos mencionan incluso a las poblaciones de organismos y hasta los diferentes comportamientos de los animales.

La biodiversidad es una medida de la cantidad de organismos en una región o en un hábitat y consiste de dos componentes: el primero se llama riqueza y es la variedad o composición de especies presentes en ese hábitat, y el segundo es la abundancia relativa de los individuos de cada especie. La biodiversidad tiene aspectos interesantes, ya que al conocer cuántas especies existen en un lugar y cuál es la abundancia de los representantes de cada especie, se pueden conocer las especies dominantes y también detectar la existencia de aquellas especies raras o poco abundantes. De la misma manera, al describir la biodiversidad se puede conocer cuáles son las especies llamadas endémicas, es decir, aquellas cuya distribución está reducida a un país, o una región o un sitio o localidad.

México es un país megadiverso. La designación de países megadiversos se hace tomando en cuenta el número de ecosistemas, el número de especies de plantas y animales y el número de especies endémicas encontradas en ellos. La megadiversidad biológica que presentan algunos países del mundo es casi siempre un reflejo de encontrarse en la confluencia de las biotas de diferentes reinos biogeográficos. En Indonesia, dos grandes reinos biogeográficos se unen —el Indomalayo y el Australiano— y resultan en una mezcla espectacular de especies que le confiere a este país la característica de ser uno de los más megadiversos del mundo. México, al ubicarse en la zona de transición entre otros dos grandes reinos biogeográficos —el Neártico y el Neotropical— resulta también en una alta biodiversidad, conteniendo alrededor del 12% de las especies del planeta y por lo tanto también se encuentra entre los cinco países más diversos del mundo. Además,

México es el país más diverso en especies de pinos (*Pinus*, 55 especies), encinos (*Quercus*, 161 especies), el segundo más diverso en mamíferos (530 especies) y reptiles (804 especies), el cuarto en anfibios (361 especies) y el séptimo en aves (1107)¹. México también ofrece las condiciones necesarias para que el 51% de todas las aves migratorias de Canadá y Estados Unidos puedan habitar sus bosques, selvas, humedales y otros ecosistemas durante seis a nueve meses cada año. Precisamente, en esta concurrencia de reinos biogeográficos, y por lo tanto compartiendo elementos de ambas biotas, se encuentra el bosque mesófilo de montaña o bosque de niebla.

La biodiversidad del bosque de niebla

El bosque de niebla se encuentra en 0.8% del territorio nacional, pero contiene unas 2,500 especies de plantas que crecen preferente o exclusivamente en este tipo de bosque. Este número de especies de plantas representa entre 10 y 12% de todas las especies vegetales estimadas para México, lo que hace de este tipo de bosque el más diverso en México en relación a la superficie que ocupa. En el bosque de niebla, la forma biológica más diversa son las plantas epífitas, que representan el 32% de las especies vegetales, los árboles representan el 18% mientras que los arbustos y las hierbas contribuyen con el 24% cada una, y los bejucos con el 2%. Algunos grupos son particularmente ilustrativos del alto número de especies endémicas en el bosque de niebla, los helechos son un buen ejemplo. Además, el bosque cuenta con una alta cantidad de especies endémicas de plantas (750 especies), reptiles (102 especies), anfibios (100 especies), aves (201 especies) y mamíferos (46 especies)². De acuerdo a los anteriores datos, definitivamente la región del bosque de niebla es muy diversa.

¿Por qué es tan diverso el bosque de niebla?

La flora y la fauna y los hongos del bosque de niebla constituyen una biota muy diversa por varias razones. La riqueza se explica ecológicamente basándose en un aspecto sobresaliente del bosque de niebla que es la gran heterogeneidad topográfica y microambiental. Esta variedad de hábitats causa cambios en distancias cortas en las interacciones abióticas y bióticas, en la estructura de la vegetación y consecuentemente en la distribución y composición de nichos ecológicos, lo que

¹ CONABIO, 2006

² Rzedowski, 1996; Challenger, 1998

Recuadro 3.1

Los hongos en el bosque de neblina

Gastón Guzmán

Los hongos como un grupo de organismos caracterizados por su alta diversidad en tamaños, formas y colores y por ende por su complejidad taxonómica, no pueden faltar en un tratado sobre el bosque de neblina, en donde son uno de los grupos mejor representados. Además, la importancia ecológica de estos organismos es tan grande, que ignorarlos sería caer en caminos equivocados en el entendimiento de los procesos biológicos. Sin embargo, en contraste con su alta diversidad e importancia biológica, ecológica, económica y social, los hongos no se han evaluado bien ni cualitativa ni cuantitativamente en el país. El autor ha estimado a nivel nacional que existen en México entre 150,000 y 200,000 especies de hongos, basándose en los métodos del micólogo Hawksworth, quien estimó que a nivel mundial hay más de 1,500,000 especies. Pero, estas cifras se verán más grandes y significativas, si se comparan con el número de especies que realmente se conocen, las cuales en ambos casos, son alrededor del 6 % (!). Refleja ésto, el poco desarrollo de los estudios sobre la diversidad de los hongos, tanto a nivel nacional, como mundial.

Los hongos los podemos dividir, desde el punto de vista práctico, en microscópicos y macroscópicos. Entre los primeros están los mohos, los parásitos de vegetales, de los animales y del hombre, y aquéllos que crecen en el suelo o en restos vegetales y animales. Son tan diversificados estos hongos microscópicos, que tan solo en los del suelo y en el bosque de neblina de Veracruz, Heredia y colaboradores (2006) han registrado casi 300 especies. Respecto a los hongos macroscópicos, existen en el bosque de neblina un gran número de especies no valoradas todavía, a pesar de los muchos estudios efectuados. Entre los hongos macroscópicos del bosque de neblina de Veracruz, están las especies comestibles, las venenosas, las alucinógenas y las destructoras de la madera, las cuales son de mucha importancia ecológica, económica y social. Entre los hongos comestibles y venenosos se encuentran varias especies micorrízicas, cuyo papel biológico en el bosque es indiscutible, ya que debido a esta asociación entre los hongos y las raíces de los árboles, el bosque se mantiene en equilibrio. Hongos micorrízicos importantes en el bosque en discusión son *Amanita tecomate*, conocido como “tecomate” y *A. bisporigera*, identificado como el “ángel de la muerte”. El primero es de alto valor económico y de venta en los mercados populares y el segundo uno de los hongos más tóxicos que se conocen, ya que su ingestión provoca la muerte. Ambas especies, afortunadamente son muy fáciles de identificar, porque la primera tiene el sombrero rojo-anaranjado y las láminas y el pie amarillos, mientras que la otra es totalmente blanca. Entre los hongos que crecen en la madera, hay muchas especies con fructificaciones correosas o leñosas que no son comestibles ni venenosas, no así algunas son medicinales. Pero también hay especies

carnosas comestibles, con alto valor económico como son *Pleurotus djamor*, las conocidas “orejas blancas” y *Laetiporus sulphureus*, el llamado “hongo de comalito”, ambos de venta en los mercados populares.

Referente al género *Psilocybe*, en donde están ubicados los famosos hongos alucinógenos de Oaxaca, es importante señalar que el bosque de neblina de Veracruz, incluyéndose sus variantes como los potreros y cafetales, tiene el número más alto de estas especies en el país, con 29. Por otra parte, México es el país con más especies alucinógenas de *Psilocybe*, con más de 50. A nivel nacional, de Oaxaca se conocen 27 especies alucinógenas de *Psilocybe* y de Jalisco 9 especies. En las tres entidades más del 90 % de las especies están confinadas al bosque de neblina o a sus variantes ecológicas arriba señaladas. Con el ejemplo de las especies de *Psilocybe*, se resalta la importancia del bosque de neblina de Veracruz en la diversidad micológica a nivel nacional.



Amanita tecomate, el famoso hongo comestible “tecomate” de Veracruz, endémico del bosque de neblina (cortesía de Santiago Chacón).

influye en los patrones de diversidad de la biota. Así, el bosque tiene altos niveles de recambio de especies de un sitio a otro.

La diversidad vegetal asimismo se ha relacionado con el hecho de que la flora esté formada por especies de diferente afinidad o historia fitogeográfica. La mezcla de especies se explica históricamente debido a eventos geológicos importantes que contribuyeron a la distribución actual de las especies. Debemos recordar que los continentes se han formado y han migrado continuamente debido a la tectónica de placas, y estos eventos han afectado a las plantas y su evolución debido a cambios drásticos en las condiciones climáticas. La expansión de plantas también se relaciona con la apertura o cierre de puentes de tierra o a la elevación de barreras montañosas. Como ya se ha indicado, el bosque de niebla está formado por una mezcla de especies de origen templado y tropical, además de un sobresaliente grupo de plantas endémicas. Muchos de los árboles caducifolios del dosel tienen afinidad templada y también crecen en los bosques templados del este de los Estados Unidos, aquí mencionamos a los pepinques (*Carpinus caroliniana*, *Fagus grandifolia* y *Ostrya virginiana*), el liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) y los encinos (*Quercus* spp.). Algunos géneros de origen templado se encuentran presentes en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica, por

ejemplo especies de los géneros *Alnus*, *Cornus*, *Prunus*, *Quercus* y *Rhamnus*. También existen géneros australes templados comunes al bosque de Veracruz, a varios bosques de niebla neotropicales y a los bosques templados de América del Sur, como *Podocarpus*, *Drymis* y *Weinmania*. El bosque de niebla también contiene muchos géneros de afinidad asiática (malayo-americanos) como *Clethra*, *Cleyera*, *Hedyosmum*, *Magnolia*, *Perrottetia*, *Persea*, *Saurauia*, *Styrax*, *Symplocos* y *Turpinia*; y pocos géneros de origen africano como *Lippia* y *Trichilia*. Algunos otros géneros se consideran pantropicales como *Eugenia*, o cosmopolitas o de distribución mundial como *Ilex*³.

En el bosque de niebla, el elemento tropical es numéricamente más importante que el elemento templado. La mayoría de las plantas del sotobosque –árboles pequeños, arbustos, helechos y hierbas– y la enorme comunidad de epífitas, como tenchos y orquídeas, son de afinidad tropical.

El sotobosque o estrato del piso del bosque tiene una sombra profunda y una humedad alta, y los helechos son abundantes. Los arbustos más abundantes pertenecen a familias muy conocidas como es el caso de *Miconia glaberrima*, de la familia de los teshuates (Melastomataceae), *Palicourea padifolia* (familia del café, Rubiaceae), *Eugenia xalapensis* (familia de las guayabas, Myrtaceae) y *Ocotea psychotrioides* (familia de los aguacates, Lauraceae).

Las epífitas son plantas que han desarrollado un conjunto de adaptaciones estructurales y funcionales para ocupar muchos nichos del dosel del bosque. Las plantas epífitas dependen de los árboles hospederos como soporte físico, pero no toman nutrientes de ellos. El bosque de niebla es el tipo de vegetación con el mayor número de especies epífitas. Dentro de éstas, las orquídeas, los tenchos, los helechos y las peperomias y los musgos son las más abundantes.

Los tenchos (familia Bromeliaceae) son muy exuberantes, entre las especies más llamativas dentro del bosque se encuentra *Tillandsia deppeana*. Otras muy conocidas son *Tillandsia multicaulis* y *Tillandsia punctulata* por ser utilizadas en la fabricación de arcos florales.

Los helechos (pteridofitas y plantas afines) representan el 20% de la biodiversidad de especies vegetales en los bosques de niebla y su forma biológica puede ser arborescente, epífita, arbustiva y herbácea. Este grupo es particularmente ilustrativo del alto número de especies endémicas en el bosque de niebla y al mismo tiempo de especies amenazadas como los helechos arborescentes en la familia Cyatheaceae.

Las hemiepífitas destacan porque son árboles que crecen sobre otros árboles y se distinguen de las epífitas por su conexión con el suelo. Estas hemiepífitas leñosas



Bosque de *Fagus grandifolia* en el cráter del volcán Acatlán (GWL)

³ Rzedowski, 1978; Challenger, 1998

se establecen primero como plantas epífitas y una vez ancladas sobre el hospedero mandan sus raíces a la tierra. Las hemiepífitas son muy abundantes en estos bosques de niebla. Dentro de las que se encuentran en esta región destacan *Oreopanax capitatus* o choco, *Clusia* y los matapalos o higuerones del género *Ficus*.

Biodiversidad de árboles

La región es grande, y para tener una idea de la diversidad que contiene es necesario estudiar muchos sitios que la representen. Varios fragmentos de bosque se seleccionaron para mostrar la cantidad de especies de árboles, así como la variación que existe en el bosque de niebla.

Cuando hablamos de la diversidad, es útil reconocer tres escalas: la diversidad alfa, la beta y la gamma. La diversidad alfa es el número de especies por unidad de superficie en un hábitat o comunidad; en nuestro caso, puede ser la diversidad de un bosque o un cafetal. Por su parte, la diversidad beta mide la diversidad entre sitios y así refleja los cambios en la composición de especies a lo largo de un gradiente ambiental o de una serie de hábitats, como serían todos los fragmentos de bosque de la región montañosa del centro de Veracruz. La diversidad gamma, por su parte, es la riqueza de especies de una región geográfica, por ejemplo, el paisaje que incluye todos los bosques, las fincas cafetaleras, los potreros y los acahuales presentes en el mosaico paisajístico de esta región.

Ahora abundaremos en las escalas referidas.

Diversidad alfa. La diversidad alfa o número de especies de árboles (o arbustos, o ranas, o insectos) en un fragmento de bosque es muy variable. En cada uno de los diez fragmentos de bosque estudiados se muestrearon 1000 m², completando una hectárea, y en ellos se contaron 1029 árboles que representan 83 especies de árboles nativos diferentes, pero el número de especies de árboles en cada fragmento varía entre 3 y 23. Los árboles del dosel más abundantes y que crecen en más sitios son liquidámbar, varias especies de encinos (*Quercus xalapensis*, *Q. leiophylla*, *Q. germana*) y marangola (*Clethra mexicana*). Los árboles de tamaño intermedio más comunes son *Turpinia insignis*, *Cinnamomum effusum*, *Carpinus caroliniana* y *Oreopanax xalapensis*. Algunos árboles son muy importantes, pero sólo son dominantes en pocos bosques (ver Apéndice 2). Entre ellos se encuentran *Fagus grandifolia* var. *mexicana* (acailite, guichín), *Magnolia schiedeana* (magnolia), *Podocarpus matudai* (lengua de pájaro) y *Oreomunea mexicana* (zopilote). Otros árboles crecen preponderantemente a lo largo de los ríos, como las hayas (*Platanus mexicana*) que forman bosques riparios. La

dominancia de las especies de árboles cambia de un sitio a otro y este patrón de cambio puede deberse a la heterogeneidad ambiental y a la fragmentación del paisaje.

Es importante destacar que el inventario de especies levantado en una muestra y en algunos fragmentos de bosque no es el catálogo completo de la biodiversidad de árboles del bosque de niebla regional. Al igual que en las encuestas, en la naturaleza sólo se puede muestrear una parte del todo, por lo que se han desarrollado métodos estadísticos y programas que permiten estimar, a partir de la



Oreopanax capitatus (choco) es un árbol hemiepífito porque germina y crece sobre otro árbol, pero una vez anclado sobre el hospedero manda sus raíces a la tierra (Sánchez Vigil)

variación de la riqueza de especies entre sitios, cuántas especies más deben estar en una zona geográfica.

Un primer acercamiento es usar las curvas de acumulación de especies-área (Figura 3.1), y después seleccionar algún estimador de la riqueza de especies que nos indique cuántas se requieren para completar las listas de especies en una región. Existen varios estimadores de la riqueza de especies que predicen el número de ellas que faltan para completar los inventarios (Colwell y Coddington, 1994; Magurran, 2004). Cuando un inventario está completo, la curva de acumulación de especies se nivela, es decir, alcanza una asíntota. Nuestras curvas de acumulación de especies no alcanzaron esa asíntota, lo cual indica que hay más especies de árboles por encontrar. Los diez fragmentos de bosque son representativos del bosque de niebla de la región, pero aún así, los estimadores de riqueza predicen que deben aparecer más de 20 especies de árboles nativos en la región (Cuadro 3.1). El único manchón donde se encontraron todas las especies de árboles fue el bosque dentro del cráter del volcán de Acatlán, un hábitat relativamente reducido y con características únicas, el cual realmente sólo tiene tres especies: guichín o acailite, magnolia y lengua de pájaro.

Diversidad beta. Cada fragmento de bosque está formado por un grupo o ensamble de especies de árboles (diversidad alfa) que es diferente al ensamble del bosque siguiente, ya sea en la composición misma o en el grado de dominancia de los árboles dentro del fragmento. El recambio de grupos o ensamble de especies entre los fragmentos de bosque es muy alto debido a la heterogeneidad topográfica y ambiental de la región, que cambia las condiciones microclimáticas en distancias geográficas muy cortas, de un bosque al siguiente. La diversidad beta alta es una característica de los bosques de niebla de los trópicos.

Esta diversidad se estima utilizando índices o indicadores que determinan el grado de similitud en la composición de especies entre fragmentos. La complementariedad de la riqueza de especies es otro indicador de la diversidad beta y es la proporción de especies que se encuentran en dos sitios respecto a las especies que sólo se encuentran en uno de ellos. Este concepto captura el sentido de que floras complementarias forman parte de un todo, e intenta abarcar lo distintivo de la composición de especies a lo largo de un amplio espectro de escalas ambientales, ya sea las diferencias entre varios hábitats o a nivel de paisaje. La complementariedad es 0% cuando las dos listas son idénticas, y es de 100% cuando las listas son completamente distintas. El recambio de especies entre fragmentos de bosque es muy alto, por lo que la composición de especies de árboles de los fragmentos tiene una complementariedad muy elevada: la complementariedad entre pares de sitios es



Bosque de *Oreomunea mexicana* o zopilote (cortesía de Claudia Gallardo)

mayor al 50% en todos los casos. En la región de Veracruz, la diversidad beta fue relativamente más baja entre los sitios localizados a altitudes menores (1,250-1,500 m) que entre los bosques localizados a altitudes por arriba de 1,500 m. Los fragmentos de bosque localizados en elevaciones más bajas comparten solamente cerca del 30% de las especies de árboles. Algunos de los bosques que se encuentran a altitudes altas se caracterizaron por la presencia de árboles poco comunes como acailite o zopilote, y por lo tanto comparten sólo un 10% de las especies con los bosques de niebla más bajos.

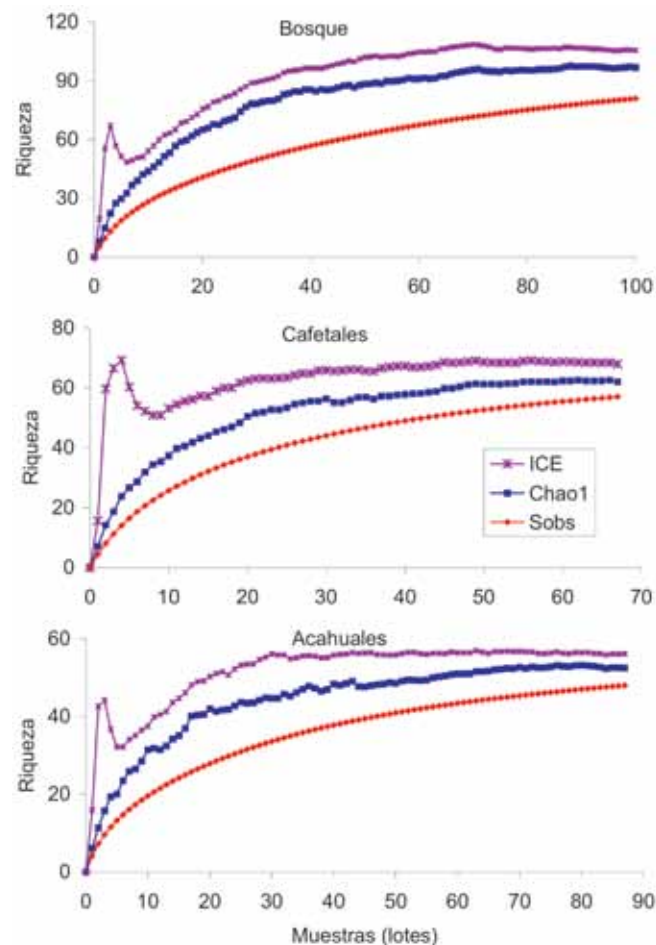


Figura 3.1. Curvas de acumulación de especies (riqueza) al aumentar el área muestreada (lotes). ICE y Chao1 son estimadores de la riqueza que predicen el número de especies que deberían de existir en un área dada, Sobs es el número de especies observadas en las muestras.

La alta complementariedad entre los fragmentos tiene importancia para la conservación del bosque y del conjunto de su biodiversidad, ya que otros grupos de especies, tanto de flora como de fauna y hongos, dependen de la estructura vegetal y podrían tener también una riqueza complementaria. Por ejemplo, la complementariedad de especies de ranas (30 a 92%) y de escarabajos del estiércol (41%) es también muy elevada (Pineda y Halffter, 2004). Asimismo, los helechos, tanto epífitos como terrestres, presentan complementariedades entre 50 y 87% en los bosques de la región. Por lo tanto, para asegurar la conservación de la mayor parte de la biodiversidad del bosque, es necesario conservar la mayoría de los fragmentos existentes.

Diversidad gamma. Esta diversidad, a nivel paisaje, incluye el bosque fragmentado pero inmerso en una matriz formada por espacios dedicados a otros usos del suelo que también contribuyen a mantener la biodiversidad regional.

En la región del centro de Veracruz, la pérdida de hábitat original está entre 70 y 90%, pero debido a la existencia de otros sistemas que sirven como conectores y amortiguadores, no se ha detectado la pérdida de diversidad para ciertos grupos: aunque no sabemos aún si la destrucción del hábitat se está aproximando a un umbral en donde se condene a la extinción a todos los grupos cuyas poblaciones se hayan reducido tanto que no sean capaces de recuperarse, lo que podría ser el caso. Ciertamente, ha sido difícil relacionar a la fragmentación y a la pérdida de biodiversidad, aunque tal vez primero debemos saber ¿cuál es la diversidad regional?

Para contestar a esta pregunta, se debe identificar la diversidad asociada a diferentes coberturas y usos del suelo, como serían fragmentos de bosque, acahuales de varias edades y fincas cafetaleras activas y abandonadas. Estos sitios pueden ser representativos de la variedad de habitats que existen en la región. La contribución a la riqueza de especies de árboles nativos en el paisaje se determina al conocer la diversidad alfa de cada sitio, la diversidad beta dentro de cada categoría y la diversidad gamma del paisaje regional.

La diversidad gamma del paisaje es muy reveladora; en una muestra de cuatro hectáreas se registraron 3021 individuos en 154 especies de árboles. De esas especies 125 fueron especies nativas al bosque de niebla (Cuadro 3.1). Obviamente el bosque

Cuadro 3.1. Número de especies de árboles observados (Sobs) en el paisaje del centro de Veracruz: todos los sitios juntos, sólo en fragmentos de bosque, acahuales y cafetales. Se presentan dos estimadores de la biodiversidad llamados ICE y Chao 1, que indican cuántas especies de árboles hacen falta para completar los inventarios o listas de especies.

Todos los sitios	Sobs	ICE	Chao 1	faltan en inventarios
todas las especies	154	178	172	24 - 18
nativas	125	142	139	17 - 14
Bosques				
todas las especies	83	108	100	25 - 17
nativas	81	106	97	25 - 16
Acahuales				
todas las especies	52	61	58	9 - 6
nativas	48	56	53	8 - 5
Cafetales				
todas las especies	85	103	93	18 - 8
nativas	57	68	62	11 - 5

fue la categoría con mayor riqueza y dos fragmentos de bosque tuvieron el número más elevado de especies de árboles, pero esta riqueza sólo representa el 26% de la diversidad total de especies de árboles. Lo anterior indica que la diversidad alfa no está originando la alta diversidad de especies en la región, sino la diversidad beta.

La biodiversidad de especies nativas también se puede encontrar en usos del suelo diferente a bosque. Diferentes tipos de especies resaltan la importancia de los elementos del paisaje como reservorios de la biodiversidad regional. Sorprendentemente, hay especies típicas del bosque primario que actualmente ya no se encuentran en el bosque, pero que encontraron refugio en otros usos del suelo y ahora se les encuentra como poblaciones activas creciendo y reproduciéndose en cafetales y hasta en acahual y árboles aislados en potreros (Figura 3.2). De 125 especies de árboles nativos registradas a nivel de paisaje, 43 se encontraron exclusivamente en bosque, seis estuvieron en bosque y cafetal, 17 en bosque y acahual, nueve sólo en cafetal y acahual y 15 en los tres tipos de uso del suelo. Sin embargo, 27 especies de árboles se encontraron sólo en los cafetales y ocho solamente en los acahuals (Figura 3.2.A). En el caso de las 54 especies de orquídeas epífitas registradas en tres usos del suelo, ocho especies se encontraron sólo en

fragmentos de bosque, tres sólo en cafetales y ocho sólo creciendo en árboles aislados en potreros (Figura 3.2 B). En el caso de algunos vertebrados la contribución de especies a la riqueza del paisaje es algo diferente. De 21 especies de ranas, ocho se encontraron exclusivamente en los bosques, pero ninguna especie fue exclusiva de cafetal o de potrero (Figura 3.2 C; Pineda y Halffter, 2004). En cambio, los murciélagos se observaron tanto en bosque como en cafetal, con la excepción de una especie registrada en cada categoría. También se encontraron 17 especies de escarabajos, una fue exclusiva del bosque mientras que nueve se encontraron sólo en cafetal (Figura 3.2 D; Pineda *et al.*, 2005).

Grupos indicadores

La biodiversidad regional total es tan alta que en realidad, sería muy difícil que se pueda llegar a conocer completamente, por lo tanto es necesario utilizar grupos indicadores de la biodiversidad. Numerosos estudios han intentado identificar a grupos de plantas y de animales como estos grupos indicadores en diferentes regiones, incluyendo el bosque de niebla de la región aquí presentada.

Helechos. La diversidad de helechos se relacionó con la diversidad de árboles para explorar la posibilidad de utilizarlos como una medida sustituta de la diversidad y complementariedad de los fragmentos de bosque⁴. Existen varias razones para seleccionar a los helechos cuando se estudia la biodiversidad del bosque de niebla. Una de ellas es que el bosque de niebla tiene el número más alto de especies de helechos que cualquier otro tipo de vegetación en México: alrededor de 500 especies. Los helechos requieren condiciones ambientales muy particulares, por lo que su presencia o ausencia en un bosque puede ser un buen indicador para definir si un bosque es prístino o está perturbado o está siendo afectado por el cambio climático global (ver Capítulo 11). Muchos de los helechos son terrestres y por lo tanto son más fáciles de observar que las epífitas como las orquídeas, que también son altamente endémicas; además los helechos y plantas afines constituyen uno de los grupos más antiguos de plantas, y su alta riqueza de especies está siendo reducida debido a la destrucción del hábitat. En las mismas unidades de muestreo utilizadas para árboles se identificaron 83 especies de helechos. Según los indicadores aún se necesitarían encontrar alrededor de 14 especies más para completar el inventario, pero al buscar en todo el fragmento se encontraron 103 especies en total, que

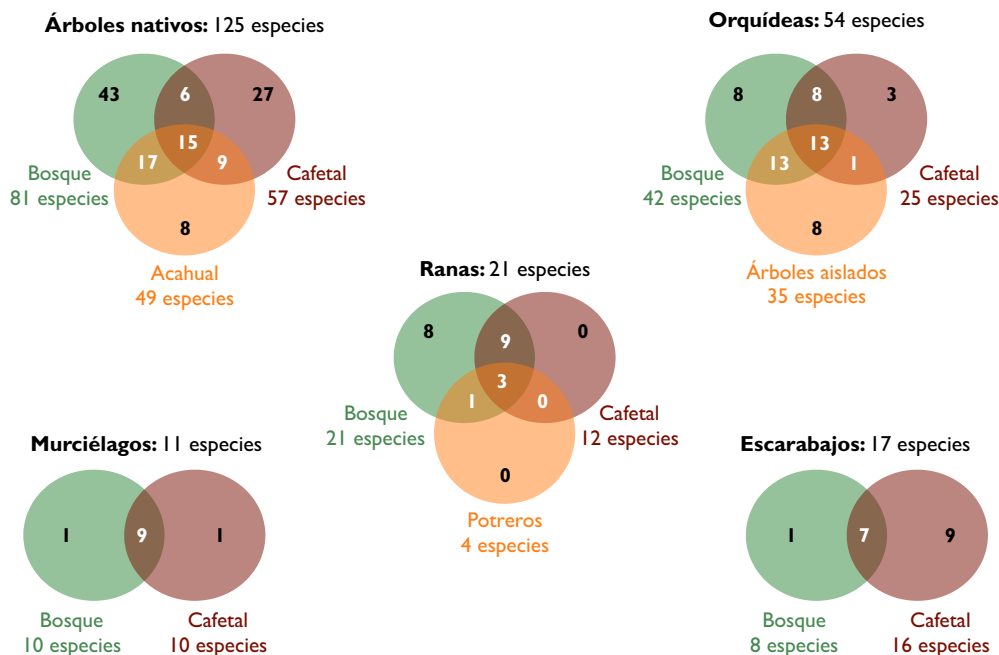


Figura 3.2. La biodiversidad de las especies nativas se encuentra en bosques, cafetales y acahuals en la región del bosque de niebla del centro de Veracruz.

⁴Williams-Linera *et al.*, 2005

Recuadro 3.2

Las aves entre la niebla

Juan Francisco Ornelas

La imagen quizás más simbólica de un bosque de niebla prístino es la aparición repentina entre la niebla del quetzal resplandeciente, *Pharomachrus mocinno* (Trogonidae). El bosque de niebla remanente en el centro de Veracruz, fragmentado históricamente y de manera acelerada en tiempos recientes, contiene una gran diversidad de aves, de 160 hasta 200 especies en algunos fragmentos. Como los quetzales, varias especies de aves son notables por su rareza en apariencia y porque son escasos, por ejemplo, *Lamprolaima rhami* (Trochilidae), un colibrí típico del bosque de niebla observado a la fecha sólo en un fragmento de bosque de niebla, alimentándose del néctar de las flores del muérdago *Psittacanthus schideanus* (Loranthaceae) y del arbusto *Palicourea padifolia* (Rubiaceae). Otras especies de aves en el bosque de niebla son notables por la complejidad de su organización social, por ejemplo, las peas o pepes, *Cyanocorax morio* (Corvidae), que forman grupos familiares de cooperación para la reproducción en donde sólo un macho y una hembra se reproducen y los otros miembros del grupo les ayudan para ello, defendiendo su territorio de depredadores y otros grupos familiares, y ayudando en la alimentación y cuidado de los polluelos. Las oropéndolas, *Psarocolius wagleri* (Icterinae), sujetas a protección especial, forman colonias de anidación en hayas bordeando los ríos. Las colonias de hasta 50 nidos colgantes están formadas por varias hembras adultas y típicamente por un macho dominante. La organización y comunicación constante entre los miembros de la colonia durante la época reproductiva son esenciales para defender la colonia del tordo gigante, *Scaphidura oryzivora*, parásitos de cría que ponen sus huevos en los nidos de las oropéndolas para que estas los incuben, y para vigilar a las hembras y otros individuos en busca de cópulas extramaritales. Notables también son los fandangueros *Campylopterus curvipennis* (Trochilidae), con sus agregaciones de machos en áreas de vegetación densa con pequeños territorios cerca del suelo para cantar con una complejidad asombrosa y constantemente a lo largo del día, por varios meses, y año tras año. Estas agregaciones conocidas como “leks” son visitadas por las hembras para copular con alguno de los machos. Otras especies de aves también son notables por sus movimientos diarios recorriendo distancias de varios kilómetros a través del bosque de niebla, entre cañadas y arroyos, por ejemplo, el perico de cabeza blanca, *Pionus senilis* (Psittacidae), se mueve por el dosel, entre las copas de los árboles, en parvadas de hasta 50 individuos, alimentándose durante la primavera de flores del jinicuil o chalahuite *Inga jinicuil* y de los gasparitos o chilicote *Erythrina americana* (Leguminosae). Al igual que muchas otras especies de aves notables, estas están ampliamente distribuidas en la vertiente del Golfo de México y llegan hasta las selvas húmedas, pero el bosque de niebla del centro de Veracruz es el límite altitudinal superior en su distribución y refugio durante los “nortes” y huracanes provenientes del Golfo de México.

representan seis especies más de las predecidas por los indicadores. Veintiocho especies fueron únicas y raras debido a que requieren un hábitat especial, como *Diplazium expansum*, *Hymenophyllum hirsutum*, *Melpomene leptostoma* y *Terpsichore asplenifolia* o porque están en el límite de su distribución geográfica como *Diplazium plantaginifolium*, *Lycopodium thyoides*, *Pecluma consimilis* y *Polypodium puberulum*. Además, sólo tres especies de helechos se encontraron en todos los fragmentos (*Polypodium lepidotrichum*, *P. longepinnulatum*, *P. plebeium*). La composición de helechos es altamente complementaria y la conservación regional debería contemplar muchas reservas pequeñas enfocadas en los patrones de suplementariedad entre riqueza de árboles y de helechos.

En el paisaje conformado por distintos usos del suelo, las diversidades alfa y beta presentan gran variación espacial y por lo tanto influyen en la diversidad regional o gamma. El bosque es muy diverso debido a que es muy heterogéneo y por lo tanto es importante conservar cada fragmento de bosque. Al analizar la biodiversidad de las fincas cafetaleras y acahuales se confirma que mantienen parte de la biodiversidad de la región. La conservación de la biodiversidad en estos bosques de niebla requiere de acciones para proteger un gran número de sitios, porque cada uno tiene un ensamble de especies distinto. Es más importante abarcar muchos hábitats que tratar de conservar las casi inexistentes grandes extensiones de bosque. Por lo tanto, la eficiencia en la prioridad de los conjuntos de sitios puede mejorarse considerablemente si esas áreas se eligen no sólo por su riqueza biológica absoluta, sino por lo bien que se complementen bióticamente. Esas áreas se deben encontrar en una matriz paisajística que permita la migración de elementos de flora y fauna, como podría aún ser el caso en la región (ver Capítulo 8 y 9). Aunque algunos usos del suelo son incompatibles con los objetivos de la conservación, muchos elementos de la biodiversidad pueden tolerar, al menos, cierto grado de perturbación antropogénica y alteración del paisaje. Para conservar la diversidad en este paisaje notablemente modificado será importante generar más información sobre la biodiversidad presente en agroecosistemas tradicionales como son los huertos, parques y patios, que aunque a veces no son considerados, están integrados a esa diversidad sociocultural que también enriquece a esta región.

Bibliografía

- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO, Instituto de Biología, Sierra Madre. México, D. F. 847 p.
- Chazdon, R.L., R. K. Colwell, J. S. Denslow y M. R. Guariguata. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of northeastern Costa Rica. Pp. 285-309. Dallmeier F. y J. A. Comiskey (eds.). *Forest*

- biodiversity research, monitoring and modelling*. The Parthenon Publishing Group, Paris.
- Colwell, R. 2004. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species for samples*. Version 7. Disponible en: <http://viceroy.ceb.uconn.edu/estimates>
- Colwell R. y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society, (Series B)* 345:101-118.
- CONABIO. 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 71 p.
- Gentry, A. H. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. Pp. 103-126. S. T. Churchill, H. Balslev, E. Forero y J. L. Luteyn (eds.). *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests, proceedings of the Neotropical montane forest biodiversity and conservation symposium*. New York Botanical Garden. Nueva York.
- Graham, A. 1993. Historical factors and biological diversity in Mexico. Pp. 109-127. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press. Nueva York.
- Heredia, G., R.M. Arias, J. Mena y A. Mercado, 2006. Adiciones al conocimiento de la diversidad de los hongos conidiales del bosque mesófilo de montaña del estado de Veracruz, II. *Acta Botánica Mexicana* 77:15-30
- Janzen, D. H. 1988. The most endangered major tropical ecosystem. Pp:130-137. E. O. Wilson (ed.) *Biodiversity*. National Academic Press, Washington, D.C.
- Kappelle, M. 1996. *Los bosques de roble (Quercus) de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica*. *Diversidad, ecología, conservación y desarrollo*. Instituto Nacional de Biodiversidad - Universidad de Ámsterdam, Heredia, Costa Rica. 319 p.
- Magurran A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford. 256 p.
- Pineda, E. y G. Halffter. 2004. Species diversity and habitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in Mexico. *Biological Conservation* 117:499-508.
- Pineda E, C. E. Moreno, F. Escobar y G. Halffter. 2005. Frog, bat, and dung beetle diversity in the cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology* 19: 400-410.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México, D.F. 432 p.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44.
- Toledo, V. M. y M. J. Ordoñez. 1993. The biodiversity scenario of Mexico: a review of terrestrial habitats. Pp. 757-777. T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press. Nueva York.
- Williams-Linera, G., G. Halffter y E. Ezcurra. 1992. Estado de la biodiversidad en México. Pp. 285-312. G. Halffter (ed.). *La diversidad biológica de Iberoamérica*. Acta Zoológica Mexicana. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz.
- Williams-Linera, G. 2002. Tree species richness complementarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity and Conservation* 11:1825-1843.
- Williams-Linera, G., M. Palacios-Ríos y R. Hernández-Gómez. 2005. Fern richness, tree species surrogacy and fragments complementarity in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity and Conservation* 14:119-133.
- Williams-Linera, G., A. M. López-Gómez, y M. A. Muñiz-Castro. 2005. Complementariedad y patrones de anidamiento de especies de árboles en el paisaje de bosque de niebla del centro de Veracruz (México). Pp. 153-164. G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. m3m-Monografías Tercer Milenio, Vol 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS y CONACYT. Zaragoza, España.

Estructura de la vegetación y regeneración del bosque

CAPÍTULO 4



Los estratos del bosque (cortesía de Claudia Gallardo)

La estructura de la vegetación del bosque se manifiesta claramente en la presencia estratificada de los árboles a diferentes alturas, y de los arbustos y de las hierbas en el piso del bosque o sotobosque. Un estrato o piso es una capa de vegetación cuya altura varía entre ciertos límites. Cada estrato puede tener una composición florística distintiva, pero debido a que el bosque está continuamente creciendo y regenerándose, una proporción de los árboles en los pisos bajos pertenece a especies que alcanzarán el estrato alto cuando maduren. Un estrato de árboles puede formar un dosel continuo o discontinuo. El dosel o el techo del bosque es una capa más o menos continua formada por las copas de árboles de aproximadamente la misma altura. Los grandes árboles que sobrepasan este techo se llaman emergentes y son los gigantes del bosque.

La caracterización de la estructura de la vegetación la da el área basal, la densidad de los árboles y la altura del dosel. El área basal de los árboles es una medida de la biomasa del bosque. Las especies que tienen mayor área basal –más del 10% del área basal total de la comunidad– se pueden considerar como las dominantes en el bosque. La densidad es el número de árboles que se pueden encontrar en un terreno o en una superficie, generalmente se menciona con referencia a una hectárea. La altura del dosel es la distancia desde el piso hasta el techo del bosque.

Otra manera de describir la estructura del bosque es mediante la abertura del dosel, la cual también está relacionada con el número de árboles que mueren y la

manera en que mueren. Por eso, en este capítulo trataremos la mortalidad de árboles del bosque.

En la región montañosa del centro de Veracruz, en una rampa empinada pero relativamente pequeña en distancia, entre los 1,250 y los 2,050 m de altura, se han caracterizado bosques a diferentes altitudes para conocer la estructura de la vegetación y la biodiversidad de las especies arbóreas más importantes (Capítulo 3). Tanto la estructura de la vegetación como la composición de especies de árboles y su dominancia relativa varían en distancias muy cortas, así, se han registrado diferencias notables de un sitio a otro. Esas diferencias en el área basal, la densidad y las especies de árboles encontradas pueden deberse a las condiciones climáticas y microclimáticas relacionadas con la altitud, y además están influidas por la topografía y las historias de perturbación en cada fragmento de bosque.

Algunas especies de árboles son muy raras ya que aparecen en pocos lugares y en áreas pequeñas, como *Fagus grandifolia*, que crece en un reducido número de bosques. Estos bosques se localizan a altitudes elevadas dentro de la franja de bosque de niebla y están restringidos a pendientes con orientación norte o noreste, las cuales siempre reciben menor insolación y son mucho más húmedas que las exposiciones



Los gigantes del bosque, encino en un bosque de Chiconquiaco, Veracruz (GWL)

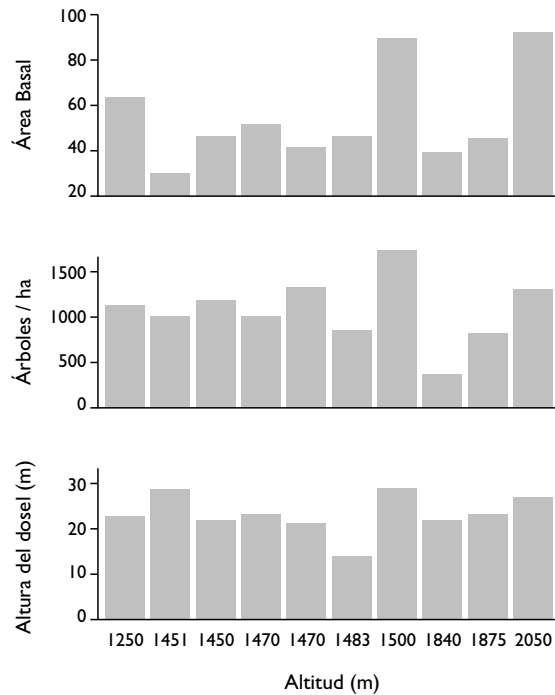


Figura 4.1. Estructura de la vegetación de fragmentos de bosque localizados a diferentes altitudes en el centro de Veracruz. Las variables son el área basal dada en m^2/ha , la densidad de árboles por hectárea y la altura media del dosel del bosque.

sureñas. La ausencia o presencia de especies puede estar relacionada con la precipitación actual, pero también puede deberse a pequeños cambios ambientales transitorios en un pasado cercano, o a cambios ambientales que ocurrieron en el tiempo geológico. Sin embargo, no se puede descartar al azar como la causa de que una especie se establezca o permanezca en un área y no en otra a una altitud y ambiente similar, dado que los sitios que se muestrearon representan los remanentes del, alguna vez casi continuo, bosque de niebla de la región.

Estructura del bosque

En el bosque del centro de Veracruz, el área basal, la densidad y la altura del dosel son muy variables dependiendo de la localidad en la que crezcan (Figura 4.1). En estos bosques, el área basal alcanza unos $58 \text{ m}^2/\text{ha}$, aunque algunos bosques pueden tener cerca de $100 \text{ m}^2/\text{ha}$; la densidad es de $1,035 \text{ árboles/ha}$ en promedio, 600 pueden tener diámetro mayor a 10 cm y 300 mayor a 20 cm . La altura del dosel varía entre 25 y 30 m , pero se han registrado árboles emergentes que alcanzan 40 m de altura en los bosques de Tlalnahuayocan. En general, en otros bosques de niebla de México y Latinoamérica, el área basal puede variar desde 30 - 40 hasta $100 \text{ m}^2/\text{ha}$ y la densidad de los árboles desde 500 a más de $1,000 \text{ individuos/ha}$.

Los árboles con diámetro mayor a 70 cm crecen en varios bosques, pero los árboles gigantes, con diámetro mayor a 1 m se encuentran en pocos fragmentos, y los megagigantes del bosque los encontramos sólo en bosques localizados en la parte más alta de la distribución del bosque, cerca de Chiconquiaco, donde crecen individuos con diámetro mayor a los 2 m (Figura 4.2). La distribución actual de estos árboles se debe más a que los bosques se encuentren alejados de poblaciones grandes, y potencialmente en todos los bosques de la región debieron existir megagigantes, pero ya se talaron.

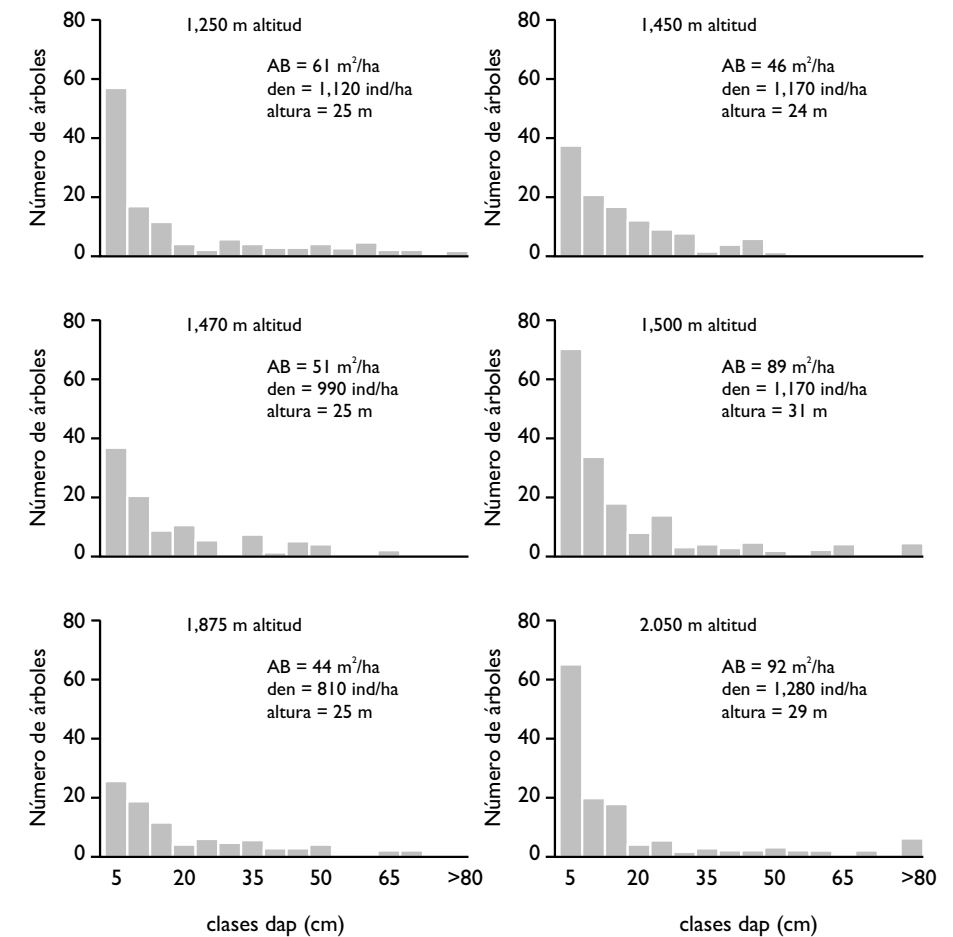


Figura 4.2. Frecuencia de árboles mayores de 5 cm de diámetro en bosques del centro de Veracruz. El número de árboles se registró en 1000 m^2 en el centro de cada fragmento. **AB** es el área basal, **den** es la densidad como número de árboles/ha y **altura** es la altura media del dosel.

En otros bosques localizados a altitud media, los árboles que llegan a tener los diámetros más grandes son de *Fagus grandifolia*. Dentro del cráter del volcán de Acatlán, esta especie es el único árbol dominante de un bosque excepcionalmente estético. Su tolerancia y mayor competitividad para crecer en las condiciones de sombra y humedad de este sitio son los factores que le permiten persistir como población relictas. En un artículo de investigación (Williams-Linera et al., 2000) escribimos que la monodominancia del sitio se estableció después de una fuerte perturbación, probablemente un huracán que destruyó el bosque existente hacía unos 120 años. Un registro encontrado recientemente vino a confirmar esa aseveración:

“... los frecuentes ciclones de 1876 a la fecha han desmejorado el camino (de Chiconquiaco/San Juan Miahuatlán a Misantla, en la cuesta de Yecuatla) que más que camino, parece un continuo desbarrancadero, intransitable y peligroso para todo el que tiene la necesidad de atravesarlo...”¹.

Eventualmente, quizás el calentamiento global tendrá efectos negativos en la persistencia de estas poblaciones de *Fagus*; por ahora la verdadera y presente amenaza es la destrucción de su hábitat.

En la región también se presenta otro tipo de bosque de niebla que es fisonómicamente diferente porque representa a una comunidad de baja estatura a la se conoce como bosque enano. Este bosque se encuentra en la cima de los cerros como en el Rancho Tixtla, o en la cima del Acatlán; el bosque sólo alcanza 15-17 m de altura. La menor altura, pero mayor densidad de los árboles, se debe a que se encuentra en situaciones expuestas o crecen sobre un tipo de suelo diferente. En estos sitios crecen especies de árboles que no se observan en otros fragmentos de bosque y por eso son de gran interés para la biodiversidad.

Los bosques de niebla del centro de Veracruz varían en estructura y tamaño de los árboles. A mayor altitud, como los cercanos a Chiconquiaco, son más parecidos a los bosques de América Central, como el que crece en La Talamanca, Costa Rica, mientras que los sitios a menor altura son, a su vez, más semejantes a bosques caducifolios del este de los Estados Unidos. Cada fragmento de bosque es importante porque presenta algunos aspectos característicos de este tipo de vegetación, por lo tanto todos los fragmentos juntos caracterizan la inmensa variedad de los bosques de niebla de Veracruz.



Los árboles mueren, la madera de los troncos se descompone y las plántulas (encino) se establecen sobre ellos (cortesía de Claudia Álvarez)

Mortalidad de árboles

Los árboles son organismos vivos que también mueren. La manera en que muere un árbol es muy importante para la dinámica de la comunidad, pues el tamaño de la abertura del dosel y del daño que cause a sus vecinos vegetales depende de si muere de pie y afecta poca superficie, o se quiebra y derriba a un par de individuos cercanos, o bien es derribado por un viento y queda con la raíz aflorando y perturba una amplia área del bosque. Para tener idea de cuándo murió un árbol se observa el estado de descomposición de la madera, y de acuerdo a signos como presencia de corteza o madera podrida se agrupan en las categorías: recientemente muerto y muerto por mucho tiempo. Los árboles que aún no muestran signos de descomposición se asume que murieron en un lapso de un par de años anteriores, mientras que los troncos que muestran descomposición se cuentan como que murieron hace mucho más de dos años.

El número de árboles muertos encontrado y su tamaño fue similar en todos los fragmentos de bosque de la región, aunque variaron de 10-30 árboles/ha hasta 170-200 árboles muertos cuando se incluyen en la cuenta individuos pequeños (Figura 4.3). En promedio se encontraron unos 130 individuos muertos en una hectárea. Este número no es alto y es semejante a lo reportado en otros bosques y selvas de Latinoamérica. En la Reserva de la Biosfera El Cielo, en Tamaulipas, los

¹ Rodríguez, 1895, p. 36

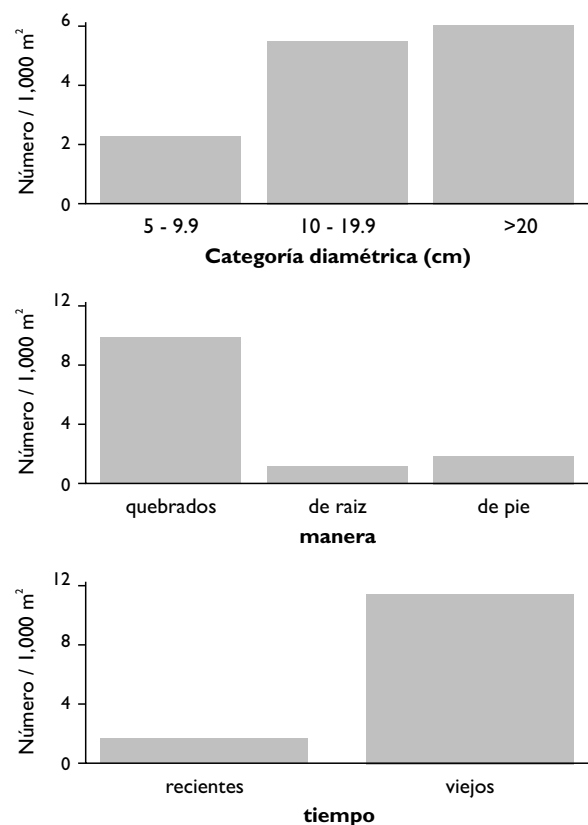


Figura 4.3. Árboles muertos en el bosque de niebla, de manera natural, según categoría de tamaño diamétrico, manera en que mueren, y tiempo desde que murieron.

árboles muertos fluctuaban entre 74 y 146 individuos por ha, en zonas protegidas y expuestas², y en un bosque premontano en Panamá, se cuentan unos 104 árboles/ha, aunque la mortalidad en el borde del bosque alcanza 206 árboles/ha³.

En el bosque de niebla del centro de Veracruz, se encontró que los árboles mueren principalmente con el tronco quebrado (74.5%), seguidos por aquellos que mueren de pie dentro del bosque (16.3%), y pocos son los árboles que mueren desenraizados (9.2%), pero estos son muy grandes. La mayoría de los árboles que mueren están dentro de las categorías diamétricas mayores (10 a 19.9 cm y mayores a 20 cm de diámetro) y casi todos (87.8%) se consideró estuvieron muertos dentro del bosque por más de dos años (Figura 4.3).

² Arriaga, 1988

³ Williams-Linera, 1990

El número y la manera en que mueren los árboles indican los posibles factores causantes de la mortalidad, la respuesta del estrato arbóreo a las perturbaciones naturales, y al efecto de estar cerca del borde y no en el interior del bosque. Aquí es importante considerar que el régimen de perturbación del bosque está definido por los huracanes extremos, con ráfagas veloces y acompañados de descomunal cantidad de lluvia, y que se presentaban espaciados cada cierto número de años. El efecto sobre el bosque de niebla se traduce entonces en derrumbes y avalanchas en amplias extensiones de bosque, donde la regeneración puede tomar mucho tiempo.

Regeneración

Cuando un árbol muere se forma una abertura en el dosel del bosque, esta abertura crea condiciones microclimáticas diferentes a las del interior del bosque. Dependiendo del tamaño del claro, las nuevas condiciones microambientales tendrán más luz y calor, pero menor humedad en el aire y el suelo. En claros pequeños la regeneración del bosque proviene de las plántulas y árboles jóvenes o juveniles que ya se encontraban creciendo en el piso del bosque desde antes de la caída del árbol. Las plántulas que crecen y permanecen en el sotobosque esperando una oportunidad de



Un teshuate de la familia Melastomataceae (cortesía de Claudia Gallardo)

recibir luz para crecer y llegar al dosel integran lo que se conocen como el banco de plántulas. Este banco es variable, pero puede ser muy grande. En los bosques de niebla se encuentran más de 50,000 plántulas por hectárea, variando en densidad de 3 a 11 plántulas por m².

La abertura del dosel del bosque será muy grande cuando la produce la muerte de un árbol gigante y que además arrastra en su caída a varios árboles vecinos. En un claro grande se producen condiciones que aprovechan un grupo de especies llamadas pioneras o intolerantes a la sombra, y que son, por lo tanto, demandantes de luz. Las especies pioneras tienen tasas de crecimiento muy rápidas y en unos meses rellenan el claro, las más frecuentes dentro de un claro grande son familiares de los acuyos, los teshuates e individuos juveniles de árboles pioneros como ixpepes, jonotes y palo gusano.

Estas especies pioneras tienen como estrategia de reproducción formar bancos de semillas en el suelo; estas semillas son muy pequeñas y generalmente muy longevas, y allí se mantienen esperando la ventana de aumento de luz para germinar y establecerse, ya sea a través de la abertura natural del dosel del bosque, o porque se derrumbó algún árbol para leña o madera, o por una perturbación mayor, como la deforestación de un terreno.

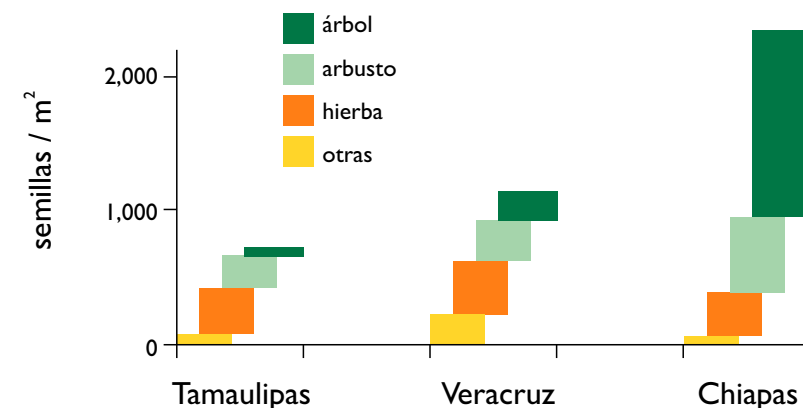


Figura 4.4. Banco de semillas del suelo en la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, el bosque de niebla del centro de Veracruz y la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas. Las formas de vida son árbol, arbusto, hierba y otras que incluye pastos y bejucos.

Banco de semillas

Las semillas enterradas en el suelo son importantes en la dinámica y estructura de las comunidades vegetales. Los estudios de banco de semillas del suelo proveen información fundamental sobre la densidad de semillas almacenadas en él, así como de su composición florística, por lo que son importantes indicadores del potencial de regeneración del bosque a partir del almacén de semillas.

Los bancos de semillas en el suelo, aunque contienen principalmente propágulos de especies pioneras o secundarias, reflejan la comunidad vegetal a la que pertenecen. En una escala regional, o dentro de un solo tipo de bosque, la variación en tamaño y composición de especies es pequeña si se compara con otros tipos de vegetación. Los bancos de semillas del suelo de bosques tropicales y templados consistentemente son diferentes en ciertas características como densidad de semillas y proporción de formas de vida. La flora del bosque de niebla incluye especies de afinidad templada y tropical, y esta mezcla se refleja en el banco de semillas del suelo en el cual especies de ambas afinidades están bien representadas, aunque las especies tropicales son las más abundantes, hasta con un 70% de todas las especies.

Los bancos de semillas de los bosques de la región cuentan con más de mil semillas por cada metro cuadrado de suelo (Figura 4.4). Los bancos de semillas de bosques de niebla más tropicales como en la Reserva de la Biosfera El Triunfo, en Chiapas, son más grandes y los árboles tropicales son los dominantes. La composición de especies también es diferente, ya que los géneros *Miconia* y *Conostegia* (Melastomataceae) son muy abundantes, sin embargo, están ausentes del banco de



Acahual donde el bosque se está recuperando. El árbol con flores rosas es un jonote (Sánchez Vigil)

semillas de bosques de niebla más templados como el de la Reserva de la Biosfera El Cielo, en Tamaulipas y también del cráter del volcán de Acatlán. En cuanto a las formas de vida en el banco de semillas, alrededor del 20% son de árboles, y el pionero más abundante es el ixpepe. Los arbustos más comunes son los acuyos, teshuates y el tlanchichinole, pero las hierbas son las especies más abundantes del banco de semillas del suelo.

La perturbación antropogénica puede cambiar el número de semillas, tamaño y composición de las especies del banco, y en consecuencia la capacidad de regeneración del bosque a partir de las semillas enterradas, particularmente cuando la perturbación es muy intensa o muy frecuente. Los caminos o veredas que cruzan el bosque, y la cercanía de potreros o cultivos, reducen el tamaño del banco de semillas del suelo al exponerlo a la luz y así favorecer la germinación, o lo modifican al promover la incorporación de semillas exóticas que no son parte del proceso de sucesión secundaria.

Sucesión secundaria

La sucesión secundaria es el proceso de recuperación del bosque original a lo largo del tiempo. La sucesión ocurre donde la vegetación de un área ha sido parcial o completamente removida, pero queda el suelo bien desarrollado, además quedan semillas, esporas y tal vez algunos árboles, y semillas de diferentes especies son constantemente dispersadas dentro del área deforestada por el viento, diversos animales o por la fuerza de gravedad.

Hay varias maneras de reconstruir el proceso de sucesión secundaria. Una es observar a lo largo de muchos años cómo se va regenerando la vegetación hasta que el sitio se convierte nuevamente en bosque maduro; el único inconveniente es el tiempo que le toma a la naturaleza reconstruir el bosque y que puede llegar a ser hasta de un siglo. Otra manera es a través de lo que llamamos cronosecuencia, que es la observación de una serie de parcelas o acahuals de diferentes edades de abandono de la actividad productiva y que representan las diferentes edades de recuperación del bosque. Estas parcelas representan las etapas sucesionales, desde el comienzo de la sucesión hasta la recuperación del bosque original. Recientemente se han utilizado modelos de simulación de la regeneración del bosque después de una perturbación extensa, como la tala completa del bosque, para predecir los tiempos de reconstrucción de la estructura de la vegetación y de la biodiversidad del bosque original⁴. Estos modelos se validan con datos reales como crecimiento de diferentes

grupos de especies, así que los resultados de la simulación indican cómo se recupera un bosque después de la perturbación. La simulación predice que la recuperación de la densidad o número de los árboles, área basal y la altura del dosel, característica de este tipo de bosque, pueden alcanzarse entre 50 y 90 años de sucesión secundaria. Sin embargo, la importancia relativa de las especies continuará cambiando. La regeneración del bosque de niebla es posible después del abandono de un campo agrícola o de un potrero si se les deja descansar sin perturbarlos mientras la naturaleza hace su trabajo. El proceso de la sucesión secundaria inicia rápidamente con el establecimiento de las especies pioneras, que posteriormente van desapareciendo de modo gradual al crear las condiciones para el establecimiento de otras especies, y eventualmente de toda la comunidad vegetal y animal, con especies primarias que formarán el bosque. A través del proceso de sucesión secundaria el bosque de niebla se recupera, y en menos de un siglo alcanza una situación estable, pero la diversidad sigue aumentando y la composición de las especies cambiando, hasta 300 años después de la perturbación.

⁴ Rütger et al., 2006

Bibliografía

- Alvarez-Aquino, C., G. Williams-Linera y A. C. Newton. 2005. Composition of the seed bank in disturbed fragments of Mexican cloud forest. *Biotropica* 37:336-341.
- Arriaga, L. 1988. Gap dynamics of a tropical cloud forest in Northeastern Mexico. *Biotropica* 20:178-184.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO, Instituto de Biología, Sierra Madre. México, D. F. 847 p.
- Rodríguez, J. M. 1895. *Apuntes sobre el cantón de Xalapa, estado de Veracruz, México*. Publicados desde julio de 1893 a febrero de 1895 en: La Voz de la Verdad. Imprenta Veracruzana de la Viuda e Hijos de Ruiz. Xalapa. 324 p.
- Rütger, N. G. Williams-Linera y A. Huth. Modeling the dynamics of tropical montane cloud forest in central Veracruz, Mexico. J. Juvik y L. A. Bruijnzeel (eds.). *Mountains in the mist: science for conserving and managing tropical montane cloud forests*. Honolulu: University of Hawaii Press. In press.
- Williams-Linera, G. 1990. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology* 78:356-373.
- Williams-Linera, G. 1996. Crecimiento diamétrico de árboles caducifolios y perennifolios del bosque mesófilo de montaña en los alrededores de Xalapa. *Madera y Bosques* 2:53-65.
- Williams-Linera, G. 1993. Soil seed banks in four lower montane forests of Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 9:321-337.
- Williams-Linera, G. 2002. Tree species richness complementarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity and Conservation* 11:1825-1843.
- Williams-Linera, G., I. Pérez-García y J. Tolome. 1996. El bosque mesófilo de montaña y un gradiente altitudinal en el centro de Veracruz, México. *La Ciencia y el Hombre* Vol. VII, Num. 23, pp. 149-161.
- Williams-Linera, G., M. Duvell y C. Alvarez-Aquino. 2000. A relict population of *Fagus grandifolia* var. *mexicana* in a Mexican volcanic crater: structure, phenology, litterfall and dendroecology. *Journal of Biogeography* 27:1297-1309.

Las hojas: demografía foliar, hojarasca y herbivoría

CAPÍTULO 5

Las plantas, pero principalmente las hojas, contienen un compuesto verde llamado clorofila, donde se fija la energía solar a través de uno de los procesos metabólicos de la fotosíntesis. La fotosíntesis es el proceso del que se valen las plantas verdes para obtener energía del Sol y la transforman en energía química y en compuestos reductores. Con ellos, transforman el agua y el bióxido de carbono (CO_2) en compuestos orgánicos como azúcares, liberando oxígeno (O_2). La ecuación que representa el proceso es:



La energía captada en la fotosíntesis hace posible la reducción y la asimilación de bioelementos necesarios para el crecimiento, como el nitrógeno para las proteínas o el fósforo para el ADN, además de carbono, para formar virtualmente todos los materiales o compuestos orgánicos de los que depende finalmente toda la vida en la Tierra.

El almacenamiento de la energía y alimento en las plantas a través de la fotosíntesis se llama productividad primaria. Las plantas consumen una pequeña parte para mantenerse vivas, para respirar, crecer, defenderse y reproducirse, y lo que resta lo utilizan todos los demás seres vivos del planeta que requieren la materia orgánica fijada por las plantas. Las hojas son la parte de la planta donde se recibe y convierte la energía solar en todo ese alimento. Por lo tanto, las hojas y su dinámica son el centro de atención de mucha investigación y de este capítulo.

La dinámica foliar es un proceso ecológico integrado que refleja la interacción de la demografía foliar, la producción de hojarasca y la herbivoría. Los bosques que contienen especies arbóreas de diferente origen fitogeográfico son poco comunes, así que el bosque de niebla se puede considerar como un experimento natural donde es posible comparar un mismo proceso ecológico en especies de origen templado y tropical que crecen juntas en el mismo bosque.

Demografía foliar

Las hojas de todos los árboles del bosque brotan, crecen y mueren, pero algunos árboles producen y pierden todas las hojas más o menos simultáneamente, mientras que algunos lo hacen en pulsos y otros continuamente. Los árboles caducifolios son los que pierden hojas simultáneamente y aparecen desprovistos de follaje por un cierto periodo del año, mientras que los árboles perennifolios presentan un follaje verde todo el año. La demografía foliar se refiere a cuándo y cuánto cambian las hojas



Hojas de liquidámbaar, un árbol caducifolio muy abundante en los bosques de niebla del centro de Veracruz (GWL)

de los árboles a través del tiempo. La demografía de poblaciones de hojas revela que los patrones de emergencia, lapso de vida y tasas de sobrevivencia de las hojas tienen un significado ecológico y evolutivo. Los patrones de longevidad de hojas en diferentes bosques y grupos de especies se explican mediante varias hipótesis de tipo climático, ecológico, ecofisiológico, biogeográfico y evolutivo que no son mutuamente excluyentes. Esas explicaciones relacionan el lapso de vida de la hoja con otros rasgos foliares como la eficiencia en el uso de los nutrientes, el balance costo-beneficio de capturar el carbono, el estado sucesional de la planta, el tiempo de emergencia y las condiciones microambientales en que crece la hoja.

Cuatro especies de árboles caducifolios y cinco especies de árboles perennifolios en dos bosques (Cuadro 5.1) se seleccionaron para describir la dinámica foliar del bosque de niebla. Para poder medir y observar las hojas, el procedimiento consiste en marcar todas las yemas foliares presentes a principios de año en varias ramas de varios árboles de una especie. Subsecuentemente, durante todo ese año se marcan las yemas que van apareciendo y el grupo de las hojas nuevas que emergen se incorpora a las observaciones o censos. En adelante, la presencia de cada hoja se monitorea hasta que muere o se produce la abscisión o caída de todas las

hojas. El grupo de hojas producidas durante un mismo periodo se conoce como una cohorte.

Emergencia foliar. La emergencia foliar es el número de hojas que aparecen durante cierto periodo. En el bosque de niebla, la mayoría de los árboles producen sus hojas durante los primeros meses del año, de febrero a abril, al igual que en otros bosques templados y tropicales de montaña del hemisferio norte. Las hojas de los árboles tienen la tendencia a aparecer más pronto en sitios localizados a menor altitud, o en lugares más soleados y tibios. Se pueden observar tres patrones de emergencia basados en el tiempo o duración de la emergencia y el modo de aparición de las hojas. En algunas especies las hojas emergen una a una sucesivamente y con una duración larga de emergencia foliar, como se observa en *Hedyosmum mexicanum* (palo de agua), que produce hojas consecutivamente a lo largo del año. En otros árboles como pepinque, liquidámbar y magnolia, todas las hojas de la estación aparecen casi de manera simultánea. Hay un tipo intermedio en el cual las hojas emergen primero casi sincrónicamente y después, las demás hojas lo hacen sucesivamente, como en *Cinnamomum* y *Clethra*.

Cuadro 5.1. Dinámica de las hojas en árboles caducifolios y perennifolios. Los valores que se presentan son el número de árboles y de hojas censados, longevidad foliar promedio en meses y longevidad media de la cohorte (L_{50}), el porcentaje de expansión de las hojas durante el primer mes de vida de la hoja, área foliar y área foliar específica (AFE).

	Número árboles	Número Hojas	Longevidad media	(Mes) L_{50}	Expansión mes 1 (%)	Área foliar (cm^2)	AFE cm^2/g
Caducifolios o subcaducifolios							
<i>Carpinus caroliniana</i>	12	866	7.7	8.1	70	15	227
<i>Liquidambar styraciflua</i>	13	619	7.2	7	59	44	211
<i>Quercus xalapensis</i>	11	379	9.6	10.3	67	25	143
<i>Clethra mexicana</i>	9	188	11.3	12	37	84	102
Perennifolios							
<i>Cinnamomum effusum</i>	2	24	23.1	26	46	36	125
<i>Hedyosmum mexicanum</i>	6	291	7.1	7	42	57	216
<i>Magnolia schiedeana</i>	4	83	36.4	40	78	70	102
<i>Oreopanax xalapensis</i>	10	100	19	18	51	67	91
<i>Turpinia insignis</i>	11	138	15	14	41	34	130

Expansión foliar. La expansión foliar es el aumento en el área foliar respecto al tamaño final que alcanzará la hoja. Las hojas de los árboles caducifolios y perennifolios no presentan grandes diferencias, aunque la tendencia es que las hojas de las especies caducifolias presenten una tasa de expansión más rápida que las hojas de las perennifolias. Las hojas de los árboles caducifolios (pepinque, liquidámbar, encino) y dos especies de árboles perennifolios (cinco hojas y magnolia) aumentan de tamaño a tal grado que en menos de un mes alcanzan la mitad del área completa de la hoja. Las demás especies tienen una expansión más lenta, que requiere más de un mes para alcanzar una expansión de, al menos, 50% de la hoja completa (Cuadro 5.1). En general, la tasa de expansión foliar en los sitios de montaña es más lenta que en las selvas tropicales. En la selva de Panamá, la mayoría de las especies aumentan de 20% a 100% del tamaño completo de la hoja en unos 10 a 20 días, y algunas especies tienen hojas que están completamente expandidas en sólo 4 a 5 días, y las hojas de muy pocas especies tardan más de 30 días en alcanzar el tamaño foliar completo¹.

Longevidad. La longevidad foliar es el lapso de vida de las hojas, o el número de meses que las hojas son retenidas en la planta, desde que brotan de su yema hasta que la hoja cae. La longevidad media o L_{50} es el tiempo que tardan la mitad del conjunto de hojas marcadas o cohorte en morir. La longevidad media de las hojas de los bosques en la región varía de 9.3 a 10.5 meses. Las hojas de las especies de árboles caducifolios viven unos 8 meses, mientras que las hojas en árboles perennifolios llegan a estar activas unos 15 meses en el árbol y algunas hojas de magnolia viven hasta 60 meses (Cuadro 5.1).

Curvas de sobrevivencia. Estas gráficas se elaboran utilizando todas las cohortes producidas durante el año, e indican cómo y cuándo va muriendo cada cohorte. Las curvas de sobrevivencia de las hojas de las especies caducifolias son diferentes que las curvas de las perennifolias, aunque las diferencias están relacionadas más con la longevidad foliar que con el número de cohortes. De hecho, todas las especies muestran una curva de sobrevivencia donde las cohortes de hojas tienen una mortalidad baja cuando son jóvenes, y donde la mayoría de las hojas mueren a la madurez en un lapso estrecho de edad, por lo que el número de hojas sobrevivientes declina exponencialmente con el paso del tiempo. En la Figura 5.1 se presenta el

¹ Aide, 1993

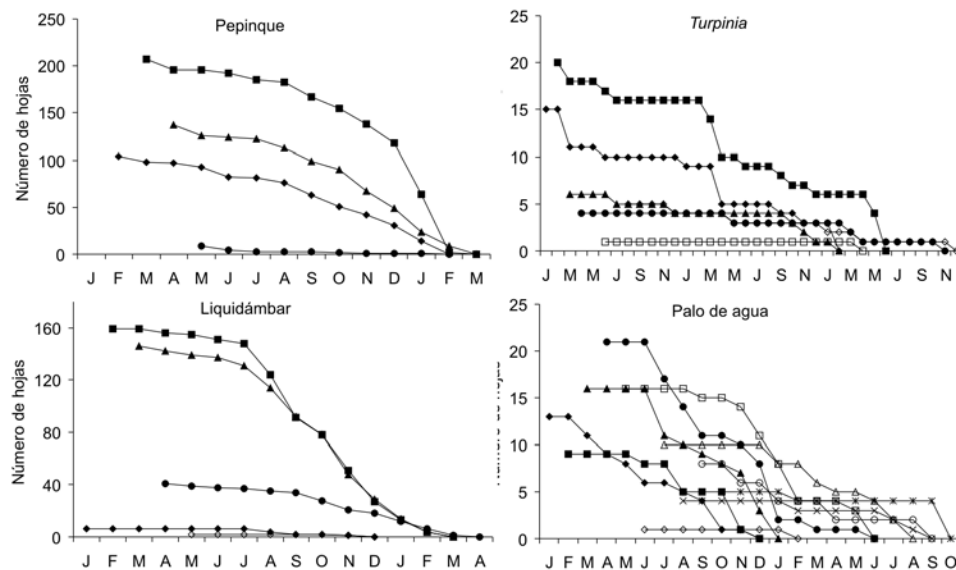


Figura 5.1. Curvas de sobrevivencia de cohortes de hojas producidas en un año por pepinque (*Carpinus caroliniana*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), Turpinia (*T. insignis*) y palo de agua (*Hedyosmum mexicanum*).

destino de las cohortes de hojas que nacieron durante un año para dos especies de árboles caducifolios y dos especies de árboles perennifolios. El patrón gradualmente se vuelve complejo al sobreponerse diferentes cohortes de hojas. Desde las curvas simples, en las cuales sólo las hojas del año en curso prevalecen como en las especies templadas caducifolias (pepinque y liquidámbar), a dos o tres cohortes de hojas o más de cuatro comparten la dominancia y el dosel está compuesto de varias cohortes al mismo tiempo (*Turpinia*), hasta las curvas de sobrevivencia de las hojas de palo de agua que tienen vida muy corta y forman un mosaico algo complicado de cohortes de distintas edades (Figura 5.1).

Área foliar. El área foliar o tamaño de la hoja es la superficie promedio de las hojas, y el área foliar específica es el área (cm^2) que ocupa un gramo (g) de hoja. Los rasgos foliares como el área foliar y el área foliar específica no son claramente distintos entre especies de árboles caducifolios y perennifolios (Cuadro 5.1). Los tamaños del área foliar de los árboles caducifolios y de los perennifolios se sobreponen ($15\text{-}83$ vs. $34\text{-}70$ cm^2), pero en promedio los valores son similares a los del bosque de niebla de La Talamanca, en Costa Rica (58 cm^2).

Relación evolutiva entre las especies. La duración de la vida de las hojas parece tener significado taxonómico. Desde la publicación a finales del siglo XIX de las obras de Darwin, se ha aceptado que las adaptaciones han sido moldeadas mediante la selección natural, y diferentes especies a menudo exhiben las mismas características que cuando vivieron en ambientes similares en el pasado. Algunos rasgos o características de las hojas se presentan en grupos de especies o taxa que evolucionaron o aparecieron más temprano en la historia de nuestro planeta, y por eso se llaman primitivos, otras características que aparecieron más recientemente se llaman avanzadas. Muchos estudios han encontrado que los grupos taxonómicos o taxa evolutivamente más primitivos de plantas con flores tienden a presentar hojas que viven más tiempo que las de los taxa más avanzados.

Al ordenar las especies de árboles del bosque de niebla de primitivos a avanzados, efectivamente, las especies en los grupos más primitivos presentaron hojas con los lapsos de vida más largos (magnolia, *Cinnamomum*) y los taxa más avanzados tuvieron hojas con los lapsos de vida más cortos (pepinque, encino). La tendencia intermedia se complica debido a la importante variación ecológica que promueve que las plantas leñosas que viven en los claros del bosque y los árboles pioneros tengan hojas que viven menos tiempo que las hojas de los árboles primarios tolerantes a la sombra o que las plantas en el sotobosque. Las hojas de palo de agua tienen el lapso de vida más corto, pero esta especie pertenece a un grupo primitivo, aunque podría ser un taxón moderno dentro de ese grupo primitivo. Por su parte, cinco hojas, que tiene hojas con un lapso de vida largo, pertenece a un taxón avanzado. Las relaciones filogenéticas o la historia evolutiva de las especies deben tomarse en cuenta cuando se estudian rasgos foliares.

Hojarasca

Las hojas muertas caen de los árboles durante la estación del año con más frío y más neblina. La producción de hojarasca refleja la productividad del bosque y la afinidad geográfica de las especies arbóreas dominantes (Capítulo 3). Además, tiene un importante papel en los ciclos del bosque, en la fenología de las especies de árboles, en las tasas de recambio de la biomasa y en el ciclaje de los nutrientes, mediante el cual los minerales se mueven en un ecosistema del suelo a la planta y viceversa. La cantidad de hojarasca que produce el bosque está relacionada con factores que influyen en la productividad, como latitud, altitud, clima, duración de la estación de crecimiento y características del sitio como área basal, densidad de la vegetación y composición de especies de diferente hábito de cambio de hoja.

La producción de hojarasca de los bosques se mide utilizando trampas que pueden ser tan sencillas como cajas de madera a las cuales la tapa de abajo se les sustituye con malla de plástico. La hojarasca se colecta periódicamente, se pesa y se separa en hojas, partes leñosas, o partes reproductivas. Además, la hojarasca se separa por especies o grupos de especies como las templadas (pepinque, acailite, liquidámbar y encinos) y las tropicales (*Turpinia*, marangola, aguacatillos y *Eugenia xalapensis*).

La producción de hojarasca del bosque es muy similar de un año a otro, pero hay una fuerte diferencia estacional. Por ejemplo, en el bosque del Parque Ecológico Clavijero, en Xalapa, Veracruz, la producción de hojarasca es más alta entre septiembre y abril, mientras que en el bosque del volcán de Acatlán, un pico pronunciado de hojarasca se detectó en octubre y noviembre (Figura 5.2). En general, las hojas formaron la mayor parte de la hojarasca y contribuyeron con 70% del peso total, la materia leñosa con 15%, las flores y frutos con 3%, y una miscelánea con 12% a la hojarasca producida en el bosque durante el año. En el Parque Ecológico la hojarasca total fue 8.45 ton/ha/año, mientras que en el cráter del Volcán la producción de hojarasca fue de 5.84 ton/ha/año y en el bosque localizado en la cima del Volcán alcanzó 6.12 ton/ha/año. La variabilidad en la producción de hojarasca en la



La hojarasca y una plántula de encino (*Quercus xalapensis*) (Sánchez Vigil)

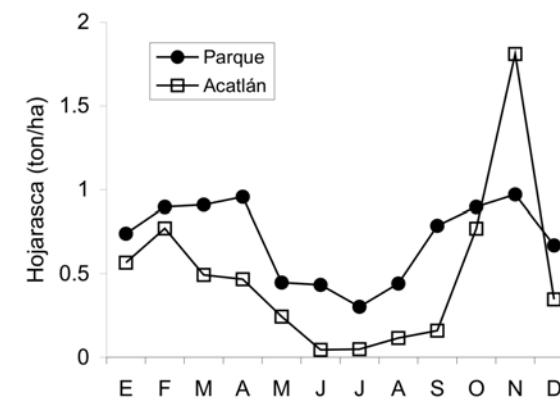


Figura 5.2. Producción anual de hojarasca en dos bosques.

región está en el rango de producción reportada para muchos bosques templados y de montaña, como el de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas (7.3 ton/ha/año)², o las Montañas Azules en Jamaica (6.6 ton/ha/año)³, la de los bosques templados de *Fagus* en diferentes localidades de Norteamérica como en Hubbard Brook, New Hampshire (5.7 ton/ha/año)⁴, o de Europa como la Sierra de la Demanda en Burgos, España (5.4 ton/ha/año)⁵.

Herbivoría

En ciertas épocas del año abundan las orugas o gusanos o chinahuates, chuchumianes y otros que son muy capaces de devorar en un día la planta favorita. Cualquier persona entusiasta de la jardinería seguramente habrá notado que durante la relativa sequía no hay, o hay pocos gusanos, pero con la llegada de las lluvias las larvas aparecen hambrientas. Esas observaciones empíricas se han traducido en un gran número de hipótesis o explicaciones sobre la relación entre la herbivoría por insectos y algunas características foliares fenológicas, ecológicas y ambientales. El bosque de niebla es un buen escenario para probar muchas de esas hipótesis.

En el mundo hay millones de insectos que devoran millones de hojas, y se cree que los niveles de herbivoría y defoliación son más bien uniformes en todos los bosques con aproximadamente 9% de las hojas consumidas por insectos. En comunidades tropicales, la defoliación se ha estimado entre 7 y 20.3%, comparados con 1.8 a 12.3% en bosques templados. Pero los sitios en que se ha cuantificado el

² Puig y Bracho, 1987

³ Tanner, 1980

⁴ Gosz, Likens y Bormann, 1972

⁵ Santa Regina y Tarazona, 1995

daño por herbívoros son localidades separadas por cientos de kilómetros. La diferencia en daño por herbívoros es relativamente baja, si es que real, por lo que las posibles diferencias entre los niveles de herbivoría en bosques tropicales perennifolios y bosques templados caducifolios aún ahora permanecen como una hipótesis de trabajo.

En el bosque de niebla del centro de Veracruz, el porcentaje de daño a las hojas debido a la herbivoría por insectos es cercano al 10% para las especies de árboles del dosel y 4% para árboles en el sotobosque. Las hojas jóvenes son comidas más rápidamente porque son más apetecibles para los herbívoros que las hojas viejas y los insectos herbívoros las prefieren a pesar de la abundante superficie de hojas viejas en la mayoría de los doseles. Además, las hojas de algunas especies como los encinos contienen taninos y otros metabolitos secundarios de mal sabor y hasta tóxicos que amilanan fuertemente la herbivoría por insectos.

El tiempo en que se producen las hojas juega un papel importante en los niveles de herbivoría, porque la producción sincrónica de las hojas es una manera de evitar la herbivoría por insectos, al saciarlos. Pero también se dice que la herbivoría es menor en la estación seca del año porque las plantas han sido seleccionadas para



Una larva alimentándose (GWL)



Un arbusto muy abundante en el sotobosque: *Ocotea psychotrioides* (GWL)

producir hojas durante esta estación como un escape a los herbívoros. Parece que las hojas producidas durante la estación seca son menos susceptibles a la herbivoría que las producidas durante la estación de lluvia, porque en la estación seca las poblaciones de insectos herbívoros son más bajas.

En el sotobosque, las especies de arbustos más abundantes (*Miconia glaberrima*, *Moussonia deppeana*, *Ocotea psychotrioides* y *Palicourea pedicelata*) presentan daño por insectos herbívoros variable a lo largo del año. En promedio, el más bajo es 2% de la superficie de hojas comidas y ocurre en abril durante la estación seca-cálida, y el más alto es de 4.4% en septiembre, un mes muy lluvioso. El mayor daño también varía de una especie a otra en diferentes periodos de un año, puede presentarse al final de la estación húmeda-cálida (*Palicourea*), o en la estación relativamente seca y fría (*Miconia* y *Ocotea*), o en ambas (*Moussonia*), pero no en la estación seca y cálida. La abundancia de insectos herbívoros sobre las hojas de los arbustos también varía. Ochenta y ocho por ciento de los insectos herbívoros fueron orugas o larvas de mariposas (Lepidóptera). La abundancia de insectos es muy baja durante la estación seca y cálida, y aumenta considerablemente durante las lluvias y los nortes, por lo tanto la mayor herbivoría y la abundancia de insectos no ocurren cuando la temperatura es más alta, pero sí cuando hay mayor humedad reflejada en

mayor contenido de agua del suelo. La producción de hojas es más o menos continua para todos los arbustos del sotobosque, por lo tanto, la abundancia de insectos y el daño por herbivoría y la producción de hojas no están relacionados para ninguna especie. Aparentemente, la fenología foliar de los arbustos no funciona para escapar de los insectos herbívoros en estos bosques de niebla. Las cosas pueden ser más complicadas cuando la actividad de los insectos herbívoros cambia con las estaciones y los microambientes. Entonces, las condiciones ambientales parecen jugar un papel importante en la abundancia de insectos e indirectamente en los niveles de herbivoría

Bibliografía

- Aide, T.M. 1993. Patterns of leaf development and herbivory in a tropical understory community. *Ecology* 74:455-466.
- Coley, P. D. y J. A. Barone. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27:305-355.
- Gosz, J. R., G. E. Likens y F. H. Bormann. 1972. Nutrient content of litter fall on the Hubbard Brook experimental forest, New Hampshire. *Ecology* 53:769-784.
- Kappelle, M. 1996. *Los bosques de roble (Quercus) de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Diversidad, ecología, conservación y desarrollo*. Instituto Nacional de Biodiversidad - Universidad de Amsterdam, Heredia, Costa Rica. 319 p.
- Puig, H. y R. Bracho (eds.). 1987. *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas*. Instituto de Ecología, A. C. México, D. F. 186 p.
- Rogers, R. W. y H. T. Clifford. 1993. The taxonomic and evolutionary significance of leaf longevity. *New Phytologist* 123:811-821.
- Santa Regina, I. y T. Tarazona. 1995. Dynamics of litter decomposition in two Mediterranean climatic zone forests of the Sierra de la Demanda, Burgos, Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 9:201-207.
- Tanner, E. V. J. 1980. Litterfall in montane rain forests of Jamaica and its relation to climate. *Journal of Ecology* 68:833-848.
- Tolome, J., C. Alvarez-Aquino y G. Williams-Linera. 2000. La hojarasca en los bosques de niebla. *La Ciencia y el Hombre*, Vol. XIII, Num. 2, pp. 5-8.
- Williams-Linera, G. y A. Baltazar. 2001. Herbivory on young and mature leaves of one temperate deciduous and two tropical evergreen trees in the understory and canopy of Mexican cloud forest. *Selbyana* 22:213-218.
- Williams-Linera, G. y F. Herrera. 2003. Folivory, herbivores, and environment in the understory of a tropical montane cloud forest. *Biotropica* 35:67-73.
- Williams-Linera, G. 1999. Leaf dynamics in a tropical cloud forest: phenology, herbivory and life-span. *Selbyana* 20:98-105.
- Williams-Linera, G. 2000. Leaf life-span, survival curves, and leaf traits of temperate deciduous and tropical evergreen-broadleaved trees in a Mexican cloud forest. *Plant Ecology* 149:233-244.
- Williams-Linera, G. y J. Tolome. 1996. Litterfall, temperate and tropical dominant trees, and climate in a Mexican lower montane forest. *Biotropica* 28:649-656.
- Williams-Linera, G., M. Duvell y C. Alvarez-Aquino. 2000. A relict population of *Fagus grandifolia* var. *mexicana* in a Mexican volcanic crater: structure, phenology, litterfall and dendroecology. *Journal of Biogeography* 27:1297-1309.

Los cambios en el tiempo: fenología

CAPÍTULO 6

¿Qué es fenología?

La apariencia del campo cambia en cada estación del año. En el dosel del bosque de niebla muchos árboles estacionalmente tiran sus hojas, y aunque sea por poco tiempo, se mantienen desnudos hasta que producen las nuevas hojas. En el transcurso del año aparecen flores que después se convierten en frutos, los cuales maduran, caen, y así llega nuevamente el tiempo de cambiar la hoja. La parte de la ecología encargada del estudio de la temporalidad de los cambios biológicos estacionales o cíclicos se llama fenología.

El término fenología es relativamente nuevo, pero las observaciones fenológicas son tan antiguas como la humanidad. Los eventos fenológicos generalmente ocurren en un orden consistente a lo largo de cada año, con el arribo de un evento prediciendo la inminencia de otro; de esta manera los datos fenológicos pueden usarse como una herramienta predictiva muy valiosa en silvicultura, agricultura y pesquería. El uso del nivel de desarrollo de plantas y animales para predecir eventos estacionales no es una práctica nueva:

Cuando Samuel de Champlain (fundador de Quebec, Canadá) arribó a Cabo Cod en 1605, la gente wampanoag le informó que “el mejor tiempo para plantar el

maíz es cuando la hoja del encino blanco (*Quercus alba*) es del mismo tamaño que la huella de la ardilla roja (*Tamiasciurus hudsonicus*).”¹

Para los pienegro del sur de Alberta y Montana, “la floración del frijol búfalo se consideraba como un indicador de que los bisontes macho habían comido suficiente pastura y acumulado la grasa suficiente para ser cazados.”

En Veracruz, en la región del bosque de niebla, la temporada de lluvias trae decenas de hongos comestibles como tecomates y sanjuaneros, y además en junio, “en el mes de San Antonio y San Juan llueve tzicatana o chicantanas para un 'antojo delicioso’”².

La fenología en las manifestaciones culturales en el pasado y el presente

El conocimiento fenológico tradicional abarca todo lo relacionado con lo cíclico, como la observación de los cambios en la vida de plantas y animales para indicar el tiempo del inicio de las etapas de crecimiento en otras especies, la referencia lingüística a eventos fenológicos, las concepciones tradicionales de tiempo relacionado a cambios estacionales, y las creencias espirituales acerca de la causa-efecto del cambio estacional.

Durante el largo periodo en que la sobrevivencia humana dependió del conocimiento detallado de los ritmos de la naturaleza, es probable que se hayan notado coincidencias entre eventos tales como la aparición de frutos comestibles, el arribo de pájaros y la aparición de plagas, y las marchas estacionales de temperatura y precipitación en distintas épocas del año. Los estudiosos de la antropología y el medio ambiente hablan de la percepción del tiempo y el espacio en términos de la fenología. Para la sociedad occidental el tiempo es lineal, y los tiempos son profanados al forzar a la naturaleza para que produzca un fruto durante todas las épocas del año, cuando cada vegetal tiene su tiempo y su estación. En contraste, para las sociedades tradicionales, el tiempo de la naturaleza es circular, el tiempo y el espacio son sagrados y hay tiempo bueno donde hay frutos o pesca y tiempo malo con inundaciones y sin frutos. La noción de una dirección irreversible del tiempo es relativamente reciente, ya que en las culturas antiguas predominaba una concepción circular del mismo, unida a la constatación del carácter cíclico de las mareas, los solsticios y las estaciones (como lo estudió profusamente Mircea Eliade³). La experiencia biográfica del

¹ Lantz y Turner, 2003

² Williams García, 2003

³ e.g. Eliade, 1998



Tzicatana en el mercado de Huatusco, Veracruz (cortesía de Roberto Williams)

crecimiento, envejecimiento y muerte se situaba en el marco de un tiempo cíclico, de manera que se consideraba la posibilidad de un retorno.

La cosmología mesoamericana refleja una cultura avanzada estrechamente vinculada a la observación de la naturaleza. El sistema calendárico mesoamericano es de tal exactitud y originalidad que puede ser la aportación científica suprema de Mesoamérica, y el Sol está en el fundamento del calendario, pues en sus ciclos quedaban inscritos los periodos agrícolas y las fiestas religiosas. También se desarrollaron complejos métodos de observación para llevar la cuenta del tiempo, utilizando como referencia la posición de los planetas, de la Luna y la recurrencia de los eclipses en relación a los cerros. Estos calendarios tuvieron funciones prácticas, como programar las actividades agrícolas y los rituales correspondientes en el ciclo anual, pero todo envuelto en el ritual. Hoy en día, aún se puede componer un calendario prehispánico de fiestas donde se encuentra una relación estrecha de los ciclos estacionales y los agrícolas.

También en la actualidad celebramos los eventos fenológicos en todo el mundo, por ejemplo, la floración de los cerezos y el festival de las azaleas, o las visitas familiares para ver florecer los jacintos silvestres de los bosques en Inglaterra. En México, decenas de platos gastronómicos, desde los chiles en nogada (sólo cuando hay granada) hasta la salsa de xicatanas en Huatusco son celebraciones fenológicas. Muchas manifestaciones artísticas también tienen menciones fenológicas: la literatura, la pintura y la música han tenido musas inspiradoras en la primavera, la caída de las hojas o las hojas muertas, la aparición de una especie llamativa de flor o fruto o la migración de algún ave.

Descripción de patrones y búsqueda de causas: las hipótesis

La fenología constituye una disciplina fascinante que se encuentra en una etapa de intensa actividad, como lo demuestran las conferencias internacionales de los últimos años, y un elevado número de publicaciones recientes. Los estudios fenológicos tienen gran trascendencia para entender la diversidad biológica, ya que la fenología es uno de los componentes del nicho de regeneración de una planta, y es indispensable para entender la coexistencia de tantas especies en una comunidad vegetal tropical.

Igual que en tiempos antiguos, en el presente existe una distinción crítica entre claves próximas y últimas. Las claves próximas pueden ser el aumento en la temperatura, la llegada de la lluvia y la duración del día o el fotoperiodo que las plantas pueden usar como señal para empezar, terminar o establecer la tasa de ocurrencia de varios eventos vegetativos y reproductivos. Las causas últimas van más lejos, ya que

son las razones para adoptar esas estrategias temporales e incluyen tanto las interacciones con otros organismos como la influencia de la historia evolutiva. Durante las últimas décadas, los estudios no se han limitado a describir patrones, sino que hay una tendencia marcada hacia la búsqueda de sus causas.

Se han propuesto varias hipótesis o explicaciones para entender la fenología, algunas están relacionadas con el ambiente físico y otras con interrelaciones bióticas. Los patrones fenológicos se han ligado a factores ambientales como las variables climáticas, principalmente la precipitación, la temperatura y la radiación solar. La variación en los bosques tropicales se relaciona más con la estacionalidad en la lluvia, mientras que en los bosques de zonas templadas se relaciona con cambios en la temperatura. Sin embargo, los controles ambientales que determinan la fenología pueden ser más complejos. El aumento en las horas de luz después del equinoccio de primavera, o fotoperiodo, puede inducir el brote de las hojas de los árboles, la producción de hojas y flores pudo haber sido seleccionada para coincidir con un pico estacional de mayor radiación solar, siempre y cuando el agua esté disponible.

La temporalidad de los patrones puede no ser anual, sino estar influenciada por ritmos que ocurren en periodos de varios años, como el fenómeno de El Niño que es la causa principal de la variación climática interanual en los trópicos y se debe a la circulación de vientos y aguas en el Pacífico ecuatorial. Durante un año de ocurrencia de El Niño hay sequía en México, en América Central, en la Amazonía y en Indonesia, pero hay lluvias torrenciales en las islas Galápagos y en las costas de Perú y Ecuador. En el bosque de niebla, la periodicidad se traduce en un año seco, soleado y caliente, pero en el año siguiente al evento de El Niño se presentan periodos húmedos, nublados y fríos que afectan los patrones fenológicos, por ejemplo, al reducir la producción de frutos.

Las interacciones bióticas actúan como presión de selección para modular la periodicidad de los eventos fenológicos en los trópicos. Las interacciones que han recibido más atención son la depredación de hojas, flores y frutos, la competencia por polinizadores y dispersores, y la dispersión de semillas. Hay una hipótesis llamada “del polinizador compartido”, que predice que los tiempos de floración de muchas especies en un bosque deben estar distribuidos a lo largo del año, para minimizar la superposición de la floración y así poder compartir al colibrí o al insecto que poliniza las flores.

Puede también ocurrir que especies de plantas que estén en un mismo género (como todos los encinos, *Quercus*) o una misma familia (teshuates de la familia Melastomataceae) tengan una herencia común que determine en gran medida la temporalidad de ciertas actividades reproductivas. Esta hipótesis explica que las

Cuadro 6.1. Las fenofases son caída de hoja, producción de hoja, floración y fructificación, y se presentan para las especies de árboles del dosel y arbustos del sotobosque, ordenadas según su hábito de cambio de hoja. Los meses indican el periodo de tiempo durante el cual cada fenofase se encuentra en su pico de actividad. *Bajo

Árboles caducifolios	Caída hoja	Producción hoja	Floración	Fructificación
<i>Carpinus caroliniana</i>	oct-feb	feb-abr	feb-may	abr-sep
<i>Liquidambar macrophylla</i>	oct-feb	feb-abr	feb-may	jun-sep
<i>Meliosma alba</i>	nov-feb	mar-abr	mar	abr-jun
<i>Platanus mexicana</i>	oct-feb	feb-abr	mar-abr	abr-sep
<i>Quercus acutifolia</i>	oct-feb	mar-abr	mar	may-oct
<i>Quercus xalapensis</i>	oct-mar	mar-may	mar-may	may-oct
Árboles semi-caducifolios (picos bajos de caída de hoja)				
<i>Clethra mexicana</i>	dic-ene bajo	feb-may	may-ago	ago-nov
<i>Cornus disciflora</i>	oct-mar	feb-abr	nov-mar	may-oct
<i>Quercus germana</i>	nov-feb	mar-abr	mar	may-oct
<i>Quercus insignis</i>	oct-mar	feb-abr	feb-may	may-oct
<i>Quercus leiophylla</i>	oct-feb	feb-abr	mar-may	may-oct
Árboles perennifolios				
<i>Cinnamomum effusum</i>	no	feb-may	feb-may	abr-sep
<i>Hedyosmum mexicanum</i>	bajo	bajo	jun-nov*	sep-abr*
<i>Ilex toluhana</i>	no	mar-may*	mar	mar-sep*
<i>Oreopanax capitatus</i>	no	abr-may*	jul-sep	sep-may*
<i>Myrsine coriacea</i>	ene*	continuo	oct-ene	ene-may
<i>Symplocos coccinea</i>	no	mar-abr	dic-feb	mar-ago
<i>Trichilia havanensis</i>	no	ene-abr*	feb-abr	may-sep
<i>Turpinia insignis</i>	no	feb-abr	feb-abr	may-ago
Arbustos perennifolios del sotobosque				
<i>Cinnamomum psychotrioides</i>	continuo*	dic-mar	dic-mar	abr-sep
<i>Eugenia xalapensis</i>	continuo*	mar-abr	abr-may	jun-jul
<i>Miconia glaberrima</i>	continuo*	continuo	dic-mar	abr-ago
<i>Moussonia deppeana</i>	continuo*	continuo	nov-feb	feb-jun
<i>Palicourea padifolia</i>	continuo*	dic-abr	abr-jun	jun-nov

especies que están relacionadas por tener una historia evolutiva común tienen una fenología similar, porque tienen rasgos adaptativos obtenidos desde generaciones muy anteriores en su historia dentro de un linaje.



Fenofase de caída de hojas en hayas (Sánchez Vigil)

Fenología del bosque de niebla

Las observaciones fenológicas requieren sumergirse en el lugar y el tiempo. Los eventos fenológicos son conocidos como fenofases y se agrupan en dos categorías: las vegetativas y las reproductivas. Las primeras incluyen básicamente a la producción de hojas nuevas y la caída de hojas; en ocasiones estas dos fenofases se reconocen como una sola llamada foliación. Las fenofases reproductivas son la floración y la fructificación. Al hacer la distinción en fenofases no se debe perder de vista que existen interrelaciones entre ellas y que a veces se sobreponen, como cuando al mismo tiempo hay emergencia de hojas y aparecen las flores.

Los patrones fenológicos en la caída y producción de hojas, la floración y la fructificación de árboles del dosel y de arbustos del sotobosque se conocen ahora a partir de más de una década de observaciones mensuales.

En el bosque de niebla, la vegetación del sotobosque y muchos árboles intermedios en tamaño son perennifolios. El sotobosque es un lugar oscuro, tiene poca luz, excepto durante algunas semanas del año cuando el techo del bosque se abre debido a que los árboles dominantes del dosel son caducifolios y pierden sus hojas. Podría ser entonces que la producción de hojas y flores en los arbustos del sotobosque se presentara antes que en los árboles del dosel, como respuesta al incremento en radiación cuando la abertura del dosel es mayor. Así, los arbustos

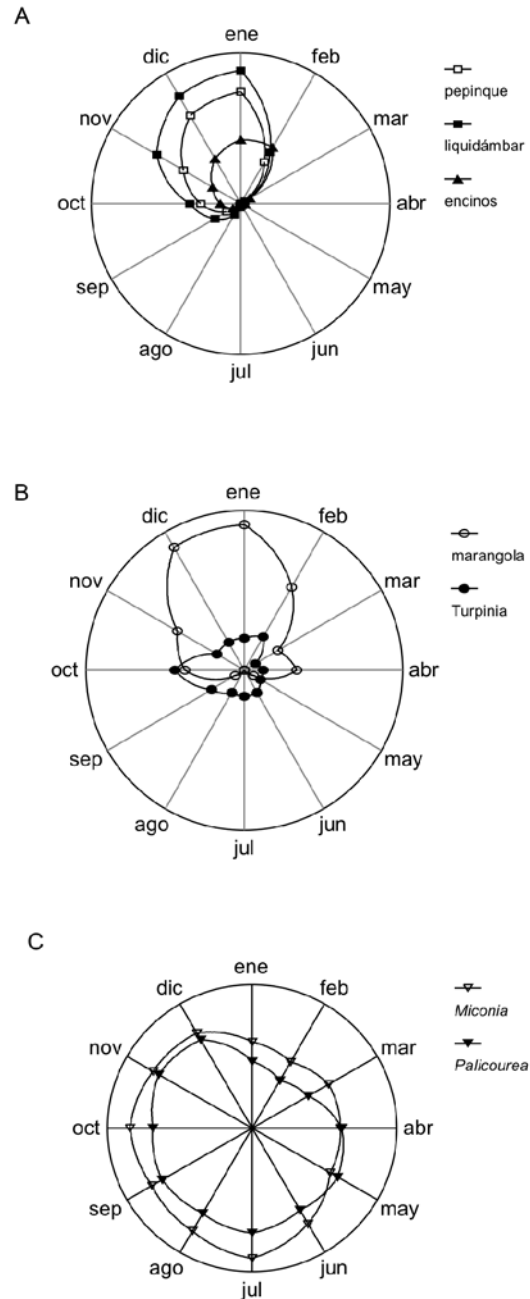


Figura 6.1. Temporalidad en la caída de las hojas. A. árboles caducifolios, B. árboles perennifolios, C. arbustos del sotobosque.

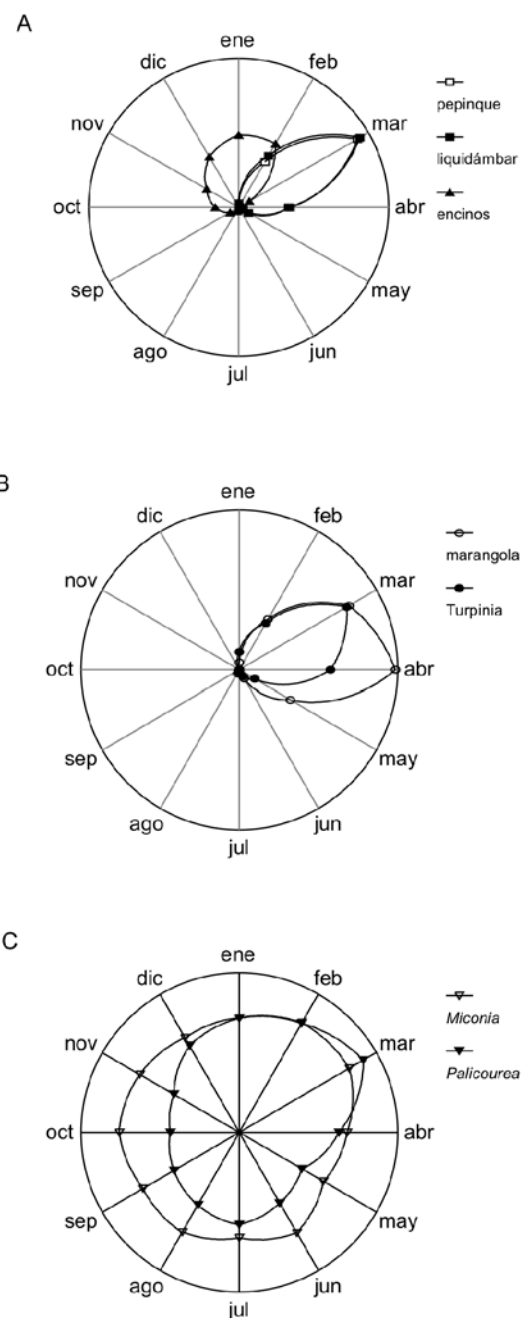
producirían hojas y flores antes que los árboles del dosel para tomar ventaja del incremento de radiación solar cuando el porcentaje de abertura del dosel es mayor. En el Cuadro 5.1 se presentan las especies del dosel y del sotobosque seleccionadas para ejemplificar la fenología del bosque de niebla y los meses en los que se presentan los picos de cada fenofase.

Caída de hojas. En el dosel del bosque, la caída de las hojas ocurre de manera gradual, comenzando desde agosto o septiembre y completándose en enero y febrero, sólo un poco antes de que empiece la producción de hojas. Las especies de árboles de hábito caducifolio, como pepinque, liquidámbar y los encinos, presentaron diferentes patrones de caída de hoja a los árboles perennifolios como marangola y *Turpinia* (Figura 6.1 A,B).

La caída de hoja y las variables climáticas, como precipitación y temperatura, estuvieron mejor correlacionadas con las especies caducifolias que con las perennifolias. Los árboles caducifolios tiran las hojas durante la estación relativamente fría y seca del año, por lo tanto, mostraron una relación fuerte entre la caída de hoja y la temperatura mínima, mientras que ninguna especie perennifolia tuvo una relación significativa con el clima. Los resultados sugieren que la temperatura puede ser más importante que la precipitación para promover la caída de hoja en especies de árboles de origen templado, y que las especies perennifolias de origen tropical tiran hoja en respuesta a factores distintos a las variables climáticas. En estas latitudes la temperatura mínima extrema nunca es muy baja, por lo que la periodicidad de la caída de hoja en este ambiente más tibio debe estar relacionada con el fotoperiodo y con factores endógenos como la historia evolutiva del organismo, o sea a los rasgos adaptativos acarreados desde generaciones muy anteriores.

Los arbustos presentaron una caída de hojas continua durante el año y consecuentemente no estuvieron relacionados con el clima o con las condiciones microclimáticas prevalecientes en el piso del bosque. En el sotobosque no hay picos de actividad bien definidos, la caída de hojas aparentemente es continua a lo largo del año, pero se incrementa hacia el inicio y final de las estaciones calientes (Figura 6.1 C).

Producción de hojas. En el dosel, el pico de producción de hojas nuevas se observa entre febrero y abril. El patrón de producción de hoja es diferente entre especies caducifolias y perennifolias (Figura 6.2 A,B). Todas las especies caducifolias producen picos entre febrero y abril, al final de la estación seca-fría y en la estación seca-caliente



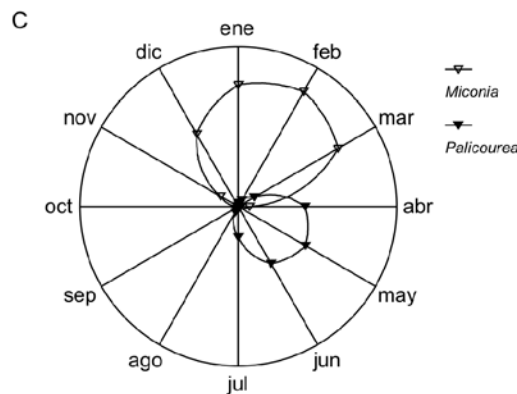
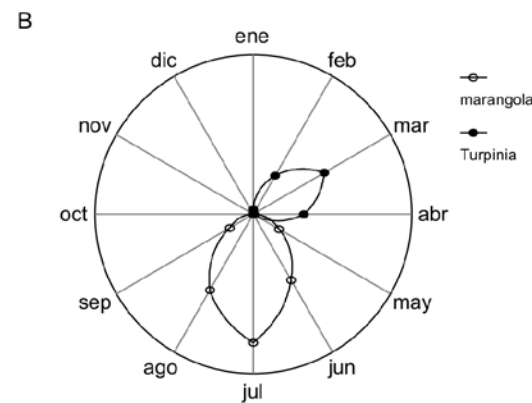
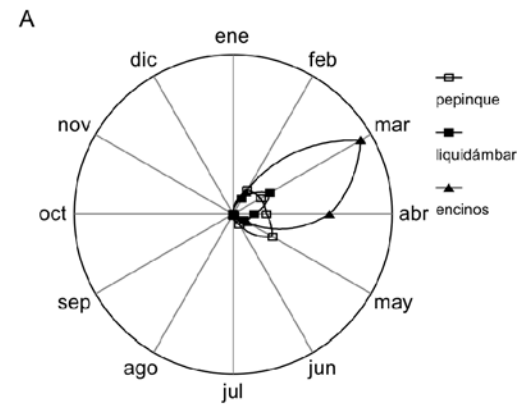
Fenofase: producción de hojas nuevas en una plántula de *Oreomunea mexicana* (GWL)

sólo un poco después de que termina la caída de hojas viejas. Para especies caducifolias, la producción de hoja estuvo mejor relacionada con temperatura máxima; esta relación puede indicar que en este sitio de montaña el aumento en la temperatura, en la estación seca, puede estar promoviendo la producción de hojas. La época de producción de hojas y flores en especies tropicales parece haber sido seleccionada para coincidir con el pico de máxima radiación solar, ya que algunas especies perennifolias tuvieron un pico de producción en abril, cuando la radiación alcanza su máxima expresión.

En el sotobosque, la foliación ocurrió a lo largo del año para *Miconia* y *Moussonia*. Por su parte *Ocotea* y *Palicourea* presentaron un pico que coincidió con la máxima entrada de luz (diciembre a marzo) y *Eugenia* tuvo un pico en marzo y abril (Figura 6.2 C). El pico de producción de hojas en el sotobosque fue muy amplio y comenzó dos meses antes que en el dosel, pero aun se registró una cierta superposición durante alguna parte del año.

Floración. En el dosel del bosque podemos observar más flores entre febrero y mayo. Este pico de floración ocurre durante parte de la estación relativamente seca y

Figura 6.2. Temporalidad en la producción de hojas. A. árboles caducifolios, B. árboles perennifolios, C. arbustos del sotobosque.

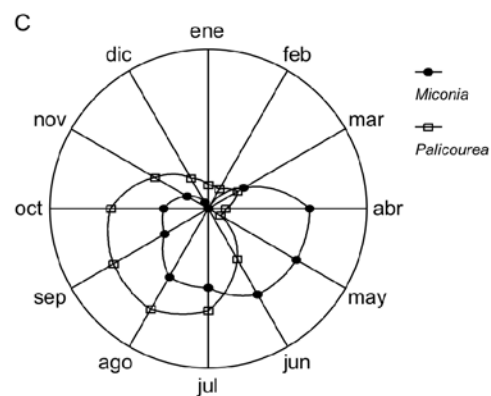
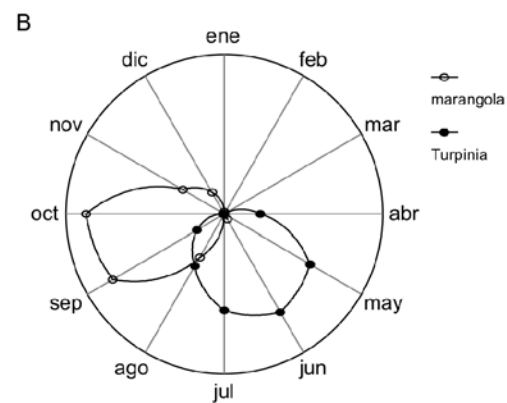
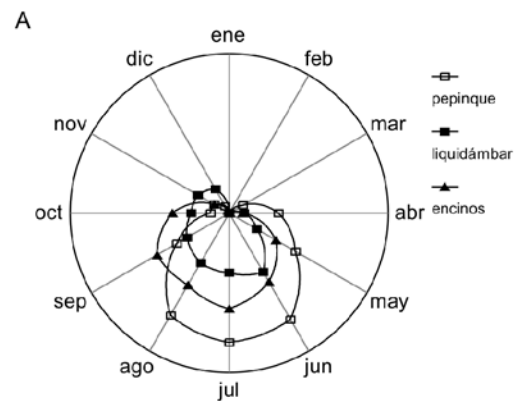


Fenofase: flores de *Symplocos coccinea*, especies de bosque de niebla protegida por la NOM 059 (cortesía de Claudia Gallardo)

ría y en la estación seca-caliente, de abril y mayo. En este caso no se observaron diferentes patrones de floración para árboles de distintas afinidades fitogeográficas o hábito de cambio de hojas (Figura 6.3 A,B). La mayoría de las especies arbóreas florecieron durante unos pocos meses de cada año, y aparentemente la floración de los árboles perennifolios se encuentra esparcida durante todo el año. La mayoría de las especies caducifolias y algunas perennifolias florecen entre febrero y abril, pero una caducifolia (marangola) y una perennifolia (choco) florecen entre junio y septiembre, otras especies entre noviembre y marzo (*Myrsine*, *Symplocos*). La floración de algunas especies no ocurre regularmente durante el mismo mes cada año, o bien florecen el mismo mes pero no cada año (palo blanco, acailite); y aun más complicado, algunas especies aparentemente florecen durante la mayor parte del año (palo de agua).

En el sotobosque la floración comienza desde diciembre y se extiende hasta mayo, sin embargo, las especies presentaron diferentes picos temporales (Figura 6.3 C). Los picos de producción de flores para *Miconia*, *Moussonia* y *Ocotea* coincidieron con niveles máximos de luz y tuvieron un desplazamiento de un mes respecto a la máxima del dosel. El pico de floración de *Palicourea* estuvo correlacionado positivamente con las temperaturas y negativamente con la abertura del dosel. De manera similar que para la producción de hojas, las plantas del sotobosque

Figura 6.3. Temporalidad en la floración. A. árboles caducifolios, B. árboles perennifolios, C. arbustos del sotobosque.



Fenofase: flores y frutos de *Palicourea padifolia* (cortesía de Claudia Gallardo)

Comienzan la floración dos meses antes que los árboles del dosel. Aparentemente algunas especies de arbustos tomaron ventaja de la breve ventana de aumento en los niveles de luz y produjeron hojas (*Ocotea*) y flores (*Miconia*, *Moussonia* y *Ocotea*).

Fructificación. Los frutos aparecen en el dosel del bosque principalmente entre mayo y octubre, coincidiendo con la parte cálida del año. La mayoría de las especies arbóreas producen sus frutos durante un tiempo particular del año, como los encinos, que tienen un pico de julio a septiembre (Figura 6.4 A), *Turpinia* entre mayo y julio, o marangola en septiembre y octubre (Figura 6.4 B). Algunas especies tienen diferentes patrones, muchos árboles producen frutos anualmente, pero otros como acailite tienen años semilleros y el patrón de producción masiva de frutos es supra anual: ocurre cada cierto número de años. En el sotobosque, si queremos ver frutos tendremos que visitar el sitio entre marzo y octubre y al mismo tiempo encontraremos frutos en el dosel del bosque, pero los picos de fructificación están restringidos a pocos meses para cada especie. Los arbustos tienen una producción de frutos esparcida; en marzo y abril encontraremos frutos de *Miconia*, pero hasta agosto y septiembre de *Palicourea* (Figura 6.4 C).

La comunidad vegetal del bosque de niebla no tiene un patrón fenológico único, ya que los diversos grupos de especies de árboles y de arbustos presentan diferentes comportamientos fenológicos. Durante la mayor parte del año la abertura del dosel del bosque es menor al 10%, pero cambia grandemente a través del año. La

Figura 6.4. Temporalidad en la producción de frutos. A. árboles caducifolios, B. árboles perennifolios, C. arbustos del sotobosque.

La mayor abertura del dosel (cerca del 40%) ocurre entre noviembre y febrero, cuando los árboles dominantes presentan un pico pronunciado en la caída de hojas, aunque la mayor entrada de luz o pico de radiación en el sotobosque ocurre entre diciembre y marzo. Los picos de producción de hojas y flores en el sotobosque no parecen estar relacionada íntimamente con el tiempo de la caída de hojas del dosel o con la abertura máxima, ya que esos picos coinciden con los niveles máximos de radiación. Ciertamente ocurre un desplazamiento temporal en fenología foliar y floral en el sotobosque respecto a la fenología de los árboles del dosel.

Árboles templados en clima tropical

Varias especies o géneros de árboles templados tienen un rango de distribución desde el bosque templado del noreste de Estados Unidos (latitud 47°N) hasta los bosques de niebla de México y América Central (latitud 15–20°N) y la fenología de esas especies cambia gradualmente. En los climas fríos de la parte norte de su distribución, especies como *Fagus grandifolia*, *Liquidambar styraciflua* y *Carpinus caroliniana* son caducifolias durante casi seis meses del año, pero en la parte tropical sur de su distribución, en el bosque de niebla, cambian hojas viejas por hojas nuevas en unas cuantas semanas porque la estación de crecimiento dura todo el año. Entre 30° y 45°N el tiempo del brote de las yemas está correlacionado con la temperatura mínima promedio de enero, que es el mes más frío: el brote de yemas ocurre en la semana durante la cual la temperatura mínima aumenta a 7 °C. La fenología caducifolia depende de la temperatura y por lo tanto la validez de los modelos fenológicos basados en temperatura termina en el sur de Estados Unidos, en donde la temperatura en el mes de enero es mayor a 7 °C y permite el crecimiento de árboles tropicales y el cultivo de cítricos sensibles a heladas. En el bosque de niebla, que está en los trópicos, las especies de árboles de origen templado cambian las hojas entre enero y febrero, pero las yemas foliares de estos árboles no presentan latencia durante el invierno, por lo tanto no tienen requerimientos de frío o estratificación para romper las yemas y producir las hojas al inicio de la primavera. En los trópicos, la fenología vegetativa de los árboles templados puede estar determinada por el estrés hídrico, la duración del día y algunos rasgos de su historia evolutiva. Así, los modelos basados en variables climáticas aún no son capaces de predecir la fenología de esos árboles templados creciendo en los trópicos, por lo que la fenología de los árboles en el bosque de niebla no parece ser un indicador del calentamiento global.

Sin embargo, las predicciones sobre la influencia del cambio climático modificando los tiempos fenológicos y por lo tanto el acoplamiento entre especies y el

equilibrio en la naturaleza es alarmante. El impacto del actual calentamiento global sobre la ecología del planeta nos está conduciendo a buscar nuevas interpretaciones sobre la fenología y demás conductas de las especies del bosque de niebla. En el capítulo 11 se presentan más detalles sobre el calentamiento global y su efecto potencial sobre el bosque de niebla.

Bibliografía

- Borchert, R., K. Robertson, M. D. Schwartz y G. Williams-Linera. 2005. Phenology of temperate trees in tropical climates. *International Journal of Meteorology* 50:57-65.
- Broda, J., S. Iwaniszewski y I. A. Montero García. 2001. *La montaña en el paisaje ritual*. CONACULTA. INAH. México, D.F.
- Eliade, M. 1998. *Lo sagrado y lo profano*. Ediciones Paidós Ibérica, S.A. Barcelona.
- Gould, S. J. 1996. *Time's arrow. Time's cycle. Myth and metaphor in the discovery of geological time*. Harvard University Press. Novena edición. Estados Unidos.
- Lantz, T. C. y N. J. Turner. 2003. Traditional phenological knowledge of aboriginal peoples in British Columbia. *Journal of Ethnobiology* 23:263-286.
- Williams-Linera, G. 1997. Phenology of deciduous and broadleaved-evergreen tree species in a Mexican tropical lower montane forest. *Global Ecology and Biogeography* 6:115-127.
- Williams-Linera, G., M. Duveill y C. Alvarez-Aquino. 2000. A relict population of *Fagus grandifolia* var. *mexicana* in a Mexican volcanic crater: structure, phenology, litterfall and dendroecology. *Journal of Biogeography* 27:1297-1309.
- Williams-Linera, G. 2003. Temporal and spatial phenological variation of understory shrubs in a tropical montane cloud forest. *Biotropica* 35: 28-36.
- Williams García, R. 2003. Las chicantanas, ingrediente para un antojo delicioso. *Diario de Xalapa*, 23 junio. Xalapa, Veracruz.

La fragmentación y el paisaje

CAPÍTULO 7

La fragmentación del bosque, junto con la pérdida de hábitat, son los temas principales que se consideran cuando se habla del deterioro ecológico o ambiental inducido por las actividades humanas. La fragmentación es un proceso durante el cual una extensión grande del hábitat se transforma en un cierto número de pequeños parches con un área total menor, y además, esos parches de vegetación original pueden quedar aislados uno de otro por una matriz de vegetación o uso del suelo diferente de la original. En un principio, la analogía de una isla rodeada por un medio muy diferente sirvió para conceptualizar lo impactante de un contraste riguroso entre el fragmento y sus alrededores. Cabe mencionar que los fragmentos de bosque no son equivalentes a islas rodeadas de mar, porque esa matriz de hábitats diferentes les proporcionan cierta conectividad. Aunque la pérdida de hábitat de bosque siempre acompaña a la fragmentación, ésta y la pérdida de hábitat son diferentes desde el punto de vista de la ecología de los organismos y deben distinguirse, como veremos más adelante. El efecto de la fragmentación puede alterar el hábitat remanente en el que vive la biota del bosque al aislar poblaciones, o a través del efecto de borde. La



La deforestación para cambiar el uso del suelo, de bosque a residencias, cerca de Xalapa, Veracruz (cortesía de Claudia Gallardo)

pérdida de hábitat ocasionada por cambiar el uso del suelo, de forestal a otro, destruye las condiciones para la vida de esos organismos: al deforestar un paisaje las especies pueden desaparecer junto con su hábitat.

La idea de la fragmentación del hábitat fue un concepto innovador adoptado en la investigación ecológica desde no hace mucho tiempo. Como parte del despertar ambientalista de los años 1960's, surgió una conciencia colectiva de respeto a la naturaleza y de reconocimiento a que nuestras actividades y la tecnología estaban dañando seriamente al ambiente. En 1964, un ecólogo catalogó a la ecología como un *asunto subversivo*, porque sienta las bases para una crítica continua a las operaciones humanas dentro de los ecosistemas¹; también en esos años otros escribieron sobre una primavera silenciosa², o los límites no sólo al crecimiento de la población humana, sino a la industrialización, la contaminación ambiental y el agotamiento de los recursos naturales³. Aún así, los ecólogos tardaron en reconocer que era necesario investigar qué estaba pasando en un paisaje fragmentado. Tradicionalmente, un ecólogo de esos tiempos estudiaba un área homogénea en el bosque, o en un campo abandonado, muy raramente estudiaba el efecto del acahual sobre el bosque vecino y menos aún las perturbaciones antropogénicas y su efecto.

La ecología del paisaje se originó como un tema de investigación en los años 1980's, por lo que aún es un acercamiento nuevo hacia la problemática contemporánea de la ecología. La idea del espacio homogéneo o uniforme fue reemplazada por la idea de la heterogeneidad ambiental. La idea de la naturaleza en equilibrio fue sustituida por la idea de la variabilidad espacial causada por procesos como las perturbaciones. Además, las nuevas ideas enfatizaban que los aspectos importantes del paisaje se deberían de vislumbrar desde la perspectiva del organismo en particular, porque el mismo paisaje es diferente para una orquídea, una rana, un árbol o un tlacuache.

Fragmentación

Que los sistemas estén fragmentados preocupa, porque puede tener un impacto negativo sobre la biodiversidad y los servicios ambientales que proporciona el bosque (Capítulo 10). La forma más directa de demostrar que la fragmentación de los bosques provoca la extinción local de especies es comparando las especies presentes en el área antes y después de que el hábitat se ha fragmentado. La

¹ Sears, 1964

² Carson, 1962

³ Meadows et al., 1972

Recuadro 7.1

Aves, interacciones y fragmentación del paisaje

Juan Francisco Ornelas

Aunque menos conspicuas, las aves del interior del bosque de niebla son más susceptibles a la fragmentación y a los cambios en la estructura del bosque. Sabemos que las especies de aves más susceptibles a la extinción son aquellas con límites de distribución altitudinal, las especies frugívoras del dosel, los polinizadores en islas o situaciones de fragmentación, y especies insectívoras del sotobosque. Por ejemplo, la eliminación de árboles muertos en pie del bosque puede modificar la disponibilidad de alimento y de sitios para anidar a varias especies de carpinteros (Picidae) y trepatroncos (Dendrocolaptidae). La eliminación de especies de arbustos como *Palicourea padifolia* (Rubiaceae) del bosque de niebla podría eliminar su interacción con 13 especies de colibríes que dependen de su néctar y dos especies de passerinos que consumen sus flores durante la primavera y otras mas que consumen sus frutos en el otoño. La importancia de estas aves en el bosque de niebla paradójicamente se relaciona en gran medida con la polinización y dispersión de las semillas de arbustos, epífitas y hierbas del interior del bosque, servicios ambientales modificados con la fragmentación. Los niveles de polinización y producción de semillas y frutos disminuye conforme el tamaño del fragmento disminuye. Otro caso es el empobrecimiento de las comunidades de epífitas con la reducción en la diversidad de árboles de sombra en cafetales y la misma remoción de epífitas como práctica de manejo forestal puede modificar los patrones de forrajeo de sus polinizadores y dispersores de semillas. Eventualmente, la extinción local de los componentes de interacciones planta-ave puede conducir a la extinción de las contrapartes en la interacción. Los efectos directos de las perturbaciones pueden observarse de manera casi inmediata, dependiendo de la magnitud de la perturbación y de la especificidad de la interacción, sin embargo, los efectos indirectos dependen también de la estructura y dinámica de las poblaciones interactuantes y de la estructura genética de dichas poblaciones. La sobrevivencia de estas interacciones depende de como sus genes y/o propágulos se mueven en el espacio. Por ejemplo, las aves frugívoras pueden llegar a tener radios de forrajeo hasta de 25 kilómetros, proveyendo acceso de gametos entre plantas en un territorio de forrajeo de 200-2000 kilómetros cuadrados! Por lo tanto, las aves frugívoras juegan un papel preponderante en (1) la recuperación de paisajes severamente fragmentados como los del centro de Veracruz al promover la conexión de los elementos del paisaje, (2) los componentes de un paisaje pueden permanecer conectados por plantas en ciertos compartimentos de polinización, pero eventualmente el sistema se puede colapsar si el flujo genético es interrumpido (dispersión de semillas), y (3) la conexión genética entre fragmentos no solo depende del servicio de las aves polinizadoras y dispersoras de semillas, sino también del sistema reproductivo de la planta. Desde hace dos

años estamos describiendo la estructura genética poblacional y flujo genético entre poblaciones para varias de las interacciones planta-ave aquí descritas en el bosque de niebla. Con este tipo de información podremos entender (1) el movimiento de los genes dentro y entre poblaciones, (2) la estructuración genética de las poblaciones y (3) los efectos de los factores ecológicos tales como la dispersión del polen y semillas en la dispersión de los genes.



Amazilia cyanocephala (Trochilidae) con granos de polen de *Palicourea padifolia* (Rubiaceae) en el pico en los alrededores de Xalapa (cortesía de Clementina González)



El borde abrupto de un fragmento de bosque de niebla (GWL)

posibilidad de documentar la extinción de organismos provocada por la fragmentación depende de la disponibilidad de datos previos sobre la diversidad biológica de un área, lo cual rara vez existe. Dentro del fragmento remanente suceden perturbaciones naturales y antropogénicas que pueden ocurrir con mayor frecuencia o intensidad que en un bosque continuo, o en un fragmento muy grande. Además, los efectos negativos de la fragmentación se presentan espacialmente a diferentes escalas, y principalmente son una alteración del microclima y el aislamiento de cada fragmento respecto a otros.

Efectos de borde

Los bordes son las zonas de contacto entre dos comunidades distintas, y hay una diferencia notable entre bordes; por ejemplo, el borde entre un bosque y un pastizal podría ser menos benigno que el borde entre un bosque y una finca cafetalera o un acahual viejo. Para conservar un parche de bosque, la protección del borde de perturbaciones externas es tan importante como la protección del interior del bosque. La fragmentación cambia las condiciones físicas de los remanentes de bosque a través del llamado efecto de borde.

Los efectos de borde están modulados por muchos factores. Entre los moduladores principales que influyen en la magnitud de las variables y en la distancia que penetren dentro del bosque, está el tipo o contraste de borde. Un borde abrupto se origina al momento de cortar parte del bosque, en cambio, un borde suave es viejo, ya que la vegetación se ha desarrollado. Las variaciones en el microclima y la estructura de la vegetación son mayores y se extienden a más distancia dentro del bosque en los bordes abruptos, mientras que en un borde suave se reducen por la presencia amortiguadora de árboles y vegetación densa de sotobosque. Así, el tipo de comunidad adyacente es importante, ya que determina la profundidad del efecto de borde dentro del interior del bosque.

Los estudios sobre bordes indican la presencia de gradientes en las condiciones microambientales, en la estructura de la vegetación y cambios en la composición de especies e interacciones bióticas, desde fuera y hacia el interior del bosque.

Microclima. Dentro de un bosque, inmediatamente se aprecia que la temperatura del aire es más fresca, aunque la humedad contenida en el aire puede ser



El borde suave de un fragmento de bosque de niebla (GWL)

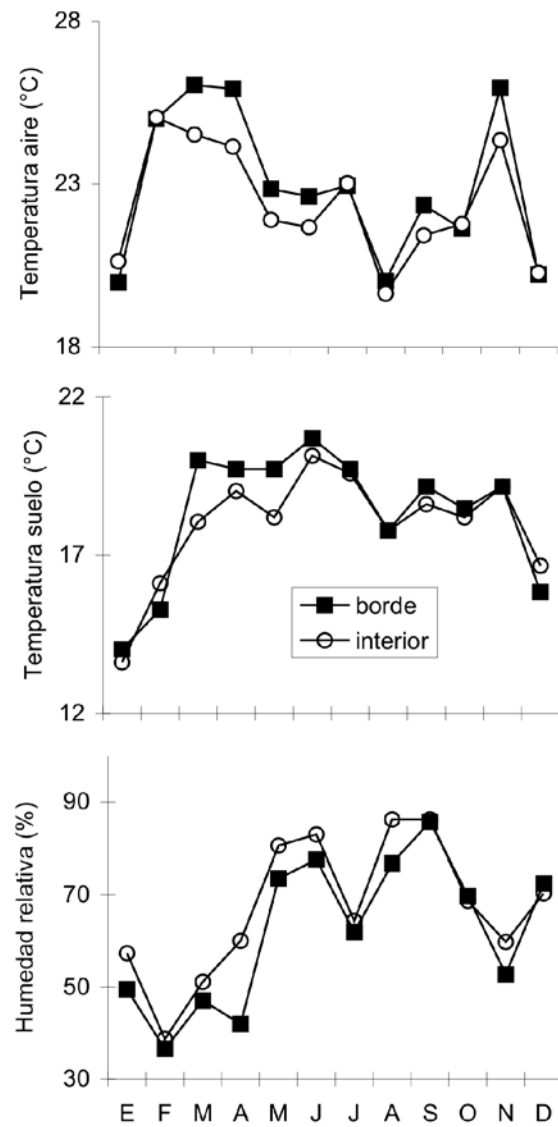


Figura 7.1. Cambios en el microclima dentro del bosque de niebla a lo largo de un año. **Borde** es la banda de 5 m dentro del bosque a partir de la línea de contacto con el campo. **Interior** es dentro del bosque.

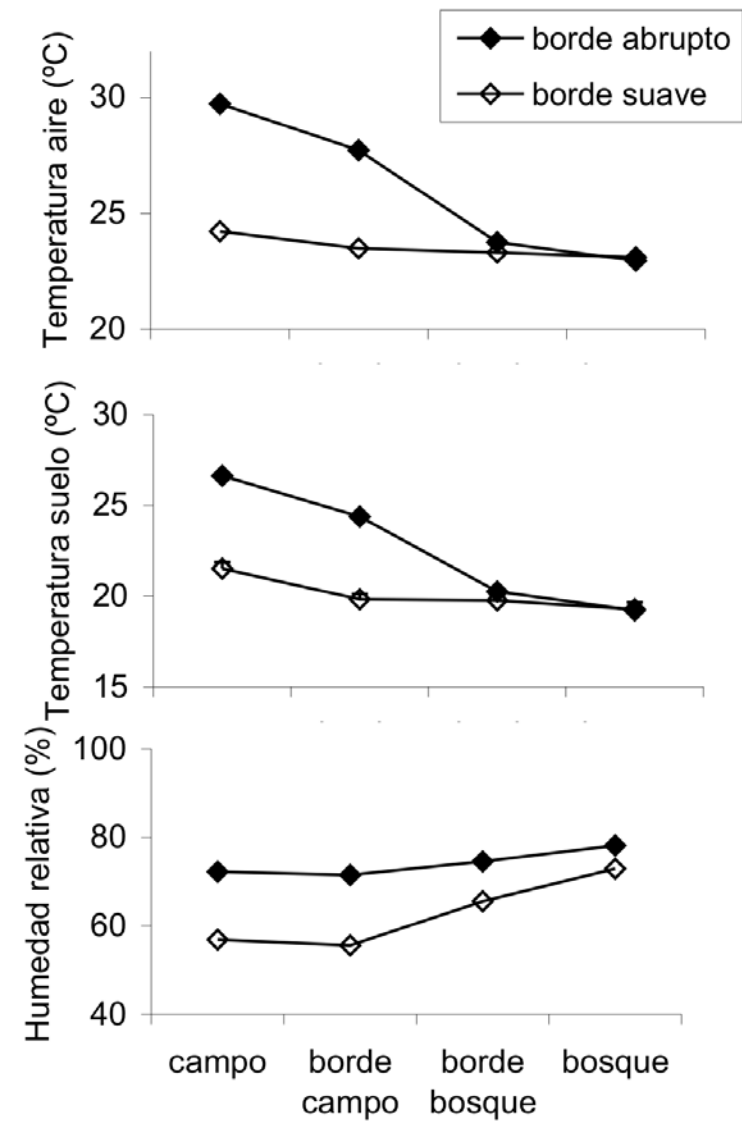


Figura 7.2. Cambios en el microclima desde un campo abandonado recientemente (borde abrupto) y un acahual viejo (borde suave), hasta el interior del bosque.

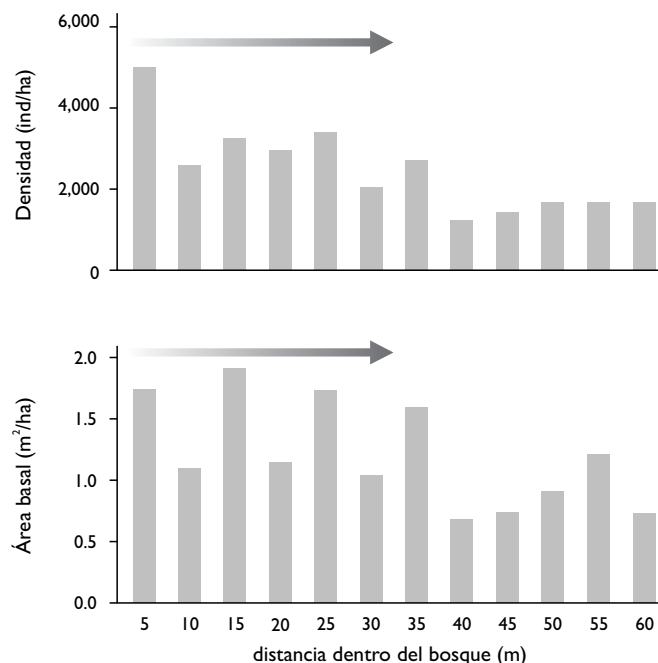


Figura 7.3. Estructura de la vegetación de un borde viejo. La densidad y el área basal de árboles pequeños y arbustos es mayor cerca del borde que en el interior. La flecha indica la distancia de penetración del efecto de borde.

abrumadoramente mayor que en campo abierto, pero otras variables como los niveles de luz y la fuerza del viento son menores.

En fragmentos de bosque con bordes muy viejos y colindantes a fincas abandonadas por varios años, como en el Parque Clavijero en Xalapa, Veracruz, se encontraron diferencias entre el microclima de la orilla del bosque, a 5 m de la línea de colindancia, y el interior del bosque. Las diferencias no son muy grandes, la temperatura del aire en promedio varía de unos 23 °C en la orilla a 22 °C en el interior del bosque, la temperatura del suelo va de 18.3 °C en la orilla a 17.9 °C en el interior, y la humedad relativa del aire de 62% en la orilla a 67% en el interior del borde. Pero al observar los cambios a lo largo de un año se nota que en ciertos meses las diferencias son notables (Figura 7.1). En temporada de calor, por ejemplo en el mes de abril, la temperatura del aire y del suelo es menor en el interior del bosque, pero en la orilla el aire notablemente contiene menos humedad, es más seco.

Las mismas variables microclimáticas muestran contrastes bastante fuertes si el bosque colinda con un acahual viejo o con el campo abierto (Figura 7.2). Cuando el borde es joven, el efecto de borde penetra una cierta distancia dentro del fragmento de bosque, cuando el vecino es viejo los cambios son tenues. Por ejemplo, la

temperatura del suelo va de 27 °C en un campo abierto y 22 °C en un acahual viejo, a sólo 19 °C adentro del bosque, mientras que la humedad relativa es relativamente baja afuera del bosque, pero bastante similar entre un acahual viejo y el interior del bosque. Estos cambios en el microclima crean hábitats distintos que permiten el establecimiento de plantas y animales diferentes a los del interior del bosque.

Estructura de la vegetación en las orillas. Las orillas de los fragmentos de bosque son diferentes, aun en la misma región, debido a diferentes historias de perturbación, edad del borde, al tiempo de abandono o prácticas de manejo del campo adyacente y otros factores relacionados con la topografía y la orientación del sitio. En la Figura 7.3 se presenta la estructura de la vegetación, como densidad y área basal de árboles pequeños y arbustos en una orilla de bosque muy vieja. Fisonómicamente este borde se distingue fácilmente porque se encontró adyacente a un campo donde la vegetación se cortaba regularmente para mantener abierta la vereda, y cruzándola se encontró un bosque joven proveniente de un naranjal abandonado. En otros bosques, el efecto de borde sobre la estructura de la

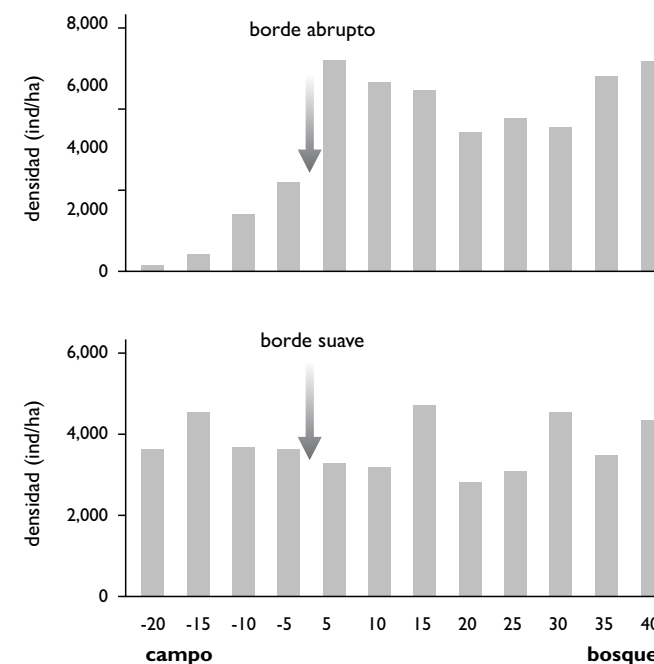


Figura 7.4. Densidad de vegetación leñosa de menos de 5 cm de diámetro, pero de más de 2 m de altura, en bordes abrupto y suave. La flecha indica el borde entre el campo abandonado y el bosque.

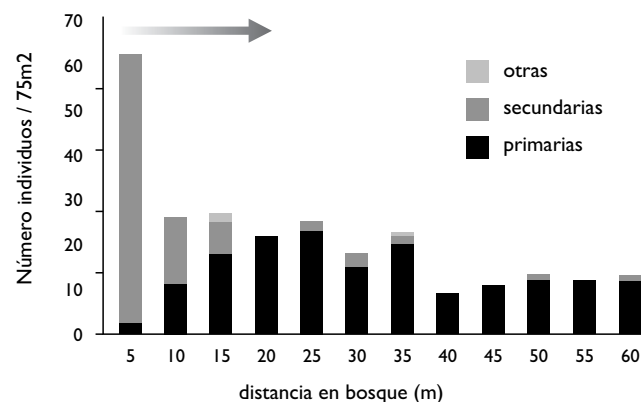


Figura 7.5. Número de individuos en especies primarias y secundarias, contados en transectos, desde la orilla hasta el interior del bosque. La flecha indica la distancia a la que penetra el efecto de borde sobre la composición de especies.

vegetación también abarca el lado deforestado (Figura 7.4). En una orilla abrupta, el efecto de borde se observa tanto en el bosque como en el campo contiguo, pero en una orilla suave el efecto del borde original se desvanece y no se detecta claramente, porque la vegetación está bien desarrollada en los dos lados.

Los bordes son hábitats distintivos debido a que presentan una estructura vegetal y una composición florística diferente a la del interior del bosque y a la del campo contiguo. La distancia que alcanza el efecto de borde dentro del bosque de niebla depende del tipo de borde, pero vale la generalización de que la densidad y el área basal de la vegetación leñosa es mayor en las orillas y que este efecto se percibe hasta unos 15-40 m dentro del interior del bosque.

Composición florística en las orillas. Las especies pioneras son demandantes de luz, por eso se les conoce como heliófilas, y dominan algunas orillas de bosque, aunque no siempre, aun así hay ciertas especies asociadas a diferentes porciones del gradiente borde-interior del bosque. En la Figura 7.5 se presenta una típica orilla donde el campo adyacente se ha mantenido abierto, el borde tiene muchos años y se aprecia la dominancia de especies pioneras en la vegetación de sotobosque y de árboles pequeños en los primeros metros. Algunas de las especies heliófilas que crecen en los bordes son: *Cnidosculus aconitifolius* (mala mujer), *Piper auritum* (acuyo), *P. hispidum*, *P. nudum*, *Telanthophora grandifolia*, *Malvaviscus arboreus*, *Palicourea padifolia*, *Lippia myriocephala* (palo gusano), *Solanum aphyodendron*, *Cestrum miradorense* y *Rubus* sp. (zarzas). Cuando las orillas tienen diferente edad tienden a mostrar una composición



Una especie heliófila de borde de bosque: *Telanthophora grandifolia* (cortesía de Claudia Gallardo)



Algunos helechos arborescentes prefieren ambientes de bordes del bosque (GWL)

y una riqueza de especies diferentes. En bordes jóvenes o abruptos el número de especies es menor que en bordes suaves que ya han tenido más tiempo para reclutar individuos de especies pioneras y típicas de bosque.

Otras especies vegetales también prefieren las orillas del bosque, porque son lugares con mayor abertura del dosel y mayor penetración lateral de luz. Las especies de árboles hemiepífitos llegan, se establecen, y crecen sobre otros árboles hospederos como una forma de evitar las condiciones oscuras del sotobosque, pues la cantidad de luz recibida en un sitio es determinante para su establecimiento. El choco es una hemiepífita muy apreciada en la región, porque sus hojas se utilizan para tamales. La presencia de adultos de choco en los bordes del bosque, creciendo sobre encinos y liquidámbares grandes y a lo largo de ríos, sobre las hayas, y aún sobre construcciones abandonadas, indica que requieren sitios más expuestos para alcanzar estados maduros.

Los helechos arborescentes tienen diferentes preferencias de hábitat debido a que sus tolerancias a la sombra son variadas. Algunas especies como *Alsophila firma* y *Lophosoria quadripinnata* prefieren las condiciones de hábitat de borde para

establecerse, aunque otras especies pueden inclinarse hacia un ambiente de interior del bosque.

Interacción de depredación de bellotas y plántulas de encino

La estructura de la vegetación adyacente al bosque y el tipo de borde afectan la conducta de los consumidores de semillas y de los herbívoros, y consecuentemente la regeneración del bosque, porque afectan la dispersión de las semillas y el establecimiento de las plántulas. Los encinos, como grupo, son los árboles dominantes del dosel del bosque de niebla, además los encinos son excepcionalmente importantes en el bosque de niebla porque proveen el hábitat y los recursos alimenticios para muchos otros organismos, y leña y madera para las poblaciones humanas. Por lo tanto, los encinos pueden servir para ejemplificar el efecto de borde en la depredación de semillas, la mortalidad y la herbivoría en plántulas localizadas a diferente distancia en las orillas.

En el tiempo de producción de frutos, en la orilla abrupta del bosque, la densidad de bellotas es más alta, mientras que la tendencia a que sean removidas por algún animal pequeño es más baja. En una orilla abrupta se descubrió que las bellotas colocadas experimentalmente a varias distancias fueron completamente removidas, excepto las que estaban en el borde mismo del bosque. Sin embargo, en los bordes suaves no se reporta diferencia en remoción de bellotas a varias distancias de la orilla, entre un acahual y el bosque. Una posible explicación es que los pequeños mamíferos del bosque evitan ir a los bordes. Los patrones de mortalidad de plántulas también se ven afectados por la estructura de la vegetación de los bordes y de los campos adyacentes. En un borde suave la sobrevivencia fue similar en todas las distancias, aunque en otro la sobrevivencia mayor ocurrió en el interior del bosque. La mayor sobrevivencia de plántulas también se observó en la orilla abrupta. La sobrevivencia de las bellotas y de las plántulas parece estar relacionada con una vegetación del sotobosque más densa y con la presencia de árboles pequeños y arbustos más desarrollados.

Así, el tipo de borde puede limitar la dispersión de bellotas o puede incrementar la posibilidad de la colonización de encinos en campos adyacentes. Según aumenta la complejidad estructural de las orillas y con ella cambian las condiciones microclimáticas, los bordes se vuelven más hospitalarios para el reclutamiento de encinos y de muchas más especies de árboles primarios, permitiendo una regeneración gradual del bosque.

Recuadro 7.2

Pequeños mamíferos y fragmentación del paisaje

Robert H. Manson

En el bosque de niebla, los mamíferos pequeños son muy abundantes. El mejor tiempo para observarlos es durante la noche, cuando están más activos y seguros: saliendo de sus nidos dentro de los huecos de árboles, bajo los troncos caídos o dentro de pequeñas excavaciones en las pendientes fuertes, estos animales empiezan un juego delicado para encontrar suficiente comida y satisfacer su gran apetito sin volverse comida para sus depredadores (ocelotes, coyotes, comadreas, mapaches, lechuzas, halcones). Debido a su tamaño diminuto los mamíferos pequeños pierden calor a una tasa impresionante, particularmente en estos hábitats frescos. Por eso, tienen que pasar una gran parte de su tiempo buscando comida para alimentarse.

La combinación de la alta abundancia de mamíferos pequeños y su apetito voraz se refleja en un gran impacto como depredadores de hongos e insectos, así como consumidores de semillas, plántulas y hojas. Los mamíferos pequeños también pueden influir en la regeneración del bosque a través de su papel como dispersores de semillas de árboles a lugares en que pueden germinar y crecer, y al consumir y transportar esporas de hongos micorrícicos que ayudan a los árboles a establecerse. Cada especie de mamífero pequeño tiene sus propias preferencias de dieta, así como preferencias de hábitat. Sin embargo, mientras que la fragmentación del bosque reduce la abundancia de los animales grandes, muchas veces favorece a las especies de mamíferos pequeños que alcanzan densidades más altas en los remanentes de bosque.

Durante los últimos años, se han estudiado los efectos de la deforestación sobre la comunidad de pequeños mamíferos viviendo en los fragmentos de bosque de niebla en el centro de Veracruz. En cinco de los fragmentos de bosque mencionados en este libro, existen actualmente 15 de las 28 especies de pequeños mamíferos terrestres presentes originalmente en la región. Este conteo muestra una pérdida del 46% de la biodiversidad nativa de mamíferos pequeños e intermedios presentes en esta región hasta principios del siglo pasado. Algunas de esas especies incluyen al conejo castellano (*Sylvilagus floridanus*), el mapache (*Procyon lotor*), el tlacuache apestoso (*Didelphys marsupialis*), el ratón tlacuache (*Marmosa mexicana*), el tlacuache de cuatro ojos (*Philander opossum*), la comadreja (*Mustela frenata*). Especies de pequeños mamíferos incluyen tres especies de musarañas o topos ciegos (especies de *Cryptotis* y *Sorex*), la ardilla rojiza (*Sciurus aureogaster*), la ardilla arborícola (*S. deppei*), una especie de ratón pigmeo (*Baiomys musculus*), el meteorito (*Microtus quasiater*), tres especies de ratilla arrocera (*Oryzomys* sp.), el ratón azteca (*Peromyscus aztecus*), el ratón negro (*P. furrus*), el ratón cuatro albo (*P. leucopus*), el ratón campestre (*Megadonthomys nelsoni*) y cuatro especies de ratón cosechador (*Reithrodontomys* sp.).

En un sitio en particular, el Parque Ecológico Clavijero, la pérdida de diversidad de mamíferos terrestres parece muy grave ya que de 15 especies de mamíferos terrestres registradas hace 20 años, ahora quedan sólo cinco especies, lo que implica una pérdida de 66% de la biodiversidad. Esta disminución coincide con el aumento de casas e infraestructura rodeando el área natural protegida, con el aumento de una población de gatos domésticos, así como con el aislamiento y deterioro de este fragmento de bosque debido a la destrucción del hábitat natural y la extracción no sustentable de recursos.



Un ratón cosechador (*Reithrodontomys mexicanus*) del bosque de niebla (cortesía de Robert Manson)

Pérdida de hábitat

El bosque de niebla es el tipo de bosque tropical más amenazado a nivel mundial. A nivel nacional, la mitad de la cobertura de bosque de niebla ha sido transformado, y la situación es aún peor en el estado de Veracruz en donde la cantidad de cobertura de bosque de niebla transformada a otros usos del suelo es mucho mayor que para todos los otros tipos de bosque. La mayor parte del bosque de niebla ya ha sido destruido y el resto está en peligro de desaparecer si la ciudad de Xalapa sigue creciendo desordenadamente, y si la expansión de las actividades agropecuarias se sigue realizando a costa del bosque.

En los municipios considerados dentro de la zona conurbada, los fragmentos de bosque no perturbado cubren alrededor del 10% del área. El único fragmento de bosque de tamaño grande tenía 902 ha en 1993, pero en imagen de satélite reciente se aprecia que ese gran fragmento de bosque ya contiene áreas totalmente deforestadas convertidas en potreros.

Las especies se han perdido con el bosque, pero lo trágico es que en esas áreas se encuentran los manantiales que dan origen a numerosos arroyos que llegan a convertirse en los ríos que en la época de sequía se utilizan para llevar más agua a Xalapa. En la región, el uso de suelo dominante es el de potreros (37% de la

superficie), seguido por las zonas urbanas (18%), vegetación secundaria (17%) y bosque perturbado (17%). Por supuesto que existen muchos más fragmentos de bosque, aunque relativamente alejados de zonas urbanas, pero el crecimiento poblacional y la apertura de caminos pone en verdadero peligro de desaparecer a los últimos remanentes del bosque original.

La tala selectiva y la explotación forestal no reguladas son una amenaza a la integridad del ecosistema dentro de los fragmentos, pero inmensamente más impactante es el cambio de uso de suelo de bosque y sistemas agropecuarios a uso urbano, a casas y fraccionamientos, especialmente en los lugares contiguos y cercanos a la zona conurbada. Una única esperanza de recuperación de este bosque es el hecho de que existen todavía muchos fragmentos con bosques perturbados y acahuales en la región. La cantidad de sitios con bosque en recuperación parece haber aumentado sustancialmente en los últimos 30 años debido al abandono de potreros y cafetales que ya son acahuales con gran cantidad de especies típicas del bosque. Estas coberturas se podrían utilizar como corredores para ayudar a conectar los fragmentos de bosque y así reducir el aislamiento de estos remanentes de bosque.

Mecanismos de extinción

El bosque de niebla y su biodiversidad son particularmente sensibles a los cambios causados por la fragmentación. Ésta influye de manera negativa en la mayoría de la biota nativa. La fragmentación del bosque y la destrucción del hábitat disminuyen directamente las poblaciones de flora y fauna y aumentan el riesgo de la extinción local de las especies típicas de plantas y animales de este bosque; además, las poblaciones y especies remanentes que quedan expuestas a los efectos de borde descritos previamente. Una alta proporción de bosques de niebla de la región existe en estado fragmentado, por lo tanto un asunto que se debe considerar es el grado en el cual los pequeños fragmentos contribuyen a conservar comunidades biológicas típicas del bosque original. Los fragmentos de bosque de niebla pequeños pueden ser muy diferentes en composición respecto al bosque original, y la riqueza de especies después de la fragmentación puede disminuir con el paso del tiempo. Pero debido a la heterogeneidad ambiental de la región, cada uno de esos fragmentos puede contener poblaciones de especies que tal vez sólo sean capaces de existir en esos remanentes, sea por el azar, sea por condiciones microambientales muy particulares del lugar, o por eventos históricos recientes o pasados. Los fragmentos pequeños (4-6 ha) pueden jugar un papel particularmente importante en la dinámica



El crecimiento de la ciudad de Xalapa, Veracruz, sobre el bosque: el cerro Macuiltépetl visto desde el bosque de *Oreomunea mexicana* (cortesía de Claudia Gallardo)

poblacional de las especies de árboles y en la composición del bosque a nivel de la región.

Debido a que el extenso bosque de esta zona se ha transformado a fragmentos forestales donde el área de borde se ha incrementado notablemente, una pregunta importante es si las especies características del bosque pueden ser capaces de regenerarse, esto es, de germinar, crecer y establecerse en diferentes microambientes climáticos y lumínicos que estarían representados por el interior del bosque, el borde y el campo contiguo. También es importante saber si las especies pueden ser capaces de crecer en manchones de vegetación que representen diferentes etapas sucesionales o acahuals, bosques degradados, potreros, cafetales, campos de cultivo y aún en asentamientos humanos. El hecho de que ya existan muchos bosques jóvenes en sitios en donde estas cubiertas existían, pero fueron abandonados, son un indicador de que sí.

La sensibilidad de una especie a la fragmentación y su vulnerabilidad a extinguirse, depende de sus condiciones intrínsecas, como ser rara o tener una población pequeña, o que esa población se encuentre en el límite altitudinal o latitudinal superior o inferior de su distribución geográfica. Otros gremios muy especializados, como aves insectívoras del sotobosque, mamíferos grandes, o ranas, son más vulnerables a extinguirse cuando los fragmentos pequeños quedan aislados.

La mejor forma de extinguir una especie es mediante la eliminación de ciertos hábitats dentro del paisaje; esto provoca la disminución del tamaño de la población y previene o reduce la inmigración de los individuos entre parches y aísla a la población. La fragmentación puede alterar procesos ecológicos tales como la polinización, la dispersión de semillas o el reciclaje de nutrientes, y las consecuencias de su alteración podrían propagarse en cascada, afectando indirectamente a muchas otras especies.

La importancia de considerar el paisaje completo

Si ahora se tuviera el área mínima requerida para poder conservar el bosque de niebla, y si la biota debe persistir aún en nuestro paisaje fragmentado, entonces el manejo de la matriz es también importante. Tal vez la transformación de extensiones considerables del bosque de niebla a cafetales, desde hace más de cien años, es lo que realmente está salvando al bosque mismo. Otro sería su destino si esta región hubiera seguido una tendencia de siglos hacia la conversión a potreros y cañaverales. Los cafetales han sido amigables con el paisaje, sin embargo, el bosque no perturbado y los cafetales de sombra están en gran riesgo de ser transformados en un futuro cercano, a



El cafetal bajo monte (cortesía de José García Franco)

menos que estrategias como el pago de servicios ambientales (Capítulo 10) tengan un impacto positivo mayor para la conservación del paisaje.

Gran parte del bosque de niebla, en la región de Xalapa, ha desaparecido y los remanentes permanecen como parches entre pastizales, cafetales o tierra dedicada a otro uso. Los patrones de distribución de las especies pueden estar afectados por la fragmentación al nivel del paisaje. Por lo tanto, aún se requiere más información de la respuesta de las especies a los componentes del paisaje, tales como el área de los fragmentos, el grado de aislamiento y el tipo de uso de suelo adyacente que forma la matriz circundante a los fragmentos de bosque. También se debe considerar que independientemente de que se conserve el área de un bosque, si éste está fragmentado, se incrementa el efecto de borde, así como las condiciones no favorables bióticas y abióticas, lo que provoca una reducción del hábitat disponible para las especies nativas. Los umbrales a los que una fragmentación mayor y un efecto de borde adicional debido al impacto humano pueden llevarnos, son aún desconocidos para la distribución y persistencia de especies de plantas y animales del

Bibliografía

- Bernabé, N., G. Williams-Linera y M. Palacios-Ríos. 1999. Tree ferns in the interior and edge of a Mexican cloud forest: spore germination and sporophyte survival and establishment. *Biotropica* 31:83-88.
- Carson, R. 1962. *Silent spring*. Fawcett Publications, Inc. Greenwich, Conn. 304 p.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic* 34: 487-515.
- Guzmán-Guzmán, J. y G. Williams-Linera. 2006. Edge effect on acorn removal and oak seedling survival in Mexican lower montane forest fragments. *New Forests* 31:487-495.
- Haila, Y. 2002. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications* 12:321-334.
- Meadows, D. H., D. L. Meadows, J. Randers y W. W. Behrens III. 1972. *Los límites del crecimiento. Informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 253 p.
- Saunders D. A., R. J. Hobbs y C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.
- Sears, P.B. 1964. Ecology a subversive subject. *Bioscience* 14:11-13.
- Williams-Linera, G. 1990. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology* 78:356-373.
- Williams-Linera, G. 1991. Los bordes de selvas y bosques. *Ciencia y Desarrollo* 17:65-71.
- Williams-Linera, G. 1992. La ecología del paisaje del bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz. *Ciencia y Desarrollo* 18:132-138.
- Williams-Linera, G. 1992. Distribution of the hemiepiphyte *Oreopanax capitatus* at the edge and interior of a Mexican lower montane forest. *Selbyana* 13:35-38.
- Williams-Linera, G. 1993. Bordes de bosque nublado en el Parque Ecológico Clavijero, Xalapa, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 41:107-117.
- Williams-Linera, G., V. Sosa y T. Platas. 1995. The fate of epiphytic orchids after a Mexican cloud forest was fragmented. *Selbyana* 16:36-40.
- Williams-Linera, G., R. H. Manson y E. Isunza-Vera. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 8:73-89.

La conservación y el uso de productos del bosque

CAPÍTULO 8

La región localizada en la montaña, en la zona del bosque de niebla, ha sido históricamente muy apreciada para asentamientos humanos debido al clima agradable, el suelo fértil y a la abundancia de agua. Los pueblos son muchos y los bosques han estado sujetos a presiones similares: una reducción del área boscosa, una fragmentación del hábitat natural que afecta al conjunto de la biodiversidad y los servicios ambientales, y una degradación de los fragmentos remanentes. En la actualidad, los ecosistemas prístinos, si alguna vez existieron, se han acabado y el paisaje regional está formado de parches de vegetación con diferentes grados de perturbación, bosques y fincas, cultivos, plantaciones comerciales, potreros y acahuals que están interconectados mediante flujos de animales, propágulos, nutrientes y agua.

¿Qué alternativas hay para los remanentes de bosque de niebla?

Para mantener el paisaje funcionando en términos ecológicos --para mantener la biodiversidad y los servicios ambientales-- se cuenta con dos caminos complementarios: la protección de los fragmentos de bosque y la restauración ecológica de ambientes degradados, como bosques muy perturbados y áreas deforestadas o erosionadas debido a actividades humanas no sustentables.

La protección tiene muchos matices, y para marchar bien debe estar en concordancia con el interés de la colectividad social, incluyendo la población local, los usuarios de los servicios ambientales y los tomadores de decisiones. La conservación de los pocos parches de bosque que aún quedan en pie es posible si se considera el valor económico que el bosque tiene como protector y formador del suelo, de cuencas hidrológicas y de manantiales que surten de agua a diversas poblaciones, además de ser una fuente de ingresos para los pobladores locales a través de actividades relacionadas con el ecoturismo y el uso sustentable de recursos maderables y no maderables para comercialización en mercados amigables con el medioambiente. Las áreas de bosque son fuentes irremplazables de semillas para la restauración, y la valorización y pago de los servicios ambientales que presta el bosque conservado se están volviendo cada vez más sofisticadas y los mercados se están abriendo hacia otros servicios.

Conservación

Algunos bosques de niebla, siendo un ecosistema único, se encuentran representados a nivel nacional en varias categorías de Áreas Naturales Protegidas de carácter



Una reserva de bosque de niebla en el Parque Ecológico Clavijero en Xalapa, Veracruz (GWL)

federal, creadas mediante un decreto presidencial, publicado en el Diario Oficial de la Federación. Las reservas de la biosfera son áreas representativas de ecosistemas, con una zonificación que incluye áreas no alteradas y áreas alteradas por la acción del ser humano, que requieran ser preservadas y, en su caso, restauradas, en las cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. En México, el bosque de niebla se encuentra en las reservas de la biosfera de El Cielo en Tamaulipas, Sierra de Manantlán en Jalisco, Sierra Gorda en Querétaro, Los Tuxtlas en Veracruz, El Triunfo, La Sepultura, Montes Azules y Volcán Tacaná en Chiapas. El bosque de niebla también está contenido en otras categorías de área natural protegida como los Parques Nacionales (Lagunas de Montebello y Cañón del Río Blanco, entre otros).

En el estado de Veracruz, el ambiente de bosque mesófilo de montaña o bosque de niebla se encuentra resguardado en unas 14 áreas naturales protegidas de carácter estatal, algunas muy pequeñas y otras con categorías de protección todavía no muy claras, pero actualmente en proceso de revisión. Aún así, estas pocas áreas cumplen una función importante en términos de conservación y educación ambiental. Destacan por su popularidad, en el municipio de Xalapa, el Parque Ecológico Clavijero, el Parque Ecológico Macuiltépetl junto con el Cerro de la Galaxia, el Tejar-Garnica y el

Recuadro 8.1

Jardín Botánico Clavijero: El bosque de niebla de cerca

Orlik Gómez

El rápido desarrollo urbano y el crecimiento poblacional en el centro de Veracruz han transformado al bosque de niebla en fragmentos con superficie reducida. Localizado al suroeste de la ciudad de Xalapa, Veracruz, aproximadamente a 500 kilómetros al este de la ciudad de México, el Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero protege uno de esos fragmentos y se considera como uno de los jardines botánicos de mayor importancia en México.

Este Jardín Botánico abrió sus puertas en 1977, contando en sus primeras etapas con el apoyo de los Jardines Botánicos Reales de Kew, Londres. Recibió su nombre para honrar a Francisco Javier Clavijero, un sacerdote jesuita, historiador veracruzano del siglo XVIII, gran conocedor de los indios mexicanos, de su vida, costumbres, naturaleza y manera en que se relacionaban con sus recursos naturales, fueran plantas, animales o minerales. Clavijero escribió la obra monumental *Historia Antigua de México* e innumerables ensayos y disertaciones sobre la cultura mexicana, ciencias naturales y filosofía.

El Jardín Botánico Clavijero es el único jardín botánico en México ubicado en la distribución geográfica natural del bosque de niebla, por lo que incluye un fragmento de bosque en cuyas laderas abundan los árboles y arbustos característicos de esta vegetación como *Liquidambar*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Quercus*, *Clethra*, *Meliosma*, *Oreopanax*, *Podocarpus*, además de helechos arborescentes y palmas. El Jardín Botánico Clavijero se dedica al estudio y conservación de la flora nativa, especialmente de las especies amenazadas o en peligro de extinción. Mantiene una colección científica documentada de plantas vivas del bosque de niebla, integrada por 3,500 registros, pertenecientes a 750 especies. Destacan la Colección Nacional de Cícadas y la Colección Nacional de Bambúes Nativos de México, y se está consolidando una valiosa Colección de Orquídeas del Bosque de Niebla de la región. Además, posee un *palmetum*, que exhibe palmas de diferentes partes del mundo, muchas de ellas obtenidas a través del intercambio con otros jardines botánicos, como la palma fénix de África (*Phoenix canariensis*), el rattán de Asia (*Calamus mindorensis*) y la palma real de las Antillas (*Roystonea regia*). Entre las especies mexicanas están el chocho (*Astrocarium mexicanum*), la palma barril (*Gaussia gomez-pompae*) y las camedoras (*Chamaedorea* spp.). En el *arboretum* se exhibe una colección de árboles y arbustos nativos e introducidos, donde destacan las grandes hayas (*Platanus mexicana*), especies alimenticias como el gasparito (*Erythrina americana*) y la nuez de macadamia (*Macadamia tetraphylla*), y otras de ornato como el tulipán africano (*Spathodea campanulata*).

A lo largo de treinta años de existencia, el Jardín Botánico Clavijero se ha dedicado a generar información hortícola para promover la propagación y uso sustentable de especies nativas. Además, representa un extraordinario espacio para que las personas de todas las edades reciban nuevos conocimientos sobre botánica, ecología y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. El Jardín Botánico Clavijero cumple con la misión de ser un centro dedicado a la educación ambiental, ofreciendo múltiples posibilidades de conocimiento y descubrimiento del entorno natural, observación e investigación. Organiza regularmente talleres con propósitos de divulgación científica, dirigidos al público en general, pero con énfasis en el público infantil.



El Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero del Instituto de Ecología, A.C. (cortesía de Juan Arturo Piña Martínez).

Parque Natura, Molinos de San Roque y el Predio Barragán; en Banderilla se encuentra la reserva de La Martinica y en Coatepec el cerro de las Culebras y las reservas de La Cortadura y La Granada. Las reservas cumplen muchas funciones, entre ellas destaca su papel en la protección de la flora y fauna nativa y del bosque íntegro. Además, ofrecen una oportunidad para la investigación científica acerca del funcionamiento de estos ecosistemas, y mediante un plan de manejo apropiado serían posible que desarrollaran actividades trascendentes de vinculación con la gente y de educación ambiental.

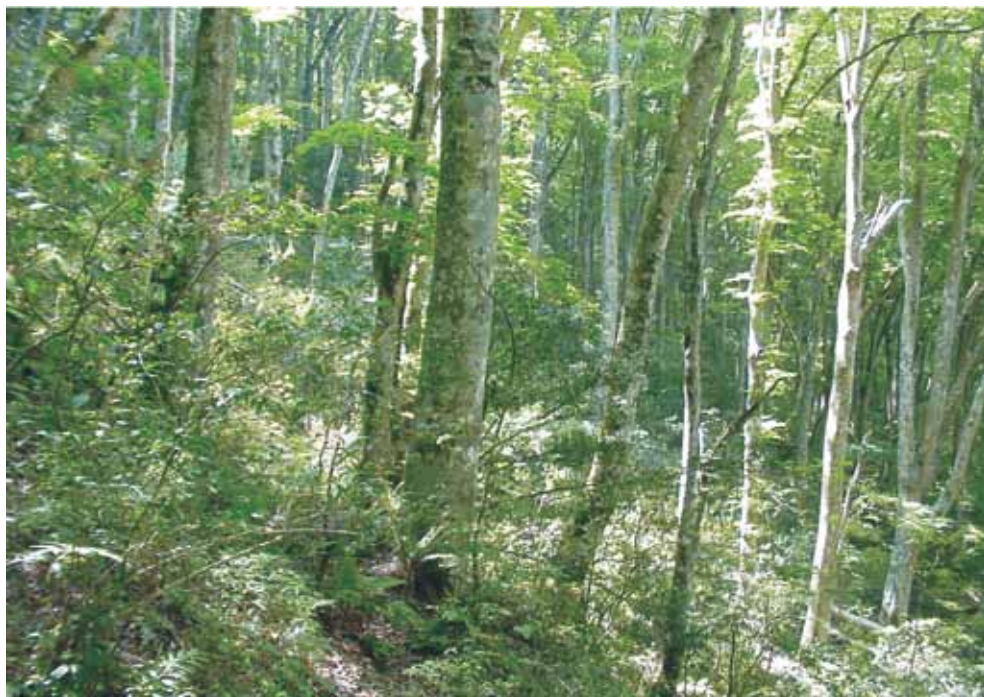
En el centro de Veracruz existen otras áreas esenciales para la conservación que se han mencionado durante diferentes reuniones o talleres como son la Barranca de Coapexpan (Río Carneros), Chiltoyac, el Cerro de la Campana en Zoncuantla, y los bosques de *Fagus* de Acatlán y Acajete. Los bosques de *Fagus* son sitios particularmente importantes para la conservación debido a la presencia de varias especies de árboles protegidos por la NOM059, y su conservación debería de beneficiar a los propietarios. Así llegamos a la idea de que la protección de la integridad ecológica del bosque es responsabilidad no exclusiva de los gobiernos, sino de todos los ciudadanos. Gran parte de los remanentes de bosque está en predios y

propiedades privadas y sociales, además, existen áreas verdes de tamaño relativamente considerable que estuvieron bajo producción agropecuaria o fueron cafetales y podrían restaurarse e incorporarse a una serie de corredores biológicos. Un sistema estatal de áreas protegidas eficiente y ecológicamente funcional podría incluir áreas naturales protegidas por decreto gubernamental junto con áreas privadas y sociales pertenecientes a propietarios interesados en la conservación del bosque en sus terrenos. Los ordenamientos territoriales, tanto urbanos (con sus zonas de conservación y áreas naturales protegidas), como los regionales y los ordenamientos ecológicos deberían de jugar un papel decisivo en la conservación debido a sus capacidades de ordenar la planeación y el desarrollo, pero aún no logran consolidar una política efectiva y comprometida con la protección de las áreas verdes urbanas, periurbanas y rurales para el centro de Veracruz.

Por otro lado, la conservación de áreas privadas es posible y deseable, hay muchos manchones de bosque en la región que se han conservado por encontrarse dentro de un régimen de propiedad privada o ejidal.

El bosque puede quedar protegido mediante un instrumento jurídico para la conservación conocido como “la servidumbre ecológica”. Este mecanismo consiste en un contrato voluntario mediante el cual diferentes propietarios se comprometen a la conservación, a perpetuidad, o por un número definido de años, de un área natural mediante su zonificación y limitación de uso. Este contrato obliga a los posteriores propietarios de los terrenos a limitar parcialmente el uso de su propiedad para conservar los recursos existentes y la integridad ecológica. Es decir, la servidumbre ecológica limita el uso de la tierra y las áreas que se recuperan para garantizar la conservación de la cobertura del suelo como bosque, y los propietarios actuales y, en el futuro, los nuevos dueños estarán obligados a respetar las limitaciones de uso establecidas en el contrato. El primer lugar donde se estableció esta estructura, y hasta ahora el mejor ejemplo de integración de la conservación, de ecoturismo, educación ambiental y actividades productivas, es el Rancho Las Cañadas, cerca de Huatusco, Veracruz.

Dentro de este esquema de servidumbre ecológica se podría incluir el manejo de las tierras para la provisión de agua, para las ciudades y pueblos de una región. Los ecosistemas que contribuyen a la infiltración, captación y recarga de agua de gran calidad, están en las zonas altas de los municipios localizados sobre el macizo del Cofre de Perote. Las tierras se deben proteger para garantizar y mantener la seguridad en el suministro de agua, además se deben manejar con un enfoque ecológico centrado en la restauración de las conexiones entre bosques a través de restaurar la vegetación riparia.



El bosque de *Fagus* (GWL)

Una forma de conservación que abarque toda la región tiene que combinar preservación y uso sustentable por las poblaciones. Una propuesta de gran alcance para la conservación de la biodiversidad en el centro de Veracruz, implica que el bosque de niebla esté protegido dentro de una reserva-archipiélago y conectado por corredores biológicos. En este escenario, los fragmentos de bosque se protegen dentro de una reserva-archipiélago que, como su nombre lo indica, estaría conformada por todos los fragmentos de bosque remanente en la región. Estos remanentes se conectan mediante corredores biológicos, lo que implica la restauración de porciones amplias donde la conexión se haya roto, e incluirá no sólo bosque, sino otros usos del suelo —como los cafetales de sombra— que sean amigables con la conservación de elementos propios del bosque y que sirva para propósitos múltiples, donde las comunidades locales deben tener un beneficio, pero también una participación activa.

Productos maderables

Tanto las actividades de conservación como de restauración del bosque de niebla regional deben tomar en cuenta la utilización de los recursos del bosque por la población local. Los recursos maderables del bosque de niebla destacan como los más subutilizados y poco estudiados, ya que algunas maderas podrían tener un alto valor comercial, mucho mejor que convertirlas en leña y carbón. Algunas especies son empleadas en construcciones para elaborar vigas, tablas y para muebles rústicos (encinos principalmente, aunque también se usa ilite, liquidámbar y nogal). México tiene la mayor diversidad mundial de especies de encinos, su madera ocupa el segundo lugar de aprovechamiento a nivel nacional, sólo después de la de pino. Aún así, los estudios y aprovechamiento de la madera de los encinos de bosque de niebla, a pesar del potencial valor comercial, son limitados y resultaría extraño encontrar una plantación de encinos destinados a producir madera en la región. Las maderas de liquidámbar, nogal, pepinque y fresno son susceptibles de sustituir especies cercanas de procedencia extranjera y considerarse como madera comercial¹. Otras especies con maderas valiosas son los árboles de zopilote y acailite, pero su manejo está lejos de existir. Muchas especies de árboles tienen usos múltiples y pueden utilizarse en reforestación y restauración². Joaquín María Rodríguez (1895) escribió en los años 1890's sobre especies de árboles nativos utilizados para la carpintería y la ebanistería como, sabino, romerillo, ilite, xicalahuatle, encino, roble, duela, marangola, trompillo,

tuya, aguacatillo y moral. Junto a los árboles ya mencionados, describió otras especies útiles en la construcción y empleadas de adorno, como liquidámbar, axocopa, raiján, rama de tinaja, trueno y fresno. Este autor narra los usos; por ejemplo (p. 257) el que se le daba al jonote:

“...el jonote es un árbol que presta importantes servicios a los rancheros ya que por su corteza, que les sirve para ensartar tabaco, ya porque los troncos son muy a propósito para los calehuales y morillos de sus jacales, y porque se presta a la raja, para la construcción de tejamanil, que por lo menos dura dos años a la intemperie.”

Productos no maderables

Los recursos forestales no maderables son los materiales biológicos que son recolectados en el bosque. Estos recursos pueden ser plantas, animales, hongos, hojarasca, leña y carbón, que son extraídos por la población rural que habita en las



La leña es la principal fuente de energía para preparar alimentos en el medio rural (cortesía de Ingrid Haeckel)

¹ Carmona-Valdovinos, 1979

² Benítez Badillo et al., 2004

Recuadro 8.2

Los helechos arborescentes y el 'maquique'

Mónica Palacios-Rios

Los helechos son un grupo de plantas que se distinguen porque en vez de flores y frutos poseen estructuras reproductoras denominadas soros, las cuales en lugar de formar semillas forman esporas que están contenidas en esporangios, y también por el tipo de crecimiento que presentan las frondas al desarrollarse formando una estructura denominada 'cayado' y con un tallo subterráneo denominado rizoma.

Los helechos se hacen presentes en diferentes tipos de ecosistemas por casi todo el mundo, la mayor diversidad y abundancia se encuentra en las regiones cálido-húmedas montañosas y tropicales, aunque también se localizan en zonas desérticas y más allá del círculo ártico. En México, los helechos forman parte de todos los tipos de vegetación reconocidos. Se considera que hay poco más de 1000 especies de pteridofitas (helechos y plantas afines) en México, y que son más abundantes en bosques mesófilos de montaña y bosques de encino y liquidámbar.

Los helechos arborescentes son plantas muy vigorosas, de bello, verde, agradable y refrescante follaje y que llegan a medir de 6 a 15 m de altura (máximo 25 m) y hojas de 2 a 3 m de largo. Estos helechos forman en la base del pecíolo, raíces adventicias que se aglomeran de forma enredada formando una masa de fibras o estructura fibrosa y compacta que se denomina 'maquique', 'maquiqui', 'malque', 'malquiqui', 'pesma', 'xaxim', 'chachi', 'parásita', 'camarón', 'mexifern' o 'raíz de helecho' dependiendo de la región en donde se le encuentre. Esta fibra es utilizada como sustrato ideal para sembrar plantas de orquídeas, bromelias (tenchos), helechos y otras plantas epífitas, pues es una fibra natural que tiene buen drenaje y se mantiene húmeda por mucho tiempo, además de que es muy duradera y no se descompone. Después de que la fibra es removida o extraída, sirve para elaborar artesanías y macetas que se usan como sustrato para las plantas mencionadas.

En Veracruz se conocen varias especies de helechos arborescentes de las cuales se puede obtener el 'maquique': *Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *Dicksonia sellowiana* y *Sphaeropteris horrida*. Estas especies se encuentran en peligro de extinción debido al abuso en su uso y el indiscriminado deterioro de su hábitat. A esta problemática, además, se añade que la formación del 'maquique' es un proceso largo, al menos 50 años, para poder alcanzar el tamaño apropiado para comercializarse. Pero sin duda, muchas de las estructuras y artesanías de gran tamaño que se encuentran a la venta, provienen de helechos muy viejos, algunos quizá de hasta más de 100 años, los cuales han sido destruidos para trabajar artesanalmente el 'maquique'.

El crecimiento de los helechos arborescentes es muy lento. Puesto que se desconoce el periodo entre la germinación y el principio del crecimiento longitudinal de plantas jóvenes, no se puede determinar exactamente la edad de estas plantas. Algunas

especies de crecimiento rápido, como *Cyathea arborea*, alcanzan una edad de 30 a 35 años, mientras especies de crecimiento lento, como *Alsophila bryophila* alcanzan una edad de 130 años. Por esta razón, la producción de 'maquique' para el uso comercial tarda mucho tiempo en formarse y su colecta indiscriminada para artesanías y macetas y su comercialización, aunado a la tala de los bosques, son las principales causas que amenazan a las especies de helechos arborescentes en nuestro país. Definitivamente la extracción como se lleva a cabo en la actualidad ha reducido grandemente y de forma drástica el número de helechos arborescentes en las regiones montañosas. Una de las alternativas para la conservación de los helechos arborescentes es informar sobre esta problemática tanto a viveristas como a aficionados, para concientizarlos sobre el origen del 'maquique' y la amenaza que significa para los helechos arborescentes. Al mismo tiempo que se solicita que la manufactura de piezas artesanales realizadas con 'maquique' se reemplace por otros sustratos que funcionan de forma muy eficiente para distintos tipos de epífitas.



Los helechos arborescentes son abundantes en el bosque de niebla (cortesía de Mónica Palacios-Rios)

cercanías de los fragmentos de bosque para convertirlos en mercancía que venden a los usuarios a través de los mercados regionales. Las plantas útiles pueden ser hierbas, epífitas, arbustos y árboles, y las categorías o grupos de uso varían entre unas pocas a decenas. Las categorías más comunes agrupan a las plantas en medicinales, ornamentales, comestibles, rituales, combustibles, cerca viva, y varias otras como jabón, amarres y tintes.

Muchas plantas tienen usos medicinales, como se aprecia profusamente en las listas de especies incluidas en la *Flora Medicinal de Veracruz*³. Un ejemplo se presenta aquí: históricamente la raíz de jalapa o purga (*Ipomea purga*) se usa como purgante y antihelmíntico, e hizo famoso el nombre de Xalapa en la Europa del siglo XIX. Se llama jalapa porque fue el lugar de concentración de los tubérculos recolectados para después ser exportados, y tan importante fue que aún permanece en el escudo de armas de Xalapa. La purga se extraía de Tlalnelhuayocan, cuyo nombre significa “lugar donde hay raíces” y se refiere precisamente a ese tubérculo. Al principio los tubérculos eran recolectados de poblaciones silvestres. Actualmente, aunque en pequeña escala, se cultiva, se produce y se exporta del municipio de Xico y otros



Los gasparitos (GWL)

aledaños. Esta planta silvestre se encuentra en estado de domesticación progresiva.

Para ornato se extraen orquídeas, begonias, bromelias o tenchos, piperáceas y las palmas camaedoras o tepejilote, las cuales tradicionalmente adornan casas, paredes y patios de toda la región. Sin embargo, un punto que es necesario mencionar son los mercados nacionales o internacionales que promueven el comercio ilegal de especies silvestres, porque en el caso del bosque de niebla, un increíble número de especies son extraídas ilegalmente. Los aficionados a coleccionar especies como orquídeas pueden llegar a niveles de fanatismo y adicción, y a pagar precios tan altos por los especímenes que promueven el comercio ilegal, el saqueo y destrucción de nuestros bosques. Muchas especies están protegidas legalmente bajo un tratado internacional llamado CITES (Convenio de Comercio Internacional de Especies en Peligro), que está reforzado por leyes federales anti-crime que alcanzan prisión y multas altísimas en muchos países.

Estacionalmente, los productos comestibles naturales del bosque de niebla son diversos. En los mercados locales se encuentran flores como gasparitos, también conocidos localmente como iquimite o pitos, la flor de izote y las flores de calabaza. También se ofrecen decenas de quelites como el quintonile, huacte, macuilquelite, chiltoquelite, la verdolaga y la lengua de vaca; frutos como aguacates, chinines, chiles diversos, guindas, cayuyos que son la uva de cáscara gruesa, diferentes tipos de frijol



La raíz purga (GWL)

² Benítez Badillo et al., 2004

³ Cano Asseleih, 1997

Recuadro 8.3

Epífitas: la otra parte del bosque

José G. García-Franco

El bosque de niebla del centro de Veracruz es particularmente rico en especies de plantas. Los árboles y arbustos son muy diversos, pero no pasa desapercibido el grupo de plantas que habitan en las ramas de éstos, las epífitas. Aunque las plantas epífitas viven encima de los árboles, a diferencia de las parásitas como los muérdagos (*Psittacanthus* spp.) y las corrigüelas (*Struthanthus* spp.), no obtienen el agua y los nutrientes de ellos sino que únicamente encuentran condiciones adecuadas para su establecimiento y desarrollo; no obstante dependen totalmente de la presencia de árboles para su existencia. Sin embargo, las condiciones en la copa de los árboles son extremas, además de una mayor exposición al sol y al viento, el agua y los nutrientes son escasos. Por ello, las epífitas han desarrollado estructuras para captar y almacenar agua y nutrientes, tales como rosetas de hojas anchas (tenchos o bromelias), tallos y bulbos suculentos (orquídeas, cactáceas), y cutículas gruesas con apertura nocturna de los estomas para realizar la fotosíntesis con poca pérdida de agua por evapotranspiración.

Las epífitas son un grupo de plantas sumamente importante. Aunque en México representan sólo el 6.8 % de las plantas vasculares conocidas, son un componente conspicuo de los bosques de montaña, y contribuyen con 30% al total de la flora endémica del país. Se estima que en el centro de Veracruz habitan unas 297 especies, representadas mayormente por orquídeas (133 especies), helechos y plantas afines (63 especies) y bromelias (42 especies), pero por lo complejo del sistema montañoso de esta zona, aún se espera encontrar nuevos registros, y hasta especies completamente nuevas para la ciencia.

Debido a la gran variedad de formas y tamaños, a la manera como se entremezclan las epífitas, y a lo heterogéneo que es el ambiente en la copa de los árboles, las epífitas mantienen una infinidad de interacciones con múltiples organismos, como parasitismo (pequeñas moscas), herbivoría (palomillas, ardillas) y polinización (colibríes, murciélagos, mariposas, abejas, abejorros). Por la exuberancia con que crecen, principalmente en las bromelias, se acumulan entre sus hojas grandes cantidades de agua y materia orgánica, propiciando microhábitats que pequeños vertebrados (ranas, lagartijas) e invertebrados (hormigas, escarabajos, arañas) utilizan para cumplir sus ciclos de vida. Muchos organismos son exclusivos de esos microambientes estructurados por las epífitas, y se les atribuye una importante participación en la generación y mantenimiento de los más de 30,000,000 de especies de insectos que existen en el mundo. Ante tal abundancia, otros animales como las aves toman ventaja, y utilizan a las epífitas como sitios para alimentarse.

Muchas epífitas tienen follaje o flores de extraordinaria belleza (orquídeas y bromelias), que las hacen ser muy apreciadas como plantas de ornato o para construir

adornos en festividades religiosas. Es generalizado el uso del paztle (*Tillandsia usneoides*) para decorar los pesebres navideños, y la colecta de tenchos (*Tillandsia multicaulis*, *T. punctulata*, *T. imperialis*) para utilizar sus hojas e inflorescencias en la construcción de los arcos que cubren las fachadas de las iglesias en la región de Xalapa. Desafortunadamente, la colecta desmedida y deforestación comienzan a cobrar la factura, ya que las poblaciones se han reducido drásticamente en los sitios donde habitualmente se obtenían las plantas, y con esto se han reducido la fauna que depende de ellas. Pocas especies han resistido esos cambios ambientales, permaneciendo en los árboles aislados en los potreros, o se han establecido en los sistemas agroforestales (v. gr. cafetales) que sustituyen a los bosques. Pero otras más, muy sensibles y con requisitos ambientales específicos para su existencia, desaparecen cuando el bosque se altera.



Uno de los tenchos más abundantes en el bosque es *Tillandsia deppeana* (cortesía de José García Franco)

como el *xaxana*; hojas (*xoxo* o *choco* para envolver tamales, *culantrillo* o *cilantro* de monte llamado *nacaxhuío*, *laurel*, *xonequi*, *omequelite*, más conocido como *acuyo*, y *epazote*), en diciembre *paztle* y *musgos* para los “nacimientos”, y decenas de hongos comestibles procedentes del bosque. Aunque no propiamente un recurso no maderables, la tierra de hoja o de monte es otro producto extraído del bosque que también tiene gran demanda localmente.

Ritualmente muchos productos son importantes, como los *tenchos* (*Tillandsia multicaulis* y *T. punctulata*), para la elaboración de los arcos florales que adornan fachadas de iglesias durante festividades tradicionales. Las flores de *cempasúchil* (*Tagetes erecta*) y la rama *tinaja* (*Trichilia havanensis*) se utilizan para decorar los altares en Día de Muertos.

Muchos y diversos son los productos no maderables, pero falta explorar y catalogar la cantidad de información disponible ahora dispersa en decenas de tesis y documentos sobre la utilización racional y sustentable de todas esas plantas, hongos y animales. Todos estos productos tienen importancia económica en los mercados locales, pero deberían de tener un valor agregado mucho mayor al ser productos de la naturaleza.

Los planes de conservación y de restauración ecológica no se hacen en un vacío aislado de factores culturales, económicos y políticos. Los planes de conservación que resulten costosos para los propietarios, causarán oposición y será menos factible implementarlos. Una cuestión clave para la conservación y restauración, incluyendo áreas protegidas y aquellas dedicadas a usos económicos, es que el paisaje debe proveer suficiente vecindario para que los elementos de la biodiversidad puedan persistir, al mismo tiempo que se utilizan los recursos naturales de manera sustentable y aceptable social y ecológicamente.

Bibliografía

- Bacmeister, A., M. Gutiérrez Lacayo y J. A. Montesinos Cesar. *Manual de introducción a las servidumbres ecológicas en México*. PRONATURA. México, D.F.
- Benitez, G., M. T. Pulido-Salas y M. Equihua. 2004. *Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones*. Instituto de Ecología, Sigolfo y CONAFOR. Xalapa, Veracruz. 288 p.
- Cano Asseleih, L. M. 1997. *Flora medicinal de Veracruz. I. Inventario etnobotánico*. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 606 p.
- Carmona Valdovinos, T. 1979. *Características histológicas de la madera de cuatro especies del bosque caducifolio de México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM. México, D. F.
- CONANP. 2006. *Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. <http://www.conanp.gob.mx>
- López Ramírez, M. A. 1981. *Hongos comestibles de la región de Xalapa, Veracruz*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver.
- Gómez-Peralta, M. y M. del P. Angón-Torres. 2004. *Recursos forestales no maderables aprovechados en Morelia*. Serie Fuentes para el Conocimiento Natural de Michoacán No. 7. Gobierno del Estado de Michoacán. Morelia. 110 p.
- Linajes Palacios, J.A. 1991. *La raíz de Jalapa Ipomoea purga (Wender) Hayne (Convolvulaceae) en el municipio de Xico, Veracruz, México. Su sistema de producción*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. 57 p.
- Manson, R. y G. Williams-Linera (eds.). 2001. *Memorias del taller sobre conservación y uso sustentable del bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz*. Subsecretaría de Medio Ambiente. Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Veracruz. 74 p.
- Navarro Pérez, L. C. 2005. *Plantas útiles del municipio de Astacinga, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz.
- Pérez Olvera, C. P., R. Dávalos Sotelo y E. Guerrero Cuacuil. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. *Madera y Bosques* 6:3-13.
- Peters, C.M. 1994. *Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forests: an ecological primer*. Biodiversity Support Program, Washington, D.C.
- Rancho Las Cañadas, Huatusco. <http://www.bosquedeniebla.com.mx>
- Rodríguez, J. M. 1895. *Apuntes sobre el cantón de Xalapa, estado de Veracruz, México*. Publicados desde julio de 1893 a febrero de 1895 en: *La Voz de la Verdad*. Imprenta Veracruzana de la Viuda e Hijos de Ruiz. Xalapa. 324 p.
- Williams-Linera, G., A. Guillent Servent, O. Gómez García y F. Lorea Hernández. Conservación en el centro de Veracruz, México. El bosque de niebla: ¿Reserva archipiélago o corredor biológico? G. Halffter, A. Melic y S. Guevara (eds.). *La cultura de la diversidad biológica: Estrategias para la conservación de áreas naturales protegidas de designación internacional: Reservas de la biosfera, sitios del Patrimonio Mundial y sitios Ramsar en Iberoamérica*. En revisión.

La restauración ecológica

CAPÍTULO 9

La ecología de la restauración toma el reto de las áreas perturbadas, y al estudiar y reconstruir comunidades y ecosistemas se ha convertido en una opción viable con implicaciones para la conservación y el manejo. La restauración es una herramienta valiosa y necesaria para mantener la diversidad biótica y la calidad del paisaje que interesan al turismo ecológico. Al mismo tiempo que se restauran bosques perturbados o áreas deforestadas, se pueden manejar y comercializar plantas que crecen bajo la sombra de los árboles plantados o del mismo bosque restaurado. La restauración es inicialmente más costosa de lo que sus beneficios inmediatos pueden razonablemente justificar. Sin embargo, el hecho de que la restauración produce beneficios adicionales en la forma de servicios ambientales debe hacerse notar para convencer a ciudadanos y gobernantes de que la restauración debe estar subsidiada mientras el bosque se recupera y empieza a prestar esos servicios ambientales (Capítulo 10).

Se debe admitir la existencia de una gran laguna de conocimiento en la parte práctica. ¿Cuáles son las alternativas que se ofrecen, por ejemplo, para evitar que se extraiga no sustentablemente la madera y la leña de los bosques?, ¿cómo proteger las cuencas de los ríos y los nacimientos de manantiales?, ¿cómo evitar la contaminación de las aguas, preservar la vegetación natural y cómo implementar la restauración ecológica? La respuesta no es simple, porque la utilización racional y sostenible de los recursos no es sólo problema de la ecología, ni de la silvicultura, ni de la política, es de todos.

Perturbación antropogénica

La degradación ecológica que pudiera estar sufriendo un remanente de bosque de niebla se puede detectar a través de la presencia de ciertos indicadores de perturbación. La mortalidad de los árboles puede ser alta en fragmentos pequeños y en las orillas, aunque falta investigación para generalizar acerca de este efecto en bosques de niebla, ya que las tasas de mortalidad son semejantes entre fragmentos grandes y pequeños (Capítulo 4). La abundancia de heces de ganado también puede utilizarse para estimar la perturbación antropogénica dentro de los fragmentos de bosque. En algunos bosques, el ganado entra esporádicamente a la orilla, en otros bosques se ha detectado la presencia de chivos, que aunque nómadas porque entran al bosque durante cierto periodo en el año y por pocos días, su presencia es suficiente para destruir las plántulas y árboles juveniles esenciales para la regeneración del bosque. La existencia de un gran número de veredas que permitan el arribo de un número excesivo de visitantes, también afecta la integridad de la estructura y



Veredas cruzando el bosque (GWL)

funcionamiento de un remanente de bosque. Las veredas pueden relacionarse con la extracción de productos del bosque, o más contemporáneamente con el llamado ecoturismo. En cualquier caso, para el mantenimiento del bosque es necesario reconocer cierta capacidad de carga del sistema, es decir, el número máximo de individuos de una cierta especie que un sitio puede soportar durante el tiempo más desfavorable del año, sin causar deterioro.

Debido a que el efecto de borde se extiende varios metros hacia el interior de cada fragmento (Capítulo 8), se considera que hay una disminución de entre 15% y 54% del área de bosque no perturbado. El efecto de borde estimado es el originado únicamente por el cambio en las condiciones microambientales y de vegetación; sin embargo, el impacto humano sobre los fragmentos penetra mucho más hacia el interior del bosque. El impacto humano puede introducirse hasta 70 m en el interior del bosque, y este efecto se presenta aún más adentro si hay acceso para vehículos; además los efectos humanos son considerablemente más dañinos que los naturales, ya que no disminuyen con la distancia, como la luz o la temperatura, por lo cual el área real de bosque prístino, al descontar el área de borde resulta en una superficie mucho menor que el tamaño del fragmento.

Algunas perturbaciones antropogénicas dentro del bosque tienen una larga tradición, como es la extracción de productos maderables o no-maderables del bosque. La leña es la fuente de energía más importante en el medio rural y es un producto renovable, pero localmente se utiliza en cantidades asombrosas y en muchos casos la extracción de leña junto con la de madera de arrastre se lleva a cabo sin cumplir las reglas de tradición o de legislación.

El efecto en el bosque de la extracción de madera o leña o producción de carbón constante, pero a baja intensidad, se conoce como tala hormiga; los árboles se cortan en piezas directamente en el bosque y se extraen con la ayuda de animales de carga. La tala hormiga para extracción de leña se puede usar para estimar indirectamente la perturbación antropogénica. Todos los días gran cantidad de madera es extraída de la región. Un modelo de simulación, utilizando diferentes escenarios y verificado con datos de la región, indica que si la leña se extrajera sólo para uso doméstico, su uso sería sustentable y el bosque lo soportaría, pero la gran parte de la leña no se extrae para consumo local. Diferentes intensidades de extracción de varias especies de árboles y tamaños indica que aún a baja intensidad (5 m³ o uno o dos árboles grandes) tiene grandes efectos sobre la estructura y la

composición de especies del bosque, ya que lo simplifica y desaparecen los árboles grandes y viejos.

Dentro de los fragmentos de bosque se encuentran tocones que, agrupados por tamaños y por tiempo desde que se cortaron, indican que el número de árboles cortados es relativamente bajo. Aunque se reconoce que hay demasiados sitios donde la extracción primero y la tala después han sido tan extremos que ahora son áreas completamente deforestadas. Los árboles cortados recientemente dentro de los bosques fueron pocos, excepto en sitios cercanos a asentamientos humanos, ya que la cercanía implica colecta alta de madera para leña. En varios casos, la extracción de leña no puede detectarse como número de tocones, porque se colectan árboles y ramas caídas. La reducción de estos restos de madera gruesa puede actuar en detrimento de otras poblaciones de plantas y animales para los cuales constituyen su único hábitat y tener consecuencias significativas en la diversidad de especies. Por lo tanto, la extracción no sustentable de leña puede contribuir a la degradación de los fragmentos de bosque.

Restauración

La restauración ecológica, según la definición de la Sociedad para la Restauración Ecológica, es el proceso para ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. Otras actividades diferentes, aunque relacionadas con la restauración ecológica en el sentido de que pretenden ayudar a la recuperación del bosque, son la rehabilitación, la reclamación y la mitigación, y todas estas acciones dependen del grado de deterioro del área deforestada.

La rehabilitación es similar a la restauración, porque las dos utilizan modelos de referencia que son los ecosistemas históricos o anteriores. El énfasis de la rehabilitación es reparar los procesos, la productividad y los servicios ambientales, mientras que las metas de la restauración también incluyen el restablecimiento de la integridad biótica del bosque en términos de la composición de especies y la estructura de la comunidad. La reclamación se usa en sitios muy degradados, como las minas a cielo abierto de donde se extrajeron materiales de construcción; en esta práctica generalmente se utilizan pocas especies y se pretende recuperar solo la productividad y los servicios ecológicos. Finalmente, la mitigación es una acción que intenta compensar un daño ambiental. El uso es ambiguo porque se recomienda como una medida de compensación en manifestaciones de impacto ambiental para autorizar la conversión de áreas de bosque a desarrollos habitacionales e infraestructura, donde compensar el daño, en términos de reponer el impacto en la biodiversidad y los servicios ambientales es prácticamente imposible.



Extracción de madera y leña del bosque (GWL)



Restauración en La Martinica, Banderilla(GWL)

Las prácticas de la restauración ecológica ayudan a revertir la degradación ecológica a varias escalas. Se ha considerado como una restauración pasiva al proceso de la sucesión secundaria, durante el cual un acahual, derivado del abandono de un potrero o después de haberse dedicado a la agricultura, puede regenerarse y convertirse nuevamente en bosque. De hecho, un bosque muy degradado puede recuperarse después de una perturbación a través de la sucesión secundaria, pero tres condiciones deben cumplirse antes y durante el proceso. Primeramente se deben reducir las causas que originaron el deterioro; el agente de perturbación se debe remover, ya sea la entrada de ganado al sitio, o la extracción de leña y madera, o una red extensa de senderos, porque interrumpen a la sucesión secundaria y la recuperación no es posible: este paso es el más difícil porque implica reconsiderar las actividades humanas que originaron el daño y buscar formas de hacer esas actividades más compatibles con la conservación y funcionamiento del bosque. Otro requisito es la presencia de vegetación remanente, algo debe haber quedado en el sitio (como árboles aislados), o alternatively, el área degradada podría estar conectada al paisaje o cercana a otros fragmentos para tener acceso a fuentes de propágulos que serán los nuevos colonizadores. Finalmente, la condición física del suelo en el sitio

debe ser buena, ya que una erosión fuerte o la compactación afectan la fertilidad del suelo. Un suelo degradado puede no ser apropiado para la mayoría de las especies nativas del bosque original y sería fácilmente invadido por una comunidad de especies exóticas capaces de tolerar el cambio ambiental.

Es necesaria la intervención humana para detener la degradación del sitio, cuando la probabilidad de alcanzar las condiciones iniciales es baja o el tiempo de recuperación del bosque es muy largo. El establecimiento de plantaciones en áreas degradadas se ha propuesto como una herramienta para la restauración forestal, a través de sus efectos sobre la estructura de la vegetación, el microclima y el suelo. En estos tiempos de calentamiento global (Capítulo 11), otra ventaja de las plantaciones de restauración es su capacidad de actuar como resumideros de carbono al convertirlo en biomasa. Las especies utilizadas en la plantación deben seleccionarse tomando en cuenta que la composición del dosel influye en el reclutamiento de nuevas especies, y por lo tanto en la recuperación de la diversidad. Además, se debe reconocer que ciertas especies exóticas, como los eucaliptos, toman más agua del sistema de la que producen.

La meta hacia la que se encamina un proyecto de restauración o de rehabilitación ecológica de una región particular es alcanzar un parecido al ecosistema original. Los ecólogos llaman a esta meta “el ecosistema de referencia” o “el patrón ecológico”. Esa referencia es el modelo para planear un proyecto de restauración, y más adelante sirve para monitorear periódicamente los avances y evaluar la trayectoria que sigue la restauración. Los restauradores han debatido demasiado sobre cuál es el ecosistema de referencia, porque la condición original ya no existe. En un sentido simplista, la referencia se basa en dos mitos: el primero es el mito de las tierras vírgenes o silvestres, pues considera que antes de la llegada de los europeos a América, el bosque se encontraba en condiciones ecológicas naturales, sin influencia o perturbación humana significativa. Sin embargo, la existencia de un bosque prístino, previo al arribo de los españoles, es un mito porque la región del bosque de niebla y todo Mesoamérica estuvieron bastante pobladas y sus habitantes utilizaban los recursos del bosque y modificaron el paisaje (Capítulo 2). El otro mito es el equilibrio ecológico, y refiere que después de alguna perturbación natural catastrófica, el proceso de sucesión secundaria restablecerá la comunidad clímax original. Pero el bosque es heterogéneo, con diversidad en microclimas que provocan microhábitats contrastantes donde la comunidad de especies y la estructura de la vegetación son distintos, y así la sucesión secundaria puede tomar diversos caminos que difícilmente podría alcanzar un solo tipo de comunidad clímax.

La escala temporal apropiada para la restauración está en tiempo ecológico, y este tiempo es la periodicidad en el régimen de perturbación, el cual puede ser debido a fuego provocado por relámpagos, huracanes e inundaciones. En el bosque de niebla el régimen de perturbación está determinado por lluvias torrenciales que causan múltiples caídas de árboles y deslaves. Antes de que fuera evidente el cambio climático global, estos eventos estaban relacionados con la presencia de huracanes extraordinariamente intensos, pero no frecuentes, los cuales se presentaban en periodos comprendidos entre decenas de años. La condición de referencia para la región son todos los fragmentos de bosque juntos. Una buena opción es utilizar el inventario de la biodiversidad, la dominancia de algunas especies, la estructura de la vegetación, el proceso de sucesión secundaria y hasta la historia de la región, para saber adónde queremos encaminar la restauración.

Especies nativas para restauración

Las especies nativas de los fragmentos de bosque vecinos son claramente las especies más deseables para usarse en la restauración de un área deforestada. Las especies exóticas (casuarina, eucalipto, gravillea) pueden ser más apropiadas en situaciones tales como un predio con suelo tan degradado que no permita la recolonización inicial o el crecimiento de las especies nativas.

El enfatizar la importancia de utilizar especies nativas en proyectos de restauración ecológica o en plantaciones no es un capricho. Las especies nativas juegan un papel particular durante el proceso de la restauración debido a varias características ecológicas y culturales. Las especies nativas promueven la recuperación de la biodiversidad al coincidir con las necesidades de alimentos y cobertura o soporte de muchas otras especies, al atraer a aves y mamíferos frugívoros que incrementan la dispersión de semillas, al servir de nodrizas para el establecimiento de otras especies de árboles, arbustos y hierbas o al hospedar plantas epífitas. Las nativas son mucho más resistentes a enfermedades y plagas naturales y ahorran energía una vez establecidas, ya que requieren menos atención por parte de los propietarios. Generalmente, las especies nativas no son invasoras como muchas plantas exóticas tienden a serlo. Los árboles nativos pueden mejorar la calidad del agua cuando se usan como amortiguadores a lo largo de arroyos, lagos o humedales. Culturalmente, las nativas proveen una variedad de colores, alturas, formas y texturas en paisajes, parques y patios, y sirven como liga histórica y cultural con el pasado y un puente para el futuro, ya que tienen valor tradicional como fuente de alimento y medicina y muchos otros propósitos domésticos.

El uso de la mayoría de las especies nativas para la implementación de la restauración está limitado, porque falta la información básica sobre su propagación por semilla o vegetativa y sobre los requerimientos para su establecimiento exitoso y su crecimiento. Debido a la falta de material vegetal, los viveros deben aumentarse en número y distribución, e incrementar la propagación y la oferta de especies nativas, así como incentivar la donación de esa planta para la restauración. Actualmente los viveros locales manejan pocas especies nativas, las producen en pequeña cantidad y la información sobre las condiciones que facilitan su establecimiento y crecimiento es limitada. Algunas de las especies que se encuentran en los viveros son *Liquidambar styraciflua*, *Carpinus caroliniana*, *Juglans pyriformis*, *Platanus mexicana*, *Clethra mexicana*, *Magnolia* spp., *Quercus* spp., *Rhamnus capraefolia* y *Podocarpus matudai*.

Alternativamente, la planta se puede propagar en invernaderos o viveros comunitarios o rústicos, establecidos en el sitio a partir de semillas colectadas en los bosques cercanos. Las plántulas obtenidas de las semillas germinadas se transplantan a bolsas y se dejan crecer hasta que estén listas para ser transplantadas al campo. Al momento de ese trasplante se aconseja tomar nota de la edad y el tamaño inicial de la planta para monitorear el desempeño a lo largo de la restauración, esta acción ayudará a determinar las mejores especies, ya que la meta es trabajar con conjuntos de especies focales para cada situación particular, en lugar de recomendar una sola especie para todas las restauraciones.

Proyectos de restauración

La información de base sobre aspectos del paisaje regional, incluyendo estructura de la vegetación y composición de diversas categorías de uso del suelo y aspectos socioeconómicos y culturales e históricos existe, pero quizá no está tan a la mano como sería deseable. Sin embargo, esta base es el ecosistema de referencia ecológica o la meta hacia donde debería encaminarse un proyecto de restauración de bosque de niebla, que además ayuda a seleccionar las especies nativas –las más abundantes o amenazadas– que pueden establecerse en sitios particulares. La región es muy heterogénea en relación a clima, microclima, estructura y composición de los bosques de niebla, por lo tanto los pasos a seguir para la restauración ecológica de un cierto lugar no proceden de una receta general para la región. Los actores interesados en recuperar el bosque deben considerar cada caso y predio individualmente, por lo tanto una síntesis de experiencias deben tomarse con la cautela que amerita examinar estudios de caso.

Los ensayos de restauración se encuentran en áreas deforestadas que representan potreros abandonados con diferentes niveles de deterioro, sitios deforestados para convertir la madera en carbón, plantaciones comerciales, acahuals y fragmentos de bosque degradados. La vegetación presente, antes de iniciar la restauración, puede ir desde una dominancia de pastos y suelo compactado debido a presencia de ganado o aún de maquinaria pesada, hasta acahuals dominados por pezma (*Pteridium aquilinum*) en estado de sucesión arrestada o acahuals desarrollados y diversos. Otras plantaciones de restauración se han establecido de manera empírica por propietarios preocupados por restablecer el bosque en parte de sus terrenos.

Las experiencias de restauración en esta región indican que es posible utilizar desde el banco de semillas del suelo, la siembra directa de semillas en donde las condiciones para transporte de planta son difíciles, siempre y cuando la siembra se efectúe durante la estación de lluvia, hasta plantar arbolitos producidos en viveros. Incluso en algunos casos sólo es necesario suspender las actividades humanas para lograr la recuperación del bosque, mientras que en otros se necesitará una intervención más fuerte si el suelo está compactado o degradado de otra manera.



Restauración en sitio con pezma (GWL)



Restauración con liquidámbar, pepinque, nogal y lengua de pájaro (GWL)

En la región se han usado especies de árboles nativos como pepinque, marangola, aceitunillo, gasparito, acailite, nogal, liquidámbar, magnolia, haya, lengua de pájaro, limoncillo, olmo, encino, roble y duela. Cada especie se selecciona por una o varias razones ecológicas, como su requerimiento o demanda de luz solar. Los ecólogos llaman “tolerantes a la sombra” a las especies que crecen naturalmente sólo dentro del bosque, “intolerantes” si crecen sólo fuera del bosque, e incluyen otro grupo de especies con una “tolerancia intermedia”. Para seleccionar especies también se considera cómo son dispersadas las semillas --por viento, por gravedad o por animales--, y el tamaño de las semillas. Los conjuntos de especies de árboles se han plantado en varias combinaciones y el comportamiento se ha evaluado en términos de sobrevivencia e incrementos en altura y diámetro, y posteriormente en cómo afectan la regeneración y colonización de más especies nativas. Así, pepinque y liquidámbar se escogen porque su requerimiento de luz es intermedio y crecen tanto en el bosque como en rodales casi puros, y tienen semillas pequeñas dispersadas por el viento; estos dos árboles tienen una sobrevivencia intermedia durante los primeros meses, pero crecen rápidamente, por lo que son apropiados en casi todas las iniciativas de restauración. Acailite, nogal, lengua de pájaro y limoncillo se encuentran

en la lista de especies amenazadas o con protección especial (Capítulo 3) y presentan una distribución geográficamente restringida en México. Varias de estas especies producen abundantes frutos nutritivos, como nueces y bellotas, que pueden atraer fauna, especialmente acalilite, nogal y encino. Los arbolitos de acalilite han sobrevivido y crecido bien en sitios diferentes al bosque en el que naturalmente ocurren. Este descubrimiento da luz a la posibilidad de expandir esta especie y utilizarla para enriquecer plantaciones de restauración. Las plantas de nogal exhibieron alta sobrevivencia y tienen el potencial para ser usadas en la rehabilitación de áreas degradadas y perturbadas. Los encinos muestran gran tolerancia a la cantidad de luz y sombra, además, debido a que los encinos son los árboles dominantes en todos los fragmentos de bosque, son especies clave en la restauración del bosque de niebla. Los encinos son particularmente apropiados para la restauración, porque sus plántulas tienen una sobrevivencia alta adentro y afuera del bosque y en áreas deforestadas, degradadas o muy perturbadas y en acahuales.

Los proyectos de restauración son relativamente recientes, y se debe recordar que cuando se trabaja con árboles es recomendable esperar varios años antes de llegar a conclusiones definitivas. Además, cuando se selecciona un conjunto de especies de árboles para las actividades de restauración es aconsejable trabajar en colaboración con la población local y con los propietarios para incorporar su conocimiento e intereses. La mayoría de las especies seleccionadas para las experiencias de restauración en la región, ya estaban previamente seleccionadas por los dueños, quienes las habían empleado en sus plantaciones empíricas. El desempeño de diferentes especies depende del pequeño espacio a donde el futuro árbol se transplanta, de las condiciones microambientales y del nivel de perturbación, así como de la edad de la planta, ya que esto afecta su sobrevivencia inicial en el campo. Los juveniles de más edad pueden tener una sobrevivencia más alta y mejores tasas de crecimiento bajo diferentes escenarios, pero el mantener a las plántulas en los viveros incrementa el costo de la restauración. Las plantas de las especies mencionadas se pueden establecer con éxito en áreas fuera de fragmentos de bosque y son buenos candidatos para programas de restauración enfocados en expandir el bosque de niebla en la región. Aún faltan por explorar decenas de especies, considerando que cualquier esfuerzo de rehabilitación debe tener como prioridad establecer con precisión cada árbol en su sitio.

Bibliografía

- Alvarez-Aquino, C., G. Williams-Linera C. y A. Newton. 2004. Experimental native tree seedling establishment for the restoration of a Mexican cloud forest. *Restoration Ecology* 12:412-418.
- Alvarez-Aquino C., G. Williams-Linera y R. A. Pedraza. Experiencias sobre restauración ecológica en la región del bosque de niebla del centro de Veracruz. Sánchez-Velásquez, L. R. (ed.). *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. LABIOTECA. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Callicott, J. B. 2002. Choosing appropriate temporal and spatial scales for ecological restoration. *Journal of Bioscience* 27:409-420.
- Lamb, D. y D. Gilmour. 1993. *Rehabilitation and restoration of degraded forests*. IUCN-WWF. Gland, Suiza y Cambridge, Inglaterra. 110 p.
- Pedraza, R. A. y G. Williams-Linera. 2003. Evaluation of native tree species for the rehabilitation of deforested areas in a Mexican cloud forest. *New Forests* 26: 83-99.
- Pedraza, R. A. y G. Williams-Linera. 2005. Microhabitat conditions for germination and establishment of two native temperate tree species in Mexican montane cloud forest. *Agrociencia* 39:457-467.
- Rütger, N., G. Williams-Linera, W. D. Kissling y A. Huth. "Tala hormiga" Simulating long-term impacts of fuelwood extraction on a Mexican cloud forest. *Journal of Applied Ecology*. En revisión.
- SER. 2002. *The SER primer on ecological restoration*. Society for Ecological Restoration Science & Policy Working Group. <http://www.ser.org/>
- Suárez-Guerrero, A. I. y M. Equihua. 2005. Experimental tree assemblages on the ecological rehabilitation of a cloud forest in Veracruz, Mexico. *Forest Ecology and Management* 218:329-341.
- Williams-Linera, G., C. Alvarez-Aquino y R. A. Pedraza. Restoration in a tropical montane cloud forest landscape in central Veracruz, Mexico. J. Juvik y L.A. Bruijnzeel (eds.). *Mountains in the mist: science for conserving and managing tropical montane cloud forests*. University of Hawaii Press. Honolulu. En prensa.

**Los servicios ambientales
y el bosque de niebla**

CAPÍTULO 10

El bosque de niebla tiene gran valor por mantener la biodiversidad y por la provisión de bienes y productos forestales como alimentos, medicinas, leña, madera, fibras naturales, productos farmacéuticos y sus precursores, pero además es indispensable para las poblaciones humanas porque proporciona lo que se conoce como servicios ambientales. Es mediante los servicios ambientales que los ecosistemas naturales proveen las condiciones y procesos que sostienen y satisfacen la vida humana y mantienen la viabilidad de la biosfera. La economía humana depende de la gran diversidad de los servicios proporcionados de manera gratuita por los ecosistemas: los servicios de regulación del ambiente incluyen el suministro de agua, la purificación del aire y agua, la formación y protección del suelo, la reducción de sedimentos en los ríos y la captura o secuestro de carbono. Otros servicios ambientales son proporcionar un hábitat para diversas especies de plantas y animales y así conservar la biodiversidad, además de proporcionar una serie de atractivos del paisaje como espacios para la recreación y múltiples beneficios intangibles estéticos y culturales.

Los servicios ambientales están ingresando en un mercado donde se les cuantifica, en términos económicos, para darles el peso que merecen en las decisiones políticas. Esta estrategia considera que se deben desarrollar los mercados, propiciar la valoración y sentar los precios de los servicios ambientales que proporcionan los bosques mediante la certificación, los bonos verdes, las áreas protegidas combinadas con oportunidades económicas, y el apoyo político e institucional, a nivel nacional e internacional. Otra corriente opina que incluir a los servicios ambientales en los esquemas de la economía mundial no es ecológicamente correcto, ya que hay una diferencia entre el valor del servicio que presta la naturaleza y el precio en dinero. El poner precios a la biodiversidad y a los servicios es inadecuado, porque implica que las decisiones complejas con impactos ambientales importantes están basadas en una escala de precio en dinero, y que se podría usar otra valoración como la energía contenida o razones tradicionales y bioéticas. No obstante, como una herramienta económica —y poderosa— para la conservación del bosque de niebla, el pago por servicios ambientales prestados por los bosques en buen estado de conservación, empieza a cobrar cada vez más fuerza y utilidad.

Bosque de niebla y servicios ambientales

El bosque de niebla es globalmente importante por su valor hidrológico único, por ser un almacén de biodiversidad con altos niveles de endemismos, y por encabezar la lista de los ecosistemas mundiales más amenazados. El bosque de niebla proporciona numerosos servicios ambientales al paisaje y a los asentamientos humanos,



El mismo río, antes y después de una lluvia torrencial (GWL)

destacando los servicios hidrológicos, incluyendo ser una fuente de agua durante todo el año, la mitigación de inundaciones y sequías, la prevención de la erosión del suelo y de catástrofes como deslizamientos de tierra y derrumbes. Debido a la inminencia de los efectos nocivos del calentamiento global (Capítulo 11), hay que recalcar uno de los servicios del bosque con creciente importancia que es constituir un sumidero importante de carbono, además de secuestrar más carbono de la atmósfera, mediante el crecimiento de la vegetación y, en especial, la formación del suelo.

El agua y la prevención de desastres “naturales”. El agua es preciosa y enormemente importante para toda la vida. Es un compuesto extremadamente peculiar. El agua –y el mercurio– son los únicos materiales inorgánicos comunes que son líquidos a la temperatura ambiente del planeta. Otros compuestos como alcohol o gasolina son también líquidos pero son compuestos orgánicos. Sólo el 2.5% del agua mundial es agua fresca y no agua salada, pero dos tercios de toda esa agua fresca están contenidos en el hielo de los polos y en los glaciares. De lo restante, dos terceras partes se evaporan y otra parte está en regiones muy remotas, o llega en el lugar o momento inadecuados, como huracanes o monzones. El agua disponible representa entre 0.08 y 1% del agua total de este planeta azul, y sólo una pequeña fracción de ese porcentaje está disponible para nuestro uso directo, porque dos terceras partes (o mucho más) de esa agua disponible se dedica a la agricultura. En Veracruz, además de que el agua también está limitadamente disponible, buena parte de los ríos reciben descargas contaminantes. El crecimiento poblacional, la destrucción de la vegetación natural en la cabecera de las cuencas y el calentamiento global garantizan ahora, y en un futuro muy cercano, el problema de la carencia y carestía de agua.

En los bosques de niebla, la mayor cantidad de lluvia llega al piso del bosque goteando por el dosel desde las copas de los árboles, por las hojas de los arbustos y las hierbas, y algo más de lluvia llega directamente pasando por el dosel, sin tocar las hojas, o escurre por los troncos de los árboles. Pero cuando hay niebla, ésta toca los árboles con musgos y epífitas, se condensa y se forman gotas de agua de niebla, o precipitación horizontal. La cantidad de agua adicional captada de las nubes y neblina por los árboles del bosque de niebla está entre 4 y 35% de la precipitación total, en promedio representa unos 100 y más de 800 mm/año adicionales, pero puede llegar a cifras muy altas, mayores al 100% de la precipitación en forma de lluvia. En la estación seca los valores relativos de la precipitación horizontal son más elevados y pueden llegar a superar a los de la lluvia, y es probable que jueguen un papel ecológico muy

importante en el bosque de niebla. De esta manera, aún en la época de sequía, los bosques de niebla proveen un gran aporte de agua a la hidrología local y regional. Los servicios hidrológicos que el bosque de niebla presta implican un aumento en el flujo de agua durante la temporada seca y la prevención de las inundaciones durante la temporada de lluvias en tierras bajas.

El impacto de la deforestación sobre el balance de agua es complicado, pero en esencia depende de la capacidad del bosque para retener el agua. Se ha utilizado una metáfora llamada “efecto esponja”, para explicar de manera sencilla cómo el agua es retenida, principalmente, en el suelo del bosque. El modelo dice que si el suelo se considera como una esponja con una capacidad ilimitada, entonces puede absorber cualquier cantidad de lluvia, previniendo inundaciones y soltando lentamente el agua almacenada y proveyendo un flujo a los ecosistemas localizados más abajo durante la temporada seca del año.

Una vez que un bosque se deforesta, el efecto esponja se pierde. La deforestación del bosque de niebla puede contribuir a crear condiciones más secas, porque al eliminar los árboles y las plantas epífitas se evita que intercepten la niebla, condensen agua y la hagan accesible a los habitantes de la región al convertirla en



Epífitas y encinos capturando agua de la neblina, cerca de Chiconquiaco, Veracruz (GWL)

arroyos superficiales, o infiltrarse en el suelo y aflorar como manantiales que, a su vez, originan numerosas corrientes en la región. La exposición del suelo desnudo a las lluvias intensas, a la compactación ya sea por ganado o maquinaria pesada, la desaparición de la fauna del suelo, y el aumento de caminos, asentamientos y superficies impermeables contribuyen en la reducción de la infiltración del agua de lluvia. Esto causa un aumento en los escurrimientos superficiales, durante la estación de lluvias, que impide que se recarguen los mantos freáticos que alimentan los manantiales y mantienen el flujo básico. Inevitablemente hay una reducción del caudal de los ríos en la temporada seca y aumentan los escurrimientos superficiales, la erosión del suelo y las inundaciones se vuelven más comunes y más intensas.

Si bien, aparentemente, el flujo anual de agua de los ríos al deforestar la cuenca aumenta en más de 33% durante los primeros tres años, se debe recordar que en el caso de la conversión del bosque de niebla a potrero o cultivos, es útil distinguir entre el efecto de la deforestación sobre la producción total de agua y el efecto sobre la distribución estacional de los flujos hídricos. La deforestación altera la hidrología del área porque no hay más árboles que intercepten la lluvia o la niebla, y hay cambios en la precipitación neta dentro de la región afectada. El riesgo de que se reduzca el flujo de agua durante la estación de sequía se vuelve mucho más serio; actualmente se estima una reducción del 50% en el flujo durante la estación seca¹.

Conservación del suelo. El bosque estabiliza el paisaje y lo protege contra deslizamientos de tierra o derrumbes, y de las fuerzas del viento y lluvia que causan erosión de la superficie terrestre.

Relacionado con la captación del agua de lluvia, un servicio ambiental de vital importancia es la conservación del suelo. Las lluvias torrenciales que caen en la región del bosque de niebla y las laderas empinadas, provocan que al deforestar un área y dejar expuesto el suelo, la erosión ocurra con inmensa rapidez. En esta región es cada vez más común observar, después de una lluvia fuerte, corrientes de lodo llevando el suelo fértil a otros lugares. La erosión del suelo representa, tal vez, la mayor pérdida de recursos naturales que se puede contemplar, debido a la lentitud con que se acumula de forma natural. En la cuenca alta del río La Antigua, arriba de Xico y hacia el Cofre de Perote, entre 1500 y 1800 m de elevación, la pérdida anual de suelo por erosión es altísima: está en el rango de 227 y 1105 toneladas por hectárea por año. Los caminos con cárcavas por la erosión producida por el arrastre de madera

tienen la pérdida más alta por no tener vegetación. Además, si el camino tiene entre 2 y 10 metros de ancho y sigue por más de 5 km, se puede deducir que esta forma de erosión de paso, que ocurre en muchos caminos y pastizales, representa un grave peligro².

Los bosques ayudan a la mitigación y prevención de los llamados desastres naturales. Al deforestar se incrementa el riesgo de provocar deslizamientos de tierra y desgajamiento de cerros que puedan causar mayores daños materiales y humanos. El bosque y vegetación a lo largo de las cuencas reducen los sedimentos que van a las corrientes y así contribuyen a aminorar el azolvamiento de las presas, preservando la generación de energía hidroeléctrica y los sistemas de riego.

Captura de carbono. El bióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero actúan atrapando la energía solar reflejada por la superficie de la tierra, conduciendo al calentamiento global (Capítulo 11). La vegetación y el suelo pueden constituirse en un sumidero de carbono, capturando y reduciendo las concentraciones de CO₂ en la atmósfera. El secuestro o captura de carbono es el proceso de transformación del CO₂ en el aire a carbono orgánico almacenado en la



Pago por servicios ambientales, cómo mantener la cuenca de los ríos con bosque (Sánchez Vigil)

¹ Ver revisión en Bruijnzeel, 2001

² ten Raai, 1983

vegetación y el suelo. El proceso consiste en que el CO₂ del aire es tomado por las plantas a través de la fotosíntesis, y luego es incorporado en las plantas vivas (Capítulo 5). Cuando las plantas tiran sus hojas o los árboles mueren y se descomponen, una parte del carbono contenido en las partes vegetales pasa a formar parte de la materia orgánica del suelo. Actualmente, la segunda causa del proceso de acumulación del CO₂ en la atmósfera es el cambio de uso del suelo y la deforestación representa cerca del 20% del total de las emisiones de CO₂ causadas por el hombre³. Sin embargo, cuando el bosque es restablecido o conservado, puede actuar como sumidero activo de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por el uso de los combustibles fósiles podrían ser reducidas a través de la conservación o restauración del bosque. A nivel global los bosques ayudan a amortiguar el calentamiento global al almacenar carbono, particularmente en los árboles y en el suelo. El bosque de niebla es un sumidero de carbono, acumula una cantidad importante de carbono en la biomasa de los árboles, pero también en el suelo, el cual tiene una gran capacidad de guardar un porcentaje alto de materia orgánica.

Pago por servicios ambientales

Los programas de pago de servicios ambientales (PSA) tuvieron su origen a raíz de los acuerdos de la primera Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992 como una de las estrategias para mitigar el deterioro de selvas y bosques. Los PSA consisten en entregar retribuciones económicas a comunidades, o dueños de predios, por la conservación o por el manejo sustentable de la vegetación natural, con el fin de recargar acuíferos, capturar carbono para mitigar emisiones de gases de efecto invernadero, propiciar su uso en actividades como el ecoturismo, entre otros. Los PSA se basan en la oferta y la demanda.

Algunas empresas han empezado a pagar por sumideros de carbón. El valor de este servicio se puede estimar con base en el carbono secuestrado por superficie de bosque y por el costo de reducir las emisiones de carbono. La marca francesa manufacturera de automóviles Peugeot-Citröen, está invirtiendo en un gran sumidero de carbono comercial en Mato Grosso, Brasil. Este proyecto involucra la reforestación de 5,000 ha de potreros degradados y ensayar la reforestación a largo plazo y escala con especies nativas. En Chiapas, el proyecto Scolel Té, significa "el árbol que crece" en tzeltal y tojolobal, y tiene como objetivo capturar carbono en sistemas forestales y agrícolas, que además proporcionen un medio de vida sostenible

para las comunidades rurales. El propósito es asegurar que el carbono sea capturado de manera fiable, en el largo plazo, en sistemas que sean económicamente viables y responsables social y ambientalmente, e incluye mecanismos de monitoreo interno y verificaciones externas. Este mismo modelo se puede aplicar a mayor escala en otras regiones similares en México y otros países en vías de desarrollo. Entre varios compradores de bonos está la Fundación FIA (Federación Internacional Automovilista), con el objeto de compensar las emisiones de CO₂ derivadas de sus competiciones de Fórmula 1 y campeonatos mundiales de rally.

En México, el concepto de servicios ambientales (PSA) se encuentra plasmado en varios instrumentos y programas de la política forestal, como la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007-2012, el Programa Nacional Forestal 2007-2012, el Plan Nacional Hidráulico 2007-2012, y el Programa Estratégico Forestal para México 2025 (PEF, 2025).

Los programas de pago por servicios ambientales incluye cuatro categorías, según la Comisión Nacional Forestal o CONAFOR en sus Reglas de operación del programa Pro-Árbol. En 2007, por los servicios hidrológicos, en general, se están pagando 8.5 smvdf (salario mínimo diario general vigente en México, D.F.) por ha por año en bosque mesófilo, y 6.5 smvdf por ha por año en otros bosques y selvas; por la captura de carbono, 80 smvdf por ha; por la protección y conservación de la biodiversidad, 6.5 smvdf por ha; por sistemas agroforestales con cultivos bajo sombra, 6.5 por ha por año. Los pagos por servicios ambientales se realizan como transacciones mediante las cuales los poseedores de las tierras son retribuidos por los usuarios de los servicios ambientales.

Caso Coatepec. La primera experiencia en el pago por servicios ambientales en México, se desarrolló en el año 2002, a través del Programa para el Desarrollo Forestal (Prodefor). En febrero de 2003, Coatepec, Veracruz se convirtió en el primer municipio en efectuar el pago por servicios ambientales a propietarios y poseedores de recursos forestales que llevan a cabo proyectos productivos de conservación y desarrollo en zonas boscosas, garantizando el abasto de agua a la zona rural y urbana. El fidecomiso coatepecano conocido como Fidecoagua se constituyó para dar seguimiento a este esquema y garantizar la conservación de los bosques en la parte alta del municipio. En general, en 2006, la Comisión Nacional Forestal les brindaba un pago anual de \$ 300.00/ha para el caso de bosques templados y selvas, y de \$ 400.00/ha en el caso del bosque de niebla, mientras que en el municipio de Coatepec

³ INE, 2007

se estaban pagando \$500/ha arbolada.

El esquema está enfocado hacia servicios hidrológicos, porque los recursos provienen del cobro del agua potable a los usuarios. Este programa de PSA ha tomado como referencia las cuencas críticas y las fuentes de agua para poblados mayores a 5 mil habitantes que pueden tomar la estafeta del PSA a través de sus gobiernos locales y organismos operadores de agua potable. El compromiso actual de los dueños de los predios es mantener la cobertura forestal durante los cinco años de duración del convenio, realizar trabajos de limpieza del bosque, prevenir y combatir los incendios y plagas forestales, y darle un manejo sustentable a sus predios forestales.

Los servicios hidrológicos son particularmente relevantes, ya que los productores en la parte alta de las cuencas reciben un incentivo importante a través de pagos para cuidar la calidad y cantidad de agua que aprovechen los usuarios en la parte baja de las cuencas. Otros servicios que están en discusión para desarrollar una estrategia más amplia de mercado de servicios ambientales son la protección de la biodiversidad, el almacenamiento de carbón y la protección de la belleza del paisaje natural.

Bibliografía

- Adger, W. N., K. Brown, R. Cervigni y D. Moran. 1995. Total economic value of forest in Mexico. *Ambio* 24:286-296.
- Aldrich, M., P. Bubb, S. Hostettler y H. van de Wiel. 2000. *Bosques nublados tropicales montanos. Tiempo para la acción*. WWF International/IUCN. 28 p.
- Bruinjeel, L. A. 2001. Hydrology of tropical montane cloud forests: A reassessment. *Land Use and Water Resources Research* 1:1-18.
- Cavalier, J., M. Jaramillo, D. Solis y D. de León. 1997. Water balance and nutrient inputs in bulk precipitation in tropical montane cloud forest in Panama. *Journal of Hydrology* 193:83-96.
- Challenger, A. 2001. Bosque mesófilo de montaña y su importancia. Pp. 20-26. Manson, R. y G. Williams-Linera (eds.). *Memorias del taller sobre conservación y uso sustentable del bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz*. Subsecretaría de Medio Ambiente. Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Veracruz.
- CONAFOR. 2007. Reglas de operación del programa Pro-Árbol. SEMARNAT. Diario Oficial. Febrero 20. México, D.F.
- Costanza, R. R. D'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raaskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.
- Daily, G. C. 1997. *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press. Washington, D.C. 392 p.
- Daily, G. C., S. Alexander, P. R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. A. Matson, H. A. Mooney, S. Postel, S. H. Schneider, D. Tilman y G. M. Woodwell. 1997. *Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems*. Issues in Ecology No. 2. Ecological Society of America. Washington, D.C.
- Gobierno del Estado de Veracruz. 2003. *Seminario-taller internacional sobre la creación de mercados para los servicios ambientales: el caso del estado de Veracruz*. Memorias. Mayo 11-13. Huatusco, Veracruz.
- Masera, O. R., M. J. Ordóñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change* 35:265-295.
- Manson, R. H. 2004. Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México. *Madera y Bosques* 10:3-20.
- ten Raaij, M. 1983. Estudio de la erosión en la cuenca alta del Río La Antigua, Veracruz, México. *Biotica* 8:361-380.

**El calentamiento global y el
destino del bosque de niebla**

CAPÍTULO 11

Aunque ya se han venido mencionando, abundaremos sobre dos problemas globales en la ecología del planeta Tierra que también afectan al bosque de niebla: las especies en peligro de extinción y el calentamiento global. El asunto de las especies en peligro de extinción expuesto en capítulos anteriores está relacionado con el peligro de la desaparición del bosque como ecosistema completo, debido a cambios climáticos. Otras amenazas constantes a la permanencia y funcionamiento del bosque de niebla en esta región incluyen la construcción de carreteras, la transformación de los fragmentos a infraestructura urbana y asentamientos humanos, y cambios agropecuarios del uso del suelo.

El clima del planeta

El calentamiento global no es algo que pasará en el futuro; realmente ya está pasando ahora. El calentamiento global es el aumento en la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la proporción de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. También se habla de cambio global porque, además del aumento en temperatura, ocurren cambios en otros componentes del clima como la distribución e intensidad de las lluvias, en la humedad atmosférica y en las pautas de circulación atmosférica y oceánica que traen consigo la presencia de fenómenos meteorológicos extremos como ondas de calor, granizadas o huracanes.

La atmósfera que rodea a la Tierra está formada de gases, principalmente nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua y los llamados gases de efecto invernadero. Entre los gases de efecto invernadero el más conocido es el bióxido de carbono (CO_2 , esencial para la función fotosintética (Capítulo 5)), pero también incluyen al metano, óxido nitroso, clorofluorocarbonos, ozono y monóxido de carbono. El cambio en el clima lo produce la alteración en la proporción y composición de los gases de efecto invernadero que atrapan el calor en la atmósfera. Cuanto mayor es la concentración de estos gases, menor es la cantidad de calor que puede escapar al espacio exterior. La fuente principal de CO_2 producida por el hombre es la quema de combustibles fósiles como carbón, gas natural y petróleo por las grandes industrias, los medios de transporte y en los hogares de todos los países, aunque la deforestación de bosques primarios contribuye al aumento de CO_2 en la atmósfera (Capítulo 10).

A partir de la Revolución Industrial de 1750, la concentración atmosférica de CO_2 ha aumentado en 35%, de 280 partes por millón (ppm) a 379 ppm en 2005, excediendo por mucho el rango natural de los últimos 650,000 años (de 180 a 300 ppm), el metano en la atmósfera aumentó 148% y el óxido nitroso en 15%. Como

consecuencia, a principios del siglo XXI la temperatura promedio mundial se elevó 0.76°C , la extensión del hielo terrestre y marino disminuyó, hubo una recesión generalizada de los glaciares en las montañas, el nivel medio del mar subió entre 0.12 y 0.22 m, y aumentó el contenido de calor de los océanos. Al aumentar la temperatura en la superficie de los océanos ha aumentado la intensidad y frecuencia de los huracanes, ciclones y tifones, pero también la duración de la temporada de tormentas. A partir de 1950, por cada década la estación de huracanes ha aumentado cinco días en el Atlántico, ocho días en el Océano Pacífico noreste, y 10 días en el Pacífico noroeste.

El mundo está en una fase de calentamiento. Entre 1995 y 2006 se presentaron 11 de los 12 años más calientes. De hecho, 1998 ha sido el año más cálido en el mundo, desde que se tienen registros, y el 2005 ha sido el año más caliente en el hemisferio norte. Pero 2005, a diferencia de 1998, no tuvo la excusa del fenómeno climático natural llamado El Niño. En 2005 sólo continuó la tendencia de incremento en el calentamiento global que ofrece más evidencia de que el planeta está experimentando un cambio climático dramático. En 1998 ocurrió el más fuerte de los fenómenos de El Niño registrado a la fecha. En la región del bosque de niebla del centro de Veracruz, 1998 fue el año más seco desde que se tienen registros meteorológicos: por primera y única vez la precipitación en un mes fue de 0 mm, durante el mes de mayo no cayó ni una sola gota de agua.

Las proyecciones del clima futuro de la Tierra, utilizando múltiples líneas de evidencia, predicen que para el año 2100 el calentamiento será de al menos 1.5°C y que puede llegar hasta 4.5 y 6.2°C si continuamos con el “business as usual” o “todo sigue igual,” a pesar de las circunstancias. De todas formas la temperatura será más alta y las consecuencias de que el planeta sea un poco más caliente son tremendas. Con un aumento por arriba de los 2°C , los riesgos serán muy elevados y causarán la extinción de algunas especies de flora y fauna, pero también provocará el colapso de los ecosistemas y el aumento de los eventos climáticos extremos, como extrema precipitación y extrema sequía, esto originará a su vez hambrunas y escasez de agua, así como daños socioeconómicos al afectar las actividades agropecuarias por la caída en el rendimiento de las cosechas.

Para evitar un cambio climático peligroso, la mira mundial es estabilizar las concentraciones de CO_2 a un máximo de 450 ppm, para que el aumento en la temperatura no exceda 2°C durante este siglo. Sin embargo, ecólogos y líderes de opinión han expuesto una gran preocupación de que la compra, por las grandes empresas, de los llamados “bonos de carbono” promueva la deforestación de bosques primarios para establecer plantaciones que capturen carbono. Otra preocupación es



El bosque de niebla amenazado(Sánchez Vigil)

que las plantaciones se establezcan con árboles como eucaliptos o pinos que terminen tomando más agua de la que producen, beneficiando así un sólo servicio --la captura de carbono-- en detrimento de otro --el agua. De ahí la importancia del Protocolo de Kyoto, un tratado internacional para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para aumentar la captura de CO_2 por la vegetación. El Protocolo de Kyoto entró en vigor el 15 de febrero de 2005 obligando a los países industrializados a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a que los proyectos forestales enfocados en mercados de carbono se desarrollen bajo el Mecanismo para un Desarrollo Limpio.

El calentamiento global y el bosque

El bosque de niebla requiere estar inmerso en nubes de manera predecible y prolongada. El calentamiento global está reduciendo críticamente la entrada de humedad al sistema en la región y en las temporadas acostumbradas, ya que la altura a la que se forma el banco de nubes se está elevando. Al reducirse la densidad de nubes en las altitudes donde se encuentra el bosque de niebla, el resultado es menor precipitación, menos días con neblina y aumento en la duración e intensidad de los periodos de sequía. No sólo es el calentamiento global lo que está causando cambios en el ambiente del bosque de niebla; la deforestación en las tierras bajas en esta zona de vientos alisios, particularmente la conversión de las selvas a potreros, tiene un impacto significativo sobre la formación de las nubes. El calentamiento global, la deforestación y la conversión a potreros en “tierra caliente” reduce la humedad contenida en el aire que sube hacia la montaña y aumenta la altura a la que se forman las nubes, forzando el ambiente propicio para un bosque de niebla hacia arriba, a una altitud cientos de metros mayor. Con este cambio ambiental el bosque decrece, se fragmenta más, llevando a poblaciones de plantas y animales a la extinción local, y en lugares donde las montañas no son tan altas el bosque puede desaparecer completamente.

Efecto sobre bosque, fenología, especies e interacciones

En muchos lugares en el mundo se están documentando los efectos del cambio global sobre el bosque de niebla. En las montañas tropicales ha ocurrido un retroceso de los glaciares y de la altura donde se registraban las heladas. La desaparición de los glaciares en el Monte Kilimanjaro, en Tanzania, ha causado un amplio interés por ser un indicador alarmante del cambio. En este lugar, los efectos del calentamiento no

Recuadro 11.1

Los anfibios

Eduardo Pineda

El bosque de niebla del centro de Veracruz es un ecosistema particularmente rico en anfibios ya que en él habitan alrededor de 40 especies de ranas, sapos y salamandras, lo cual representa aproximadamente el 11% de las especies registradas en México y debemos recordar que nuestro país tiene el cuarto lugar a nivel mundial en diversidad de anfibios.

Para muchas personas los anfibios son animales enigmáticos o incluso peligrosos, pero en realidad son organismos frágiles, con una interesante diversidad de formas, colores, hábitos y una importante función en el ecosistema. Por ejemplo, una especie del bosque de niebla del centro de Veracruz, la rana arborícola (*Charadrahyla taeniopus*), pasa la mayor parte de su vida en el dosel y sólo durante unos cuantos días de la época de lluvias baja a los arroyos para aparearse, depositar sus huevos en el agua y regresar nuevamente al dosel. La hembra de la rana cristal (*Hyalinobatrachium fleischmanni*) en cambio, pone sus huevos entre las hojas de plantas que crecen al lado de los arroyos y permanece ahí, acompañada del macho quien le ayuda a cuidar la puesta, hasta que las larvas eclosionan y caen al agua para continuar su desarrollo. Si bien es cierto que aprendemos que los anfibios viven parte de su vida en el agua y parte en la tierra, existen muchas especies que no mantienen este patrón. Por ejemplo, las ranitas de hojarasca (géneros *Craugastor* y *Syrrophus*) que en conjunto constituyen una tercera parte de la riqueza de anfibios del bosque, viven siempre en la tierra y no necesita de un cuerpo de agua para completar su ciclo de vida.

La importancia de los anfibios en el ecosistema de bosque de niebla se relaciona en gran medida con lo que comen y con quien se los come. Las ranas, sapos y salamandras adultas se alimentan de enormes cantidades de insectos, ayudando a mantener el tamaño de diversas poblaciones de insectos. Los renacuajos en los ríos, arroyos y pozas del bosque ayudan a controlar el crecimiento de las algas y a mantener un flujo dinámico de nutrientes. A su vez, los anfibios tanto adultos como larvas son parte importante de la dieta de mamíferos, aves, serpientes, peces e incluso insectos, constituyendo un nodo importante de la red trófica.

La piel de los anfibios, húmeda y muy vascularizada, es más permeable que la de otros animales ya que a través de ella obtienen oxígeno del aire. De hecho, todas las salamandras que habitan el bosque de niebla del centro de Veracruz respiran exclusivamente por la piel, ya que carecen de pulmones. Debido a tal permeabilidad, los contaminantes en el agua y suspendidos en el aire entran fácilmente a su cuerpo y se acumulan en los tejidos. Por esta razón, los anfibios son considerados buenos indicadores de la calidad del ambiente.

La pérdida del bosque de niebla del centro de Veracruz es la mayor amenaza a la existencia de las poblaciones de ranas, sapos y salamandras. Poco más del 50% de las especies de anfibios que se han registrado en este bosque enfrentan problemas de conservación, superando al promedio mundial que es del 33%. El cambio en la estructura y microambiente es percibido por los anfibios y algunas especies como el sapo de crestas (*Ollotis cristata*) o las ranas arborícolas (*Plectrohyla arborescandens* y *Charadrahyla taeniopus*) que sólo pueden vivir y reproducirse en fragmentos de bosque bien conservado. Los contaminantes ambientales como pesticidas y herbicidas, así como los desechos urbanos e industriales representan también una gran amenaza para los anfibios de la región. Finalmente, el cambio climático ha comenzado a afectar a diversas especies de anfibios a nivel mundial. Varios estudios predicen que el aumento en la temperatura y la disminución de la humedad ambiental afectarán en mayor medida a aquellas poblaciones de anfibios que habitan en bosques de montañas tropicales de altitud media, como es el caso del bosque de niebla de Veracruz.



La ranita de cristal del bosque de niebla (cortesía de Eduardo Pineda)

necesariamente mueven al bosque tropical de montaña hacia mayor altitud. Como resultado de un clima más seco y cálido se ha incrementado la frecuencia y la intensidad de los fuegos en las laderas del Monte. Estos fuegos han conducido a la línea superior del bosque cientos de metros hacia abajo, y durante los últimos 70 años la montaña más alta de África ha perdido cerca de una tercera parte de sus bosques. En los próximos años el fuego llevará a la extinción a la mayoría de los bosques de alta altitud del Kilimanjaro, y con esto la montaña perderá su fuente de captura de agua más efectiva en la zona de intercepción de niebla. Con la pérdida de sus bosques también se pierde el principal servicio ambiental para una sociedad que demanda agua.

La alta humedad relativa del aire contribuye a la gran biomasa de epífitas y también explica la presencia de tantas especies de anfibios en los bosques de niebla. Los anfibios como ranas, sapos y salamandras, debido a su requerimiento de humedad son los primeros en irse del bosque de niebla cuando éste comienza a secarse. En Monteverde, en las montañas del norte de Costa Rica, varios cambios en la distribución y abundancia de las especies y la extinción de algunas poblaciones están ligados a un decremento en la frecuencia de la brisa durante la estación de sequías. Esta desecación se atribuyó primero al calentamiento de la atmósfera y del océano, pero también al papel de la deforestación en las tierras bajas del Caribe. En 1987 se produjo un colapso de poblaciones que conllevó a la desaparición de especies endémicas como el famoso sapo dorado (*Bufo periglenes*) y de muchas otras especies; este colapso no es ninguna fluctuación extrema de la cual las poblaciones se estén recuperando ya que especies sobrevivientes, como las ranitas de cristal (*Hyalinobatrachium fleischmanni* y *Centrolenella prosoblepon*) y la rana arborícola (*Hyla pseudopuma*) no han aumentado sus poblaciones.

La fenología o estudio de la actividad estacional de plantas y animales, inducido por factores ambientales, ha encontrado nueva relevancia en la investigación del cambio climático global. Este cambio climático inducido por el hombre tiene un efecto sobre las especies y las comunidades, principalmente sobre aspectos de fisiología, adaptación, distribución y fenología. La evidencia de cambio en rangos de distribución o conductas durante el calentamiento climático reciente se ha registrado para más de 400 especies de plantas y animales. La mayoría de la información proviene de plantas, aves migratorias y mariposas de zonas templadas, pero una gran variedad de animales vertebrados e invertebrados se están moviendo hacia el norte o hacia una altitud mayor.

Muchos organismos están adelantando el tiempo de sus actividades estacionales. En las regiones templadas el desarrollo y crecimiento de las plantas

están determinados por la temperatura y algunos efectos del calentamiento global son obvios. Esto ha originado actualmente mucho interés en utilizar la fenología de los árboles como indicador de calentamiento global y de inicio de la primavera, ya que las primeras hojas y flores están apareciendo más temprano cada año.

El cambio climático afecta la fenología de muchas especies y está dejando una clara huella sobre los ecosistemas y los patrones de apareamiento de las especies animales. Los cambios en la fenología de las plantas y en la migración de las aves muestran que el calentamiento está llevando a un desacoplamiento en las interacciones bióticas. En las últimas décadas, la fenología de los insectos se ha adelantado más que la de las plantas, surgiendo un desfase de algunas interacciones bióticas, como aquellas entre insectos polinizadores y las flores o insectos herbívoros y las hojas. Muchas especies no pueden acoplarse porque sus repuestas difieren temporalmente de las de los organismos en un nivel abajo de la cadena alimenticia. Las aves migratorias que se alimentan de orugas siguen regresando a los bosques templados al mismo tiempo, pero como el pico en abundancia de orugas se está moviendo, cuando arriban el pico de producción de su alimento ya pasó, y esto afecta su capacidad reproductiva.

En la región del bosque de niebla, el aumento en la temperatura de la primavera puede no ser un factor disparador, pero otros cambios climáticos pequeños, principalmente inicio, fuerza y duración de las estaciones seca y húmeda, pueden llevar a grandes cambios en eventos fenológicos y tiempo de ciclo de vida, como la llegada de los polinizadores o de los dispersores de semillas. Estos cambios están teniendo un gran impacto en la integridad del bosque y en su diversidad biológica. El calentamiento global afectará todo el equilibrio ecológico del bosque inmerso en un paisaje. Bajo un escenario en el que haya un aumento en la temperatura y en el CO₂ de la atmósfera y que la duración de la temporada de sequía sea mayor, ocurrirán modificaciones en el equilibrio dinámico del bosque, que tendrán como consecuencia que la abundancia relativa de especies cambie y la biodiversidad decline.

Efecto de carreteras

La transformación del paisaje con la llegada de la carretera comienza con la destrucción del bosque y la degradación de las laderas bajas, donde colocan los desperdicios de la construcción. La construcción del camino, las operaciones de extracción y aclareo causan una fuerte perturbación al bosque remanente y aumentan 10-20 veces los sedimentos en corrientes cercanas. Las carreteras aumentan la inestabilidad en las zonas de montaña: la lluvia alta, el inadecuado sistema

Recuadro 11.2

El caso del libramiento: movimiento ciudadano para la defensa del bosque mesófilo y las fuentes de agua para el área conurbada de Xalapa

Eckart Boege

En el año 2002, un movimiento ciudadano surgió cuando el Gobierno del Estado de Veracruz anunció su proyecto de construir el "Libramiento Xalapa" inscrito en el Programa Carretero del Proyecto Regional Gran Visión y también en el Plan Puebla Panamá. La oposición ciudadana no era contra el libramiento, sino contra el trazo que pasaría una autopista de acceso restringido sobre los últimos remanentes importantes del bosque de niebla, afectaría la dinámica de ese ecosistema frágil, a los cafetales a sombra, a un rosario de manantiales que junto con los ríos que cruzan esa zona proveen agua para 40 mil habitantes, y al desarrollo de la conurbación Xalapa, Coatepec, Emiliano Zapata y San Andrés Tlalnahuayocan.

Al conocer el proyecto y sus alcances, distintos grupos sociales se fueron organizando para discutir y dar a conocer sus objeciones y exigir que el libramiento necesario se hiciera por una zona ambientalmente menos vulnerable.

Con los distintos sectores sociales se formó un movimiento ciudadano multisectorial para la defensa de la calidad de vida en un medio ambiente sano al que llamamos "Foro Ciudadano para la Ciudad y el Libramiento que Queremos". En una confluencia pocas veces vista no sólo en la región sino en todo México, se reunieron en foros, campesinos, biólogos, ecólogos, geógrafos, antropólogos, urbanistas, constructores de las carreteras, exfuncionarios, amas de casa, estudiantes, autoridades municipales y organizaciones no gubernamentales. De especial importancia fue el aporte de conocimiento de los productores locales de trucha y los campesinos responsables de los comités de agua de las comunidades.

El primer reto era muy claro: había primero que vencer la desinformación y mala información cotidiana que los promoventes del proyecto difundían ampliamente. Entonces, durante 2002 y 2003, el movimiento presentó el probable trazo de libramiento utilizando sistemas de información geográfica, se hicieron recorridos guiados por los campesinos conocedores para detectar los problemas que el libramiento generaría sobre manantiales, arroyos, ríos, vegetación y suelos. Los investigadores del bosque de niebla, geólogos e hidrólogos, urbanistas e investigadores sociales, aportaron conocimientos que en un intercambio de saberes con los campesinos permitieron a la ciudadanía estar informada de la mejor manera para así poder enfrentar los distintos retos que la movilización exigía. La información completa y veraz se posicionó en la opinión pública. Los conceptos de bosque mesófilo, biodiversidad, producción de agua, la conservación, la manifestación de impacto ambiental regional, consulta pública, los derechos ciudadanos,

ordenamiento territorial y ecológico se convirtieron en las armas conceptuales del movimiento. En unos meses, los ciudadanos de Xalapa y alrededores manejaban el término bosque mesófilo de montaña como una palabra suya, y los daños potenciales que causaría el trazo del libramiento oficial estaban bien fundamentados y difundidos.

A los campesinos les preocupaba el aislamiento que sufrirían por la dificultad de pasar de un lado a otro de la carretera. A los responsables de los comités de agua les preocupaba que el trazo pasara cerca o encima de sus manantiales. A los trucheros la limpieza del agua. A los ecólogos la destrucción de los últimos manchones de bosque mesófilo y la pérdida de la biodiversidad. A los ecologistas el impacto sobre los servicios ambientales que proporciona el ecosistema. A los urbanistas el trastocamiento irreversible a un desarrollo urbano sustentable. Y a todos, a la ciudadanía en general, la calidad de vida.

El movimiento pasó de una fase reactiva de rechazo de la obra a experiencias de movilización colectiva. A principios del 2004, se hicieron valer los derechos constitucionales para someter a consulta pública la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. Para esa consulta se prepararon minuciosamente los argumentos de tipo ecológico, urbanístico y social y jurídico y se contó con el apoyo del Centro Mexicano de Derecho Ambiental. Finalmente, a finales del 2004, a pesar de los poderosos intereses involucrados para la construcción del libramiento por la zona del bosque de niebla, el trazo que pasaba por el bosque mesófilo de montaña tuvo que ser cancelado. Ganó la ciudadanía, la ciudad y el bosque de niebla.



La matriz de bosque mesófilo de montaña en las barrancas de la cuenca del río Pixquiac, Veracruz, por donde se pretendía construir el libramiento (cortesía de Claudia Gallardo)

de drenaje y las pendientes son fuente de derrumbes de rocas y convierten a los caminos en contribuidores importantes de la erosión superficial. Así, las carreteras promueven la deforestación al permitir el acceso a colonizadores, a la extracción de más madera, al movimiento del ganado; más bosque es talado, los potreros se establecen y una red de intermediarios comienzan a comprar y vender terrenos.

La deforestación en banda, para caminos o para líneas eléctricas de alta tensión, es otro tipo de destrucción de una enorme cantidad de hectáreas de bosque, que además aumenta la longitud de los bordes al fragmentar aún más el bosque. La fragmentación del bosque está asociada a gran número de procesos deletéreos, incluyendo el aislamiento de remanentes y la creación de hábitats alterados en los bordes de los fragmentos. Las carreteras fragmentan las poblaciones de animales al interrumpir el movimiento entre hábitats originalmente contiguos. Las carreteras que cruzan un bosque son barreras al movimiento animal y reducen su regreso, algunos caminos estrechos en el bosque son barreras parciales. Los modelos han demostrado que el impedir el movimiento de los animales puede contribuir a su extinción, y los bordes pronunciados a los lados del camino pueden exacerbar ese efecto. Además, en estos bordes lineales aumenta la penetración de la luz y el viento y cambia el régimen completo del microambiente del sotobosque, que lleva a alteraciones de larga duración en la comunidad remanente y tiene implicaciones para la sobrevivencia de plantas del sotobosque y para la regeneración de las especies de árboles del dosel. Las condiciones cerca de estas orillas lineales, en carreteras o autopistas, contribuyen a la degradación del bosque, ya que afectan de manera adversa la regeneración de las especies de árboles tolerantes a la sombra, que dependen de las condiciones de humedad del bosque para que sobrevivan las plántulas, y son la entrada a la invasión de malezas exóticas tolerantes al ambiente de la carretera.

Destino del bosque

En respuesta al cambio climático, no se espera que el bosque de niebla cambie en masa a una nueva localidad. Las plantas tienen un vasto arreglo de conductas adaptativas, desde límites de temperatura mínima a reproducción basada en duración del día, por lo que las especies individuales del bosque van a responder diferencialmente a los cambios climáticos. Algunas plantas se cambiarán a nuevas locaciones, otras permanecerán donde se encuentran y otras morirán. De hecho, cuánta sequía, bajo contenido de humedad en el suelo y mayor demanda de agua debido al aumento en la temperatura puede soportar el bosque depende mucho de cada sitio en particular.



Conservar el bosque (Sánchez Vigil)

Ciertamente algunos bosques de niebla no podrán sobrevivir al cambio climático, pero dada la gran heterogeneidad en la que crece el bosque del centro de Veracruz, se espera que muchos remanentes de ese bosque sobrevivirán en microambientes propicios, con condiciones muy particulares de humedad, debido a la orientación e inclinación de las pendientes. Muchos ecólogos opinan que se debe ir más allá en el manejo y conservación de la biodiversidad de los bosques nativos y proteger refugios climáticos promoviendo la conectividad de los hábitats entre gradientes ambientales paralelos.

Sin embargo, con una población para México proyectada en 127.1 millones de habitantes en el año 2030, de los cuales 90.2 millones residirá en alguna ciudad, y estando Xalapa entre las ciudades más dinámicas con una tasa de crecimiento demográfico (2.8%) superior al promedio urbano, no podemos permitirnos continuar con el escenario de “todo sigue igual”, porque aunque las especies han experimentado cambios radicales en el clima pasado, nunca antes bajo condiciones tan extremas de población y fragmentación del hábitat.

Convertir el bosque de niebla a potrero toma unas pocas semanas, transformar los fragmentos de bosque a residencias y fraccionamientos toma unos pocos meses, transformar el ecosistema en algo diferente y desaparecer el bosque de niebla por efectos del calentamiento global tardará solo varios años más.

La conclusión es obvia pero no trivial debido a la imperante necesidad por rescatar al bosque que desaparece. Los últimos fragmentos del bosque de niebla deben de persistir y los argumentos se pueden condensar en las premisas siguientes. La biodiversidad y complejidad estructural del bosque no lleva automáticamente a la estabilidad o fragilidad del sistema. 1) El bosque está siendo destruido a una tasa tan alarmante que su fragilidad es sólo una medida de la magnitud de las fuerzas destructivas que actúan contra él. En este sentido, los bosques son frágiles ante la destrucción por el hombre. 2) Es un bosque único a nivel mundial por su biodiversidad, pues su composición florística es una mezcla *sui generis* de elementos de diferente origen fitogeográfico. 3) El bosque es importante en la captación de agua y para evitar la erosión del suelo. 4) La restauración ecológica es posible como una medida para extender la cobertura de bosque, pero nunca debe utilizarse como una excusa para convertir los pocos fragmentos que aún quedan en desarrollos urbanos y después pretender mitigar el daño ambiental. 5) Siempre es mejor conservar lo que quede y restaurar lo dañado y no hay que olvidar que el bosque es nuestro patrimonio ambiental y es nuestra obligación protegerlo.

Bibliografía

- Borchert, R., Robertson, K., Schwartz, M. D. y G. Williams-Linera. 2005. Phenology of temperate trees in tropical climates. *International Journal of Biometeorology* 50:57-65.
- Both, C., S. Bouwhuis, C. M. Lessells y M. E. Visser. 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441:81-83.
- CONAFOR. 2007. Mecanismo de desarrollo limpio. http://www.mexicoforestal.gob.mx/contenido.php?contenido=numero41_col1
- Foster, P. 2001. The potential negative impact of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews* 55:73-106.
- Hemp, A. 2005. Climate change-driven forest fires marginalize the impact of ice cap wasting on Kilimanjaro. *Global Change Biology* 11:1013-1023.
- Hughes, L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution* 15:56-61.
- IPCC. 2007. *Climate change 2007: The scientific basis*. Contribution of working group I to fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginebra.
- Kerr, R. A. 2006. Latest forecast: stand by for a warmer, but not scorching world. *Science* 312:351.
- Lawton, R. O., U. S. Nair, R. A. Pielke Sr. y R. M. Welch. 2001. Climatic impact of tropical lowland deforestation on nearby montane cloud forest. *Science* 294:584-587.
- Masera, O. R., M. J. Ordóñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change* 35:265-295.
- Marsh, D.M., G. S. Milam, N. P. Gorham y N. G. Beckman. 2005. Forest roads as partial barriers to terrestrial salamander movement. *Conservation Biology* 19:2004-2008.
- Nadkarni, N. y R. Solano. 2002. Potential effects of climate change on canopy communities in a tropical cloud forest: an experimental approach. *Oecologia* 131:580-586.
- Noss, R. F. 2001. Beyond Kyoto: Forest management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology* 15:578-590.
- Pounds, A. J., M. P. L. Fogden y J. H. Campbell. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398:611-615.
- Schwartz, M. D. 1998. Green-wave phenology. *Nature* 394:839-840.
- Stevenson, I. R. y D. M. Bryant. 2000. Avian phenology: climate change and constraints on breeding. *Nature* 406:366-367.
- Witze, A. 2006. Tempers flare at hurricane meeting. *Nature* 44:11.

abertura del dosel, 74, 77, 78
 acahual, 17, 42, 67, 82, 83, 85, 88, 109
 acahuales, 5, 7, 17, 30, 37, 41, 42, 44, 55, 90, 92, 95, 115, 117
 acailite, 38, 39, 40, 64, 77, 78, 100, 115
 Acajete, 13, 16, 17, 19, 97
 Acatlán, 11, 13, 16, 17, 19, 35, 39, 49, 54, 64, 97
 actividades económicas, 15, 16
 acuyos, 53, 54
 agricultura prehispánica, 20
 agua, 1, 3, 5, 8, 12, 15, 16, 19, 26, 57, 59, 61, 63, 67, 72, 77, 90, 95, 96, 99, 111, 113, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 128, 129, 131, 132, 134, 138, 139
 altitud, 6, 10, 11, 17, 25, 47, 48, 49, 50, 59, 63, 133, 135
 ambiente, 1, 2, 10, 20, 22, 23, 48, 69, 72, 75, 82, 88, 97, 119, 121, 132, 137, 141
 amenazas, 4, 129
 andosoles, 15
 árboles nativos, 12, 37, 39, 41, 42, 101, 113, 115
 área basal, 6, 46, 47, 48, 56, 63, 86
 área foliar, 60, 61
 área foliar específica, 62
 áreas protegidas, 98, 104, 119
 asentamientos, 7, 17, 24, 30, 92, 95, 108, 120, 123, 129
 banco de plántulas, 52
 banco de semillas, 53, 54, 115
 bancos de semillas, 53, 54
 Banderilla, 13, 16, 17, 21, 29, 97
 bellotas, 88, 89, 116
 biodiversidad, 1, 5, 6, 7, 28, 31, 32, 33, 36, 38, 41, 42, 43, 44, 47, 50, 56, 83, 91, 95, 96, 99, 104, 112, 113, 119, 120, 127, 128, 136, 138, 139, 142
 biomasa, 46, 63, 111, 125, 134
 bióxido de carbono, 124
 borde abrupto, 83, 84
 borde suave, 84, 85, 89
 bosque de niebla, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 19, 20, 21, 22, 25, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 43, 47, 49, 51, 52, 54, 56, 58, 59, 62, 65, 68, 69, 72, 73, 74, 78, 79, 80, 86, 88, 89, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 102, 106, 111, 112, 114, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 137, 139, 143, 147, 148, 149
 bosque mesófilo de montaña, 1, 2, 32, 97, 144, 146
 bosque perturbado, 22, 90
 bosques de niebla, 2, 4, 20, 21, 34, 36, 39, 40, 44, 48, 50, 52, 106, 115, 121, 138, 145
 bosques riparios, 38
 Bullock, 25, 141
 caducifolios, 11, 34, 50, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 74, 75, 144
 café, 12, 27, 28, 29, 35, 141
 cafetales, 7, 17, 24, 30, 42, 90, 92, 93, 98
 caída de hojas, 73, 75, 78
 calentamiento global, 1, 12, 49, 80, 111, 120, 121, 125, 129, 132, 135, 136, 139, 149
 cañaverales, 24, 28, 93
 capacidad de carga, 106
 carbón, 100, 101, 107, 115, 126, 128, 130
 carbono, 57, 58, 111, 119, 120, 124, 126, 127, 130, 132
 Chiconquiaco, 13, 16, 17, 26, 48, 49, 50
chipi chipi, 11, 24
 choco, 36, 77, 87, 103
 clima, 5, 6, 11, 12, 23, 29, 63, 75, 79, 95, 115, 129, 130, 131, 133, 138
 clorofila, 57
 CO₂, 57, 124, 127, 130, 131, 136
 Coatepec, 13, 16, 17, 19, 25, 27,

ÍNDICE DE TÉRMINOS

29, 97, 127, 141
 Cofre de Perote, 10, 12, 14, 15, 99, 124
 cohorte, 59, 60, 61
 Colonia, 22, 24, 30
 complementariedad, 6, 39, 40, 43
 composición, 1, 12, 17, 19, 37, 39, 44, 46, 47, 53, 54, 63, 84, 86, 87, 91, 108, 109, 111, 114, 130, 139
 composición florística, 46, 53, 86, 139
 conectividad, 81, 138
 Conquista, 14, 22, 30
 conservación, 2, 3, 4, 7, 27, 28, 40, 44, 93, 95, 97, 98, 99, 100, 104, 105, 110, 124, 125, 126, 127, 138, 146, 147, 149
corredores biológicos, 30, 98, 99
 cronosecuencia, 55
 curvas de acumulación de especies, 38
 curvas de sobrevivencia, 58, 61
 defoliación, 65
 deforestación, 53, 81, 122, 123, 125, 130, 132, 133, 134, 136
 demografía foliar, 7, 57, 58, 144
 densidad, 22, 24, 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 56, 63, 86, 88, 132
 destrucción del hábitat, 41
 dinámica foliar, 58, 59
 diversidad, 1, 6, 28, 34, 37, 39, 41, 43, 44, 56, 71, 83, 100, 105, 108, 111, 136
 diversidad alfa, 37, 41, 42
 diversidad beta, 37, 39, 41, 42
 diversidad gamma, 37, 41
 dosel, 34, 35, 37, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 56, 61, 65, 68, 74, 75, 76, 77, 78, 87, 88, 111, 121, 137
 ecosistema de referencia, 111, 114
 ecoturismo, 96, 99, 106, 126
 efecto de borde, 7, 81, 84, 85,

86, 88, 93, 107
 Eje Neovolcánico, 13, 14
 El Niño, 72, 131
 emergencia, 58, 59, 73
 emergentes, 46, 48
 encino, 6, 26, 48, 60, 62, 68, 88, 101, 116, 147
 encinos, 32, 34, 37, 64, 73, 74, 77, 87, 88, 89, 100, 116, 123
 endémicas, 6, 32, 33, 34, 36, 43, 96, 134
 endemismos, 1, 120
 energía solar, 57
 epífitas, 1, 33, 35, 36, 42, 43, 101, 113, 121, 122, 134
 erosión, 20, 24, 28, 110, 120, 123, 124, 136, 139, 149
 especies amenazadas, 36, 116
 especies dominantes, 31
 especies endémicas, 33
 especies nativas, 41, 42, 94, 110, 112, 113, 114, 116, 126
 especies primarias, 42, 56
 especies raras, 31, 32
 Estación Científica Las Joyas, 3, 140
 estación seca, 11, 66, 75, 76, 122, 123
 estimadores de la riqueza de especies, 38
 estimadores de riqueza, 39
 estrato, 35, 46, 51
 estratos, 1, 46
 estructura, 6, 7, 17, 19, 31, 33, 40, 46, 47, 50, 53, 55, 84, 86, 88, 89, 99, 106, 108, 109, 110, 112, 114
 exóticas, 55, 110, 111, 112, 113, 137
 extinción, 41, 83, 91, 96, 129, 131, 133, 134, 137
 fauna, 2, 40, 91, 97, 116, 123, 131
 fenología, 7, 63, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 78, 79, 80, 133, 134, 135, 145

fincas cafetaleras, 37, 41, 44
 flora, 2, 12, 33, 40, 54, 91, 97, 131, 143
 floración, 69, 70, 73, 74, 76, 77
 flores, 7, 62, 64, 68, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 103, 135
 fotoperiodo, 71, 72, 75
 fotosíntesis, 57, 125
 fragmentación, 7, 38, 41, 81, 82, 83, 84, 91, 92, 93, 95, 137, 138, 145, 146
 fragmentos, 6, 7, 17, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 50, 51, 81, 84, 85, 90, 91, 92, 93, 95, 99, 101, 106, 107, 108, 110, 112, 115, 117, 129, 137, 138, 139
 fructificación, 7, 73, 74, 78
 frutos, 24, 64, 68, 69, 72, 77, 78, 88, 103, 116
 ganado, 24, 106, 110, 115, 123, 136
 gases de efecto invernadero, 125, 126, 129, 132
 gases invernadero, 124, 129
 hábitat, 31, 37, 41, 43, 49, 81, 82, 83, 87, 88, 89, 91, 94, 95, 119, 138
 hábitats, 28, 33, 37, 40, 44, 81, 85, 86, 92, 137, 138
 hayas, 26, 38, 73, 87
 helechos, 1, 7, 25, 33, 35, 36, 40, 43, 87, 88
 helechos arborescentes, 36
 hemiepífitas, 7, 36
 hemiepífitos, 87
 herbivoría, 7, 57, 58, 65, 66, 67, 88, 144
 heterogeneidad, 6, 33, 38, 39, 82, 91, 138
 historia ambiental, 6, 19, 141
 historia evolutiva, 63, 71, 73, 79
 hojarasca, 7, 28, 57, 58, 63, 64, 101, 144, 145
 hojas, 7, 12, 26, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 87, 103,

121, 125, 135, 144
 humedad, 1, 5, 11, 15, 20, 35, 49, 52, 67, 84, 85, 129, 132, 134, 137, 138
 huracanes, 52, 112, 121, 129, 130
 insectos, 7, 65, 66, 135
 interacciones bióticas, 8, 72, 84, 135
intolerantes, 52, 116
 intolerantes a la sombra, 52
 inventario, 38, 39, 43, 112
 inventarios, 38
 ixpepe, 54
 lapso de vida, 58, 60, 63
 lengua de pájaro, 38, 39, 115, 117
 leña, 53, 88, 100, 101, 105, 107, 108, 110, 119
 liquidámbar, 21, 25, 34, 37, 59, 60, 61, 64, 74, 100, 115, 117
 longevidad, 58, 60, 61
 luz, 11, 52, 53, 54, 57, 72, 74, 76, 77, 78, 84, 86, 87, 107, 116, 137
 madera, 50, 51, 53, 63, 88, 100, 105, 107, 108, 110, 115, 119, 124, 136, 146, 147
 magnolia, 25, 38, 39, 60, 61, 62, 115
 maíz, 20, 23, 29, 68
 manantiales, 12, 29, 90, 96, 105, 122
 marangola, 37, 64, 74, 76, 77, 101, 115
 matapalos, 36
 medioambiente, 1, 5, 96
 megadiversidad, 32
 microclima, 7, 83, 84, 85, 110, 115
 mitigación, 109, 120, 124
 modelos, 55, 79, 109, 137
 Monteverde, 2, 134
 mortalidad, 7, 47, 51, 61, 88, 106
 nitrógeno, 28, 57, 129
 no maderables, 8, 96, 101, 104

nogal, 26, 100, 115, 117
 nortes, 11, 67
 olmo, 26, 116
 orquídeas, 7, 26, 28, 35, 42, 43, 102
 paisaje, 1, 5, 6, 7, 14, 17, 19, 21, 22, 25, 28, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 81, 82, 92, 93, 95, 104, 105, 110, 111, 114, 119, 120, 123, 128, 136, 143, 145, 146
 países megadiversos, 32
 Parque Ecológico Omiltemi, 3
 pendientes, 20, 47, 136, 138
 pepinque, 25, 59, 60, 61, 62, 64, 74, 100, 115, 117
 pepinques, 34
 pequeños mamíferos, 88
 perennifolios, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 74, 76, 144
 perturbación, 45, 47, 49, 52, 53, 54, 55, 85, 95, 106, 107, 110, 111, 112, 117, 136
 perturbaciones antropogénicas, 82, 107
 perturbaciones naturales, 51, 83
 pinos, 25, 32, 132
 pioneras, 52, 53, 56, 86
 plántulas, 52, 88, 106, 114, 117, 137
 potreros, 7, 17, 24, 28, 30, 37, 42, 54, 90, 92, 93, 95, 115, 126, 133, 136
 precipitación, 11, 12, 47, 69, 72, 74, 121, 123, 131, 132
 precipitación horizontal, 122
 producción de hojas, 7, 67, 72, 74, 75
 productividad primaria, 57
 purga, 102, 147
Quercus xalapensis, 6, 26, 37
 quetzal, 21, 22, 142
 radiación solar, 72, 76
ranas, 28, 40, 42, 92, 134
 recambio de especies, 34, 40

reclamación, 109
 rehabilitación, 109, 111, 116, 118
 reinos biogeográficos, 32
 remanentes, 5, 8, 17, 48, 84, 90, 91, 93, 95, 98, 99, 137, 138
 Reserva de la Biosfera de El Cielo, 2, 64
 Reserva de la Biosfera El Cielo, 51
 Reserva de la Biosfera El Triunfo, 54
 Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, 3
 reserva-archipiélago, 99
 restauración, 4, 5, 8, 27, 95, 96, 99, 100, 104, 105, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 125, 139, 147
 restauración ecológica, 5, 8, 27, 95, 104, 105, 108, 109, 112, 115, 139, 147
 ríos, 5, 12, 13, 38, 87, 90, 105, 119, 121, 123, 125
 riqueza, 8, 31, 33, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 87, 91
 Sartorius, 24, 25, 142
 servicios ambientales, 1, 5, 8, 83, 93, 95, 105, 109, 119, 120, 125, 126, 127, 128, 148
 servicios hidrológicos, 120, 122, 127, 128, 149
 servidumbre ecológica, 98, 99
 sotobosque, 35, 46, 52, 63, 65, 66, 74, 75, 76, 77, 78, 84, 86, 87, 89, 92, 137
 sucesión secundaria, 55, 109, 111, 112
 suelo, 15, 17, 20, 24, 28, 36, 41, 42, 44, 50, 52, 53, 54, 55, 63, 67, 81, 85, 89, 90, 93, 95, 96, 99, 100, 110, 112, 114, 115, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 138, 139, 146
 suelos, 15

tala hormiga, 107
Talamanca, 34, 50, 62, 140, 143, 144
tectónica de placas, 34
temperatura, 5, 11, 12, 67, 69, 71, 72, 74, 75, 79, 84, 85, 107, 121, 129, 130, 131, 135, 137
tenchos, 35, 36, 102, 103
Teocelo, 13, 16
teshuates, 35, 53, 54, 73
Tlalnelhuayocan, 13, 16, 17, 19, 48, 102

tlanchichinole, 54
tolerantes a la sombra, 63, 116, 137
topografía, 17, 47, 85
uso del suelo, 42
uso sustentable, 96, 99
usos del suelo, 42, 44
vegetación, 1, 6, 7, 12, 17, 23, 30, 33, 35, 43, 46, 47, 50, 53, 55, 63, 74, 81, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 92, 99, 105, 107, 110, 112, 114, 115, 121, 124, 125, 132, 143

volcanismo, 14, 15
Von Humboldt, 25
vulcanismo, 13, 14
Xalapa, 5, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 64, 84, 89, 90, 93, 97, 102, 138, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148
Xico, 13, 16, 17, 102, 124, 147
zopilote, 38, 40, 100

APÉNDICE 1

A partir de un encuentro nacional, llevado a cabo en noviembre de 1999 en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, surgió la visión de la Red para la Conservación del Bosque Mesófilo de Montaña de México (BMM). La visión a 10 y 3 años se tituló: Un paseo por las nubes.

UN PASEO POR LAS NUBES

Visión a 10 años

- ☐ Contar con un sistema de áreas protegidas efectivo (incluyendo áreas protegidas gubernamentales, comunitarias y privadas), que represente la variedad de condiciones ecológicas y la diversidad biológica y cultural de las regiones prioritarias de bosques mesófilos de montaña, y asegure la conservación, a largo plazo, de estos ecosistemas. Esto es, contar con al menos un área protegida en cada una de las 14 regiones prioritarias ya identificadas.
- ☐ Haber impulsado el restablecimiento de áreas de bosque mesófilo de montaña, a través de la protección de sitios en proceso de regeneración natural, y la restauración o rehabilitación de áreas degradadas, y recuperar poblaciones de especies de plantas y animales amenazados.
- ☐ Haber reducido la tasa de deforestación y los procesos de degradación de los bosques mesófilos, a través de la puesta en práctica de actividades productivas ecológicamente apropiadas, económicamente viables y socialmente justas, incluyendo la producción de recursos forestales maderables y no maderables, aprovechamiento de fauna silvestre, agrosilvicultura y estabilización de la agricultura de ladera, en las áreas circundantes a los bosques mesófilos.
- ☐ Tener un mejor entendimiento y un conocimiento más profundo de la biodiversidad y los procesos ecológicos y sociales en los bosques mesófilos de montaña y las regiones donde se encuentran, y contar con grupos de investigación, involucrados y comprometidos con los procesos de conservación y desarrollo, establecidos en las regiones prioritarias identificadas, y colaborando a través de una red nacional.
- ☐ Que los programas de conservación, restauración y aprovechamiento de recursos naturales de los bosques mesófilos de montaña estén basados en mecanismos de gestión por los pobladores locales, dueños y poseedores de bosques y usuarios de los recursos naturales y servicios ambientales, con el apoyo de las instituciones académicas, organizaciones civiles y dependencias gubernamentales.
- ☐ Que exista un reconocimiento público de la importancia ambiental y social de los bosques mesófilos de montaña.

- ☐ Haber desarrollado mecanismos de financiamiento estables y operativos para la implementación de los programas de conservación y desarrollo en las regiones de bosque mesófilo de montaña.

Visión a 3 años

- ☐ Que la “Red de BMM” esté consolidada y operando regularmente.
- ☐ Tener un programa nacional de acción para la conservación, restauración y aprovechamiento del BMM operando.
- ☐ Haber realizado un análisis del marco legal e institucional, del manejo y conservación de BMM y ecosistemas relacionados, y contar con propuestas para mejorarlo y hacerlo operativo en los niveles federal, estatal y municipal.
- ☐ Tener un diagnóstico del estado actual de los BMM de México, que incluya la información básica sobre localización y distribución geográfica, cobertura vegetal y uso del suelo, condiciones físico-geográficas, listados básicos de flora y fauna, condiciones socioeconómicas y tenencia de la tierra.
- ☐ Integrar un sistema de información nacional sobre BMM, incluyendo información de proyectos en proceso y experiencias.
- ☐ Haber iniciado proyectos de estudios comparativos e investigación ecológica, de largo plazo, sobre dinámica del paisaje (cambio de cobertura, usos del suelo y factores geoecológicos y sociales determinantes), regeneración y sucesión, dinámica de poblaciones de especies amenazadas, conservación *ex situ* de especies amenazadas, así como ensayos experimentales de restauración/rehabilitación y de aprovechamiento de recursos naturales del bosque mesófilo de montaña, valorización de servicios ambientales y monitoreo de los efectos de procesos de cambio climático.
- ☐ Tener en operación programas de difusión y educación ambiental para la concientización sobre los beneficios ambientales y sociales de los BMM, dirigidos a usuarios, tomadores de decisiones y pobladores.
- ☐ Que las instituciones de financiamiento hayan desarrollado líneas de apoyo significativo hacia proyectos de conservación, restauración y aprovechamiento de recursos naturales de los bosques mesófilos de montaña.

- ☐ Que en los programas oficiales y en las instituciones gubernamentales, a nivel federal, estatal y municipal, se reconozca la conservación de los BMM como una prioridad, que se establezcan líneas de financiamiento y apoyo técnico e institucional, y que se rediseñen aquellos programas que fomentan prácticas incompatibles con la conservación de BMM.

- ☐ Que las instituciones de educación tengan en marcha programas de capacitación a diferentes niveles (dirigidos a campesinos, productores rurales, técnicos y profesionales) para la gestión y la implementación de programas de conservación y desarrollo en las regiones de BMM.

- ☐ Que esté en proceso de consolidación el manejo de las áreas protegidas con BMM existentes; esto es, que cuenten con un marco legal adecuado, mecanismos de gestión establecidos y reconocidos oficialmente, programas de manejo, proyectos productivos basados en la gestión por la población local y financiamiento estable.

- ☐ Que estén en proceso de fortalecimiento las iniciativas comunitarias o privadas de conservación, restauración o aprovechamiento de recursos naturales del BMM.

APÉNDICE 2

Algunas especies de árboles del paisaje de bosque de niebla del centro de Veracruz. Se presenta familia botánica, nombre científico, nombre común y una nota ecológica o uso.

Árboles del bosque

ACTINIDACEAE	
<i>Saurauia leucocarpa</i> , ixlava, frecuente	
AQUIFOLIACEAE	
<i>Ilex tolucana</i> , palo prieto, frecuente; leña, carbón	
ARALIACEAE	
<i>Oreopanax xalapensis</i> , cinco hojas, frecuente; ornato	
<i>Oreopanax capitatus</i> , choco, matapalo; envoltura de tamales	
BETULACEAE	
<i>Carpinus caroliniana</i> , pepinque, frecuente; madera dura, postes, horcones, restauración	
<i>Alnus acumunata</i> , ilite; leña, muebles rústicos	
<i>Ostrya virginiana</i> , pepinque; madera de buena calidad, reforestación, ornato	
CLETHRACEAE	
<i>Clethra mexicana</i> , marangola, dominante; combustible, postes, leña, carbón, restauración	
CHLORANTHACEAE	
<i>Hedyosmum mexicanum</i> , palo de agua, platanillo	
CLUSIACEAE	
<i>Clusia guatemalensis</i>	
CORNACEAE	
<i>Cornus disciflora</i> , aceitunillo; restauración	
EUPHORBIACEAE	
<i>Croton xalapensis</i> , sangregado	
FAGACEAE	
<i>Fagus grandifolia</i> var. <i>mexicana</i> , acailite, guichín (Acatlán), pepinque (Acajete), dominante en pocos sitios, raro; nuez comestible, restauración	
<i>Quercus germana</i> , roble, dominante	
<i>Quercus leiophylla</i> , encino, frecuente	
<i>Quercus pinnativenulosa</i> , dominante	
<i>Quercus sartorii</i> , frecuente	
<i>Quercus xalapensis</i> , encino, encino roble, dominante; maderable, restauración	

Quercus acutifolia, encino duela

HAMMAMELIDACEAE

Liquidambar styraciflua, liquidámbar, dominante; maderable, restauración

JUGLANDACEAE

Juglans pyriformis, nogal, amenazada; madera excelente, restauración

Oreomunea mexicana, zopilote; construcciones rurales, carpintería, bates de béisbol

LAURACEAE

Cinnamomum effusum, frecuente

Persea americana, aguacate; fruto comestible

Persea schiedeana, chinini, pagua; fruto comestible

LEGUMINOSAE

Erythrina americana, gasparito, iquimite; flor comestible, cercas, restauración

Lonchocarpus guatemalensis, lengua de pajarito; sombra cafetales

MAGNOLIACEAE

Magnolia schiedeana, magnolia, frecuente; endémica, amenazada

Magnolia dealbata, magnolia, eloxochitl; peligro de extinción

MELIACEAE

Trichilia havanensis, rama tinaja; altares día de muertos

MORACEAE

Ficus calyculata, matapalos o higuerones

OLEACEAE

Fraxinus uhdei, fresno; maderable

PLATANACEAE

Platanus mexicana, haya; restauración

PODOCARPACEAE

Podocarpus matudae, lengua de pájaro; protección especial, restauración

ROSACEAE

Prunus serotina, capulín

SABIACEAE

Meliosma alba, palo blanco; construcciones rurales, carpintería

STAPHYLACEAE

Turpinia insignis, huevo de gato, dominante; leña, carbón, potencial ornamental, restauración

STYRACACEAE

Styrax glabrescens, sajarillo, azahar de monte, frecuente; floración potencial para jardinería

SYMPLOCACEAE

Symplocos coccinea, limoncillo; protección especial, restauración

TERNSTROEMIACEAE

Ternstroemia sylvatica, trompillo, frecuente

Cleyera theaeoides

ULMACEAE

Ulmus mexicana, olmo; madera dura, restauración

WINTERACEAE

Drymis granadensis

Árboles de aberturas del dosel, acahuals, o de orillas

CELESTRACEAE

Perrottetia ovata, palo de agua; leña y carbón

EUPHORBIACEAE

Cnidoscolus aconitifolius, mala mujer

MYRSINACEAE

Myrsine coriacea, chicoabil; leña, carbón, cercas

RHAMNACEAE

Rhamnus capraefolia, palo amarillo; leña, carbón

TILIACEAE

Heliocarpus donnell-smithii, jonote; madera ligera, corteza para cuerdas

ULMACEAE

Trema micrantha, ixpepe; leña, carbón, corteza para amarrar y fabricar papel amate

VERBENACEAE

Lippia myriocephala, palo gusano; leña, carbón

Arbustos comunes en el sotobosque, orillas de bosque

COMPOSITAE

Telanthophora grandifolia

GESNERIACEAE

Moussonia deppeana, tlalchichinol, campanita

LAURACEAE

Ocotea psychotrioides

MALVACEAE

Malvaviscus arboreus, mazapancillo

MELASTOMATACEAE

Miconia glaberrima, teshuate

Conostegia xalapensis, teshuate

MYRTACEAE

Eugenia xalapensis, capulín

Eugenia capulli, capulín

PIPERACEAE

Piper auritum, acuyo; comestible

Piper hispidum

Piper lapathifolia

Piper umbellatum

Piper nudum, cordoncillo

RUBIACEAE

Palicourea padifolia, flor de mayo

Randia aculeata, crucetillo

