

## 2.4 LA VEGETACIÓN RIPARIA

Paula Meli, Lucía Ruiz, Julia Carabias

### 2.4.1 IMPORTANCIA DE LOS ECOSISTEMAS RIBEREÑOS

Los ecosistemas ribereños son la interfase entre los ecosistemas terrestres y los acuáticos. Se caracterizan por: 1) la presencia temporal o permanente de saturación de agua y de procesos funcionales determinados por ella; 2) el intercambio permanente entre el ambiente superficial y el subterráneo; y 3) la existencia de comunidades bióticas muy particulares y específicas (NRC 2002; Naiman *et al.* 2005). Las riberas sufren frecuentes periodos de inundación que resultan clave para la distribución del agua y determinar los gradientes y flujos de materia y energía (NRC 2002).

Estos ecosistemas sostienen una alta diversidad de especies vegetales y animales, y en ellos se desarrollan numerosos procesos biológicos. Su contribución a la diversidad de especies es proporcionalmente mayor a la superficie que ocupan dentro de una cuenca (Naiman *et al.* 1993; Sabo *et al.* 2005). En particular, la riqueza de plantas varía considerablemente en el tiempo y en el espacio a lo largo de los márgenes de los ríos y arroyos, debido a que se han adaptado a los regímenes de inundaciones y sequías de distinta frecuencia, magnitud y duración, así como a las correspondientes fluctuaciones de nutrientes (p. ej., la frecuencia y la magnitud del transporte y del tamaño de partículas), que varían a su vez a lo largo del cuerpo de agua. Esta variación en la diversidad no sólo ocurre a medida que el río atraviesa el paisaje, sino también de manera lateral, ya que las plantas se distribuyen según sus formas de vida desde el cauce y hacia tierra firme, dependiendo de las variaciones en la disponibilidad

de agua. Cerca del cauce crecen aquellas especies adaptadas a ambientes con pocos nutrientes y luz elevada, mientras que a elevaciones más altas, y a medida que el suelo se aleja del cauce, existen especies de ciclo de vida más largo, frecuentemente arbustivas, tolerantes a la sombra. Además, las comunidades vegetales de las riberas 1) influyen en la biota que habita dentro del agua (Naiman *et al.* 1993; Naiman *et al.* 1997), 2) proveen hábitat para especies ribereñas obligadas o de hábitats inundables (Naiman *et al.* 2005), 3) pueden constituir corredores para la dispersión (Gardali *et al.* 2006), y 4) ofrecer un refugio seguro en caso de cambios ambientales, como sequías prolongadas.

En cuanto a la diversidad animal en las zonas ribereñas, probablemente ésta excede la diversidad vegetal, especialmente la de los invertebrados (Naiman *et al.* 2005). También se ha observado que cerca de 70% de los vertebrados tienen contacto con este ecosistema, utilizándolo en algún momento de sus ciclos de vida (Naiman *et al.* 1993; Sabo *et al.* 2005). Sin embargo, esta biodiversidad no está bien documentada.

Son varios los procesos ecológicos que ocurren en un ecosistema ribereño. La fuerza de la corriente y los cambios morfológicos del cauce influyen sobre la flora ribereña (Opperman y Merenlender 2004) y, al controlar la deposición y erosión de sedimentos, tienen un papel fundamental en los procesos que ocurren dentro de los cuerpos de agua (Corenblit *et al.* 2009). Además, la vegetación estabiliza los márgenes de los ríos y arroyos, provee de hojarasca y de madera de gran tamaño a los cuerpos de agua, retiene y recicla nutrientes, modifica

las condiciones microclimáticas (Gregory *et al.* 1991), y sostiene una amplia red como base para la subsistencia de un diverso ensamblaje de peces y fauna terrestre (NRC 2002).

Todos estos procesos tienen efectos dentro y fuera del sitio donde ocurren, y en muchos casos pueden traducirse en servicios ecosistémicos (NRC 2002; Naiman *et al.* 2005). De manera general, los servicios que proveen los ecosistemas ribereños pueden agruparse en tres categorías principales (NRC 2002): 1) regulación hidrológica y dinámica de los sedimentos, 2) servicios de soporte biogeoquímico y relacionados con los ciclos de

nutrientes, y 3) provisión de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas (cuadro 2.4.1). Los procesos relacionados con la dinámica hidrológica incluyen el almacenamiento de agua superficial y sedimentos, lo que favorece la atenuación de los picos de flujo de agua y el desarrollo de la geomorfología fluvial y ribereña (Francis 2006). Ello mitiga los posibles daños por inundaciones, y por lo tanto también controla la erosión de la ribera y favorece el desarrollo del suelo y los ciclos biogeoquímicos completos. Al mismo tiempo, el mantenimiento de la dinámica hidrológica permite el desarrollo de una comunidad vegetal

**Cuadro 2.4.1** Ejemplos de funciones ecológicas de los ecosistemas ribereños y los principales servicios

Funciones ecológicas	Efectos de las funciones
<i>Dinámica hidrológica y de sedimentos</i>	
Almacenaje de agua en el corto plazo	Atenuación de crecidas aguas abajo
Acumulación y transporte de sedimentos	Mantenimiento de la forma del cauce
Mantenimiento del nivel alto del agua	Mantenimiento de la estructura de la vegetación
<i>Ciclos biogeoquímicos y de nutrientes</i>	
Ciclaje y retención de compuestos químicos	Intercepción de nutrientes y elementos tóxicos en la escorrentía
Descomposición de hojarasca y detritos	Contribución a los procesos biogeoquímicos y las interacciones bióticas
Secuestro de carbono en el suelo	Retención de nutrientes y secuestro de CO <sub>2</sub> de la atmósfera
Producción de carbono orgánico	Provisión y mantenimiento de cadenas tróficas terrestres y acuáticas
Contribución a la biodiversidad	Provisión de reservorios para la diversidad genética
<i>Mantenimiento del hábitat y cadenas tróficas</i>	
Mantenimiento de la vegetación ribereña	Provisión de sombra durante la época cálida y fijación de carbono
Soporte de poblaciones de vertebrados terrestres	Permite migraciones diarias y anuales
Soporte de poblaciones de vertebrados acuáticos	Permite completar ciclos de vida de especies de peces migratorias

A/MP<sub>v</sub>: Alimento y materias primas de origen vegetal; A/MP<sub>a</sub>: alimento y materias primas de origen animal; PA: provisión de agua; REE: regulación de los impactos de eventos extremos; EFS: prevención de la erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo; CB: ciclos Modificado a partir de Meli *et al.* (2013b).

estructurada y diversa, la cual provee un hábitat natural adecuado para la fauna terrestre.

Los ecosistemas ribereños son fundamentales para los ciclos biogeoquímicos, ya que al ser ambientes muy ricos en biomasa de raíces y materia orgánica presentan una alta diversidad microbiológica, la cual soporta una variedad de procesos biológicos que transforman los elementos químicos disueltos en el suelo (NRC 2002). Por ejemplo, las zonas ribereñas son conocidas por su capacidad de interceptar y retener el exceso de partículas y nutrientes disueltos en el agua (Naiman y Décamps, 1997). Esta capacidad se relaciona con una dismi-

nución de la velocidad de la escorrentía (y por ende reducción de la erosión hídrica), facilita la remoción de nutrientes y sedimentos suspendidos y, ocasionalmente, de compuestos tóxicos y pesticidas. La atenuación de las concentraciones de nitratos y denitrificación de fertilizantes tiene efectos directos en la regulación de la calidad del agua (Naiman *et al.* 2005) y finalmente en la provisión para consumo humano.

Las funciones directamente relacionadas con el hábitat y el mantenimiento de las cadenas tróficas son la base de la provisión de alimento y materias primas. La presencia de vegetación ribereña modifica

ecosistémicos asociados, según los cuatro grandes grupos propuestos por el MEA (2005)

Servicios ecosistémicos															
Provisión			Regulación						Soporte				Cultural		
A / MP <sub>v</sub>	A / MP <sub>a</sub>	PA	RC	DH	CA	RSplnv	REE	EFS	CB	IB	Ht	Ha	Cult	Rec	
				X			X	X	X						
		X			X				X						
			X		X				X		X	X			
X										X					
										X	X	X			
X			X				X	X		X	X	X	X	X	
	X								X					X	

RC: regulación del clima; DH: dinámica hidrológica; CA: calidad del agua; RSplnv: regulación de poblaciones de especies invasoras y plagas; biogeoquímicos; IB: interacciones bióticas; Ht: provisión de hábitat terrestre; Ha: provisión de hábitat acuático; Cult: cultural; Rec: recreativo.

las condiciones microclimáticas como la temperatura, la luz, la humedad y el viento (Meleason y Quinn 2004), las cuales influyen en procesos ecológicos como el crecimiento de las plantas, la respiración del suelo, el ciclo de nutrientes y la selección de hábitat por parte de la fauna. La vegetación ribereña contribuye además a regular el microclima del ecosistema acuático (Maridet *et al.* 1998; Opperman y Merenlender 2004), así como a modificar la cantidad y calidad de radiación solar que llega al cuerpo de agua, y por lo tanto influye en la productividad primaria de las plantas acuáticas y en la actividad de otros organismos (Naiman *et al.* 2005).

Por otra parte, la vegetación ribereña puede constituir un corredor para la dispersión y el movimiento de la fauna (Malanson 1993; Gardali *et al.* 2006), y puede actuar como conductor, filtro o barrera en el flujo de información entre los organismos. Por ejemplo, la vegetación puede absorber los sonidos, dificultar la visión y controlar el movimiento direccional de compuestos químicos (Naiman *et al.* 2005).

Por último, la vegetación de las riberas suele tener un importante valor cultural, tanto estético como recreativo (Malanson 1993), proporciona sitios para el asentamiento humano cerca de los puertos, proximidad a las fuentes de agua y oportunidades para la recreación basada en el uso del agua (NRC 2002). En conjunto, todos estos servicios dependen de manera directa del mantenimiento de los procesos ecológicos que ocurren en estos ecosistemas.

Por todo esto, conocer los ecosistemas ribereños resulta importante para plantear estrategias de restauración en Marqués de Comillas, dado que las actividades agropecuarias se suelen extender hasta el límite de los cuerpos de agua, deteriorando así los ecosistemas ribereños, así como los ecosistemas acuáticos y terrestres adyacentes.

Conocer el estado de conservación de la vegetación ribereña en Marqués de Comillas tiene particular importancia: el río Lacantún, una de las fronteras del municipio Marqués de Comillas, es parte de la cuenca Usumacinta-Grijalva y está in-

merso en la Selva Lacandona, uno de los últimos reductos de selva alta perennifolia en el país. La vegetación riparia de esta región no ha sido estudiada en detalle, aunque existe un consenso sobre la necesidad de su conservación para la supervivencia de la fauna acuática, además de ser un protector natural del suelo contra los procesos erosivos que tienen lugar en las márgenes u orillas (capítulo 4.1). En este capítulo describimos la vegetación riparia de un tramo del río Lacantún y de arroyos tributarios de menor orden.

#### 2.4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Se trabajó en dos escalas: el río Lacantún y algunos arroyos tributarios de menor orden. En ambos casos se consideraron muestreos en riberas conservadas y en riberas que fueron desmontadas y luego abandonadas (vegetación secundaria o riberas en regeneración), para tener información sobre el proceso de regeneración natural.

En el Lacantún se realizó un recorrido a lo largo de 57 kilómetros en la margen de Marqués de Comillas. A lo largo de este recorrido se realizó un muestreo en 26 parcelas seleccionadas al azar: 13 con vegetación riparia conservada y 13 con vegetación en regeneración secundaria. Cada parcela fue de 10 × 50 m (500 m<sup>2</sup>; 1.3 hectáreas en total). En cada una de ellas se identificó y midió el diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) de todos aquellos individuos con más de un metro de altura. Para describir la estructura se estimó la frecuencia relativa de especies por hectárea ( $F_{rel}$ ) y la densidad

**Cuadro 2.4.2** Categorías utilizadas para estimar el valor de categoría diamétrica (VCD)

Categoría	Rango perimetral (cm)	Rango diamétrico (cm)
1	< 20	< 6.4
2	20 - 40	6.4 - 12.7
3	41 - 80	12.8 - 25.5
4	81 - 120	25.6 - 38.2
5	>120	> 38.2



Arroyo Miranda. FAZ

relativa ( $D_{rel}$ ). El área basal relativa no pudo ser estimada, sino que se clasificó a las especies de acuerdo con cinco categorías de diámetro, para estimar el valor de categoría diamétrica relativa ( $VCD_{rel}$ ) (la cual varía entre uno y cinco; cuadro 2.4.2). Con estos datos se calculó el índice de importancia relativa (IIR) (equivalente al valor de importancia relativa, VIR, capítulo 2.3) de cada especie para el total del área muestreada de cada comunidad (vegetación conservada y en regeneración). El IIR se calcula como  $IIR = (F_{rel} + D_{rel} + VCD_{rel})/3$  y varía entre 0 y 100. Dado que no se midió la altura de los individuos, no se presenta información de la estratificación vertical de la vegetación riparia en esta sección.

En los arroyos se estudiaron los mismos tipos de vegetación —conservada y en regeneración—, utilizando el mismo tipo de parcelas (10 × 50 m).

Se muestreó un total de 0.5 hectáreas en cinco parcelas en cada tipo de vegetación (10 parcelas en total, 5 000 m<sup>2</sup>). Se identificaron y midieron los indicadores estructurales de todos los individuos arbóreos con d.a.p.  $\geq 1.5$  cm (Meli *et al.* 2013a). En este caso, en lugar del IIR se calculó el valor de importancia relativa  $VIR = (F_{rel} + D_{rel} + Ab_{rel})/3$ . El VIR se expresa en porcentaje y por ende varía entre 0 y 100.

Para describir la diversidad en ambos tipos de ambiente se utilizaron la riqueza ( $S$ ), los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y de Simpson ( $D$ ) y la equitatividad ( $E$ ) (capítulo 2.3). Estos índices establecen una relación entre la riqueza de especies y su abundancia en cada parcela, dicha proporción también es conocida como equitatividad, que refleja la distribución de la abundancia de las especies identificadas y se mide con índices que oscilan entre cero y uno.

**Cuadro 2.4.3** Riqueza, diversidad, equitatividad y densidad de especies arbóreas y arbustivas en la vegetación ribereña del Lacantún y arroyos tributarios de menor orden, en dos tipos de sistemas: conservado y en regeneración secundaria

	Río Lacantún		Arroyos	
	Conservado	Regeneración	Conservado	Regeneración
Riqueza de especies	76	70	15	16
Diversidad ( $H'$ )	4.01	3.22	2.46	2.28
Equitatividad	0.92	0.76	0.93	0.88

FUENTE: Ruiz 2011 y Meli *et al.* 2014.

### 2.4.3 COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD

En el río Lacantún se registró un total de 1 148 individuos de 103 especies arbóreas pertenecientes a 29 familias (apéndice 3). De éstas, 15 estuvieron representadas por sólo una especie y sólo una por más de 10. La familia con mayor riqueza de especies fue Fabaceae, con un total de 16 especies, cifra considerablemente mayor a Moraceae, que estuvo representada por cinco especies, y Malvaceae, Meliaceae y Rubiaceae, que presentaron cuatro especies cada una. Catorce familias estuvieron representadas por un individuo solamente.

En los arroyos se registró un total de 665 individuos de 112 especies arbóreas en las riberas conservadas y 492 individuos de 93 especies en las riberas en regeneración. Estas especies pertenecen a 38 familias de angiospermas (apéndice 3).

La riqueza de especies, diversidad y equitatividad resultaron mayores en la vegetación riparia conservada que en la vegetación en regeneración en ambos tipos de ambientes (cuadro 2.4.3), excepto por la riqueza en los arroyos, que fue similar. Esto sugiere que la vegetación en regeneración no alcanza el mismo nivel de organización y desarrollo de estructura que la vegetación conservada. Esto es más evidente en los arroyos, en los cuales, aunque la riqueza resultó similar, los mayores valores de diversidad y equitatividad sugieren que la abundancia de las distintas especies son más similares que en las riberas en regeneración, en las que podrían estar dominando algunas especies en particular.

### 2.4.4 ESTRUCTURA

#### Río Lacantún

La densidad total resultó de 1 170 y 1 185 individuos por hectárea en la vegetación conservada y en regeneración, respectivamente. Las densidades relativas por especie fueron bajas en ambos tipos de vegetación (Fig. 2.4.1). En la vegetación conservada cinco de ellas mostraron una densidad relativa media: *Trichilia havanensis* (12%), *Inga vera* (6%), *Castilla elastica* (5%), *Brosimum alicastrum* (4%) y *Acacia cornigera* (4%); mientras que en la vegetación en regeneración fueron *Trichilia havanensis* (24%), *Inga vera* (11%), *Brosimum alicastrum* (8%) y *Castilla elastica* (4%).

La frecuencia relativa en la vegetación conservada fue de muy baja a baja, pero destacan algunas especies con frecuencia media, prácticamente las mismas cuatro de mayor densidad: *Trichilia havanensis* (7%), *Inga vera* (7%), *Ficus insipida* (4%), y *Castilla elastica* (4%) (Fig. 2.4.1a). De manera similar, en la vegetación en regeneración la frecuencia relativa también fue baja, y las siete especies con frecuencia media fueron las de mayor densidad: *Inga vera* (12%), *Trichilia havanensis* (9%), *Brosimum alicastrum* (6%), *Castilla elastica*, *Guarea glabra*, *Pouteria reticulata* y *Acacia cornigera*, todas estas últimas con 4% (Fig. 2.4.1b).

En cuanto a las clases diamétricas, destacan nuevamente *Trichilia havanensis*, *Inga vera*, *Brosimum alicastrum* y *Castilla elastica*. Los valores altos de *Ficus sp.* y *Ochroma pyramidale* en la vegetación conservada, y *Ficus insipida* y *Spondias mombin* en

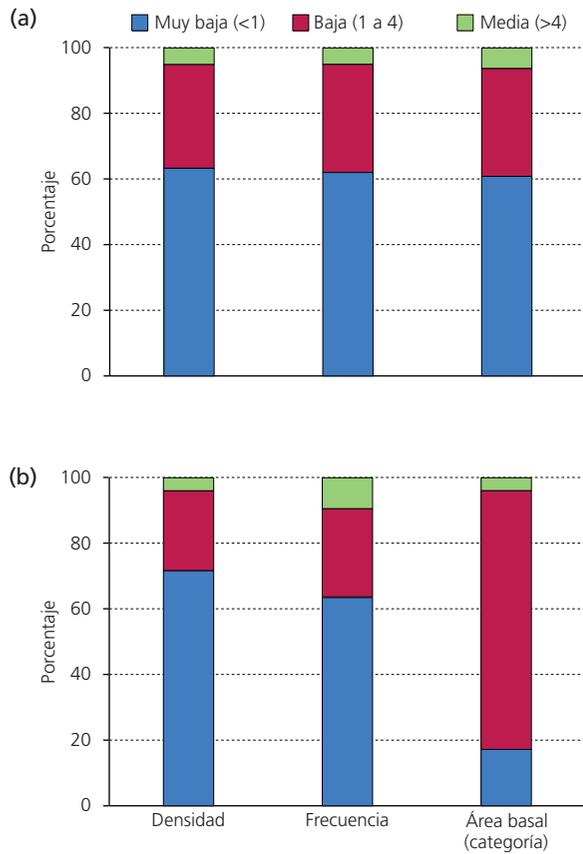


Figura 2.4.1 Estructura de la vegetación riparia conservada (a) y en regeneración secundaria (b) en un tramo del río Lacantún, en la margen de Marqués de Comillas.

la vegetación en regeneración, se debieron a categorías diamétricas grandes. En la vegetación secundaria la mayoría de los valores altos de VCD estuvieron determinados por las altas densidades, mientras que en la vegetación conservada estuvieron definidos por las grandes áreas basales que ocuparon los individuos censados.

Las primeras 15 especies con mayor IIR en la vegetación ribereña conservada acumularon sólo 57% del IIR, mientras que en las riberas en regeneración este valor ascendió a 70% (Fig. 2.4.2). Esto implica que en las riberas en regeneración es menor el número de especies que representa a la comunidad arbórea y arbustiva. Si bien las dos especies con los valores más altos de IIR fueron las mismas para ambos tipos de vegetación (*Trichilia havanensis* e *Inga vera*), el IIR de ambas especies resultó dos veces mayor en las riberas en regeneración que en la vegetación conservada. Esto resulta consistente con una menor diversidad de especies arbóreas y arbustivas en las riberas en regeneración, con una comunidad representada por un número ligeramente menor de especies, pero con abundancias relativas mayores (mayor dominancia de algunas especies dentro de la comunidad). Al mismo tiempo, en la vegetación ribereña conservada, 16 especies presentaron un IIR mayor de dos (Fig. 2.4.2a), mientras que en las riberas en regeneración sólo 12 especies lo hicieron (Fig. 2.4.2b). Diez especies de las

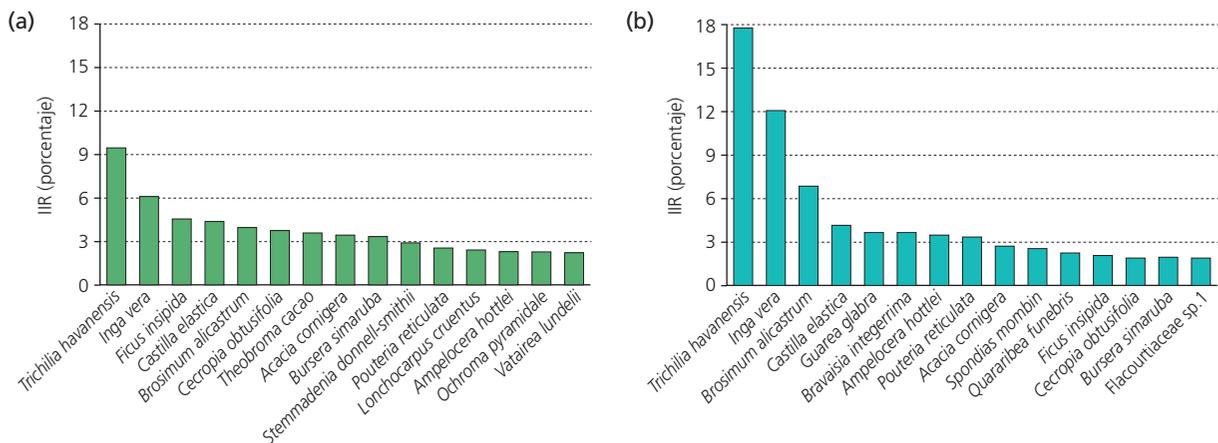


Figura 2.4.2 Especies arbóreas que acumulan 57 y 70%, respectivamente, del índice de importancia relativa (IIR) en riberas conservadas (a) y en regeneración secundaria (b) en un tramo del río Lacantún. FUENTE: Ruiz 2011.

primeras 15 fueron comunes a ambos de tipos de vegetación en el río Lacantún, lo cual es consistente con que la distinción entre ellos podría estar dada principalmente por diferencias en las abundancias relativas (y la dominancia) de las especies y no en la identidad de las mismas.

### Arroyos

La densidad total resultó de 2 260 y 3 280 individuos por hectárea en la vegetación conservada y en regeneración, respectivamente. Las densidades relativas por especie fueron muy bajas en ambos tipos de vegetación para la mayor parte de las especies (Fig. 2.4.3). En la vegetación conservada sólo tres de ellas mostraron una densidad relativa media: *Ampelocera hottlei* (4%), *Croton schiedeanus* (4%) y *Protium copal* (9%), mientras que en la ve-

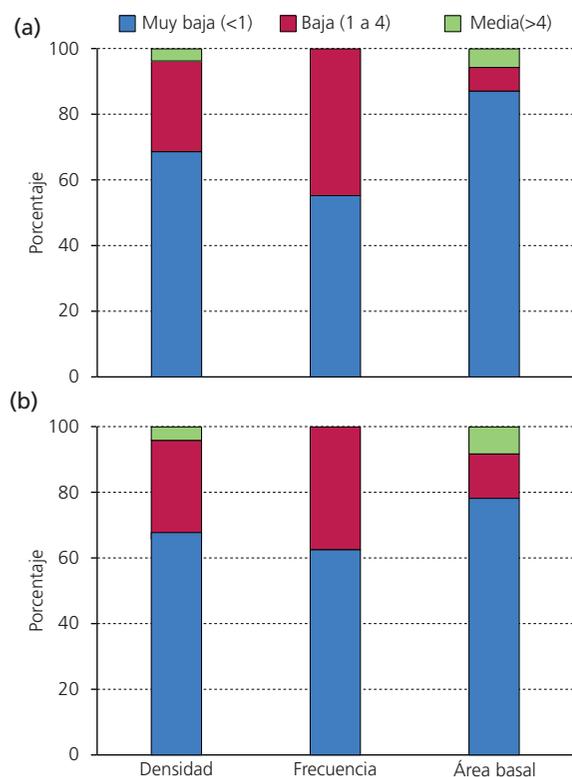


Figura 2.4.3 Estructura de la vegetación riparia conservada (a) y en regeneración secundaria (b) en arroyos de Marqués de Comillas.

getación en regeneración fueron cuatro: *Croton schiedeanus* (9%), *Aegiphila monstrosa* (8%), *Cecropia peltata* (5%) y *Piper* sp. (4%).

Las frecuencias relativas tanto en la vegetación conservada como en regeneración fueron de bajas a muy bajas y no se destaca ninguna especie de frecuencia importante. Esto significa que la mayor parte de las especies están representadas únicamente por uno o dos individuos en cada unidad de muestro.

El área basal total en la vegetación conservada fue de 16.8 m<sup>2</sup>, lo que se puede extrapolar a 56.1 m<sup>2</sup> por hectárea. La mayor parte de las especies mostró un valor muy bajo; sólo siete especies aportaron un área basal baja, y cinco de ellas media (Fig. 2.4.3a). La única especie con alto aporte relativo de área basal alta fue *Ficus* sp. (32%), a pesar de que sólo un individuo estuvo presente. Otras tres especies con un aporte importante fueron *Cojoba arborea* (18%), *Dialium guianense* (9%), *Brosimum alicastrum* (4%) y *Vochysia guatemalensis* (4%). Las especies con densidades relativas más altas (*Ampelocera hottlei*, *Croton schiedeanus* y *Protium copal*) mostraron un bajo aporte de área basal.

En la vegetación en regeneración el área basal fue mucho menor que en la vegetación conservada: 4.1 m<sup>2</sup> totales, que equivalen a 13.7 m<sup>2</sup> por hectárea. La distribución de valores sin embargo resultó similar. La mayor parte de las especies mostraron valores muy bajos (Fig. 2.4.3b); 13 aportaron un área basal baja y ocho especies un valor medio: *Dialium guianense* (12%), *Albizia leucocalyx* (11%), *Inga vera* (9%), *Pterocarpus rohrii* (6%), *Lonchocarpus guatemalensis* (6%), *Cecropia peltata* (5%), *Croton schiedeanus* (5%) y *Schizolobium parahyba* (5%).

Las primeras 15 especies contuvieron 50% del VIR de la comunidad de árboles y arbustos en ambos tipos de vegetación. Sin embargo, sólo cinco fueron especies comunes (Meli *et al.* 2013a), lo que sugiere que la composición es la principal diferencia entre estos tipos de vegetación. En la vegetación ribereña conservada las especies más importantes (VIR >4%) fueron *Ficus* sp., *Cojoba arborea*, *Dialium guianense* y *Protium copal* (Fig. 2.4.4a); 24 especies mostraron un VIR bajo (1 a 4%) y la mayor parte (71%) un valor

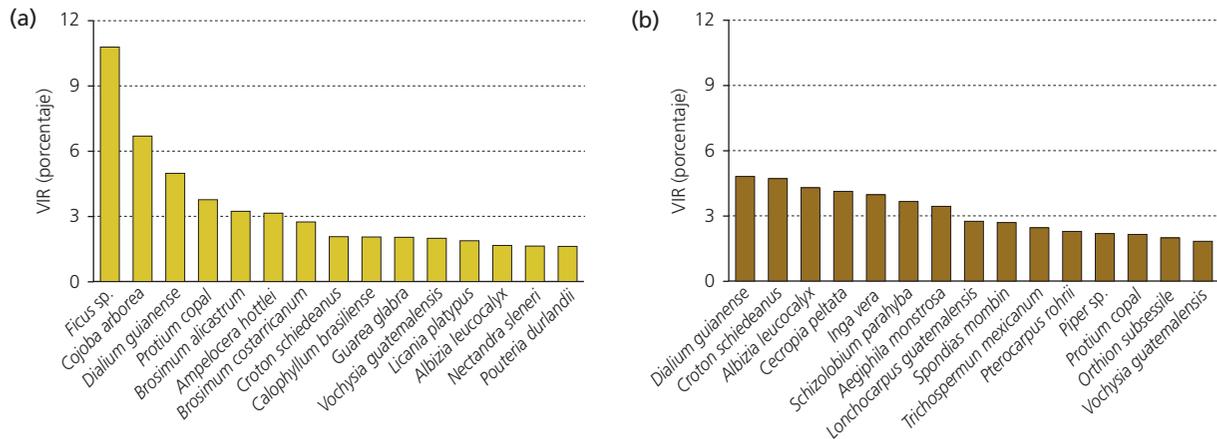


Figura 2.4.4 Especies arbóreas que acumulan 50% del valor de importancia relativa (VIR) en riberas conservadas (a) y en regeneración secundaria (b) en arroyos de Marqués de Comillas. FUENTE: Meli *et al.* 2014.

de VIR muy bajo (< 1%). La importancia de las dos primeras especies reside en sus altos valores de aporte al área basal (pocos individuos pero de gran porte); en el caso de *Dialium guianense* es una especie relativamente abundante y con área basal media, mientras que *Protium copal*, aunque de bajo porte es una especie importante debido a su alta densidad.

En la vegetación secundaria las especies más importantes fueron *Dialium guianense* (5%), *Croton shiedeanus* (5%), *Albizia leucocalyx* (4%) y *Cecropia peltata* (4%) (Fig. 2.4.4b). Sin embargo, la distribución de valores de VIR fue similar a la vegetación conservada: 22 especies mostraron un VIR bajo (1 a 4%) y la mayor parte (72%) un valor muy bajo (< 1%). La importancia de *Dialium guianense* y *Albizia leucocalyx* reside en su aporte al área basal (pocos individuos pero de gran porte). *Croton shiedeanus* y *Cecropia peltata* en cambio, son especies relativamente abundantes y con área basal baja.

#### 2.4.5 ESTRATIFICACIÓN VERTICAL

##### Arroyos

En los arroyos la estratificación vertical resulta similar para la vegetación riparia conservada y la que se encuentra en regeneración secundaria, con

ausencia de un estrato superior y árboles emergentes, y un aumento relativo tanto en el número de individuos como en la riqueza a medida que disminuye la altura de los árboles (Fig. 2.4.5). Este patrón es prácticamente el mismo, aunque con valores diferentes.

Aunque la riqueza total resultó prácticamente la misma (97 y 96 especies en vegetación conservada y en regeneración, respectivamente), la riqueza para cada uno de los estratos verticales no lo es. La riqueza de especies en la vegetación conservada es superior en los dos estratos medios pero es similar en el estrato bajo. El número de individuos, en cambio, es superior en los tres estratos presentes. Esto sugiere que la riqueza potencial en ambos tipos de vegetación es similar (igual riqueza en estrato bajo), pero existen ciertos factores ambientales o biológicos que determinan una menor riqueza en los estratos superiores de la vegetación en regeneración.

En la vegetación conservada de los arroyos se registró un total de 665 individuos pertenecientes a 97 especies. En el estrato medio superior se registraron 21 individuos de 11 especies (Fig. 2.4.5a). El género *Brosimum* aporta 29% de ellos, seguido por *Dialium guianense* con 24%. Otras especies presentes son *Vochysia guatemalensis* y *Acacia usumacintensis*. En los estratos inferiores estas especies están presentes pero en menor densidad, lo que

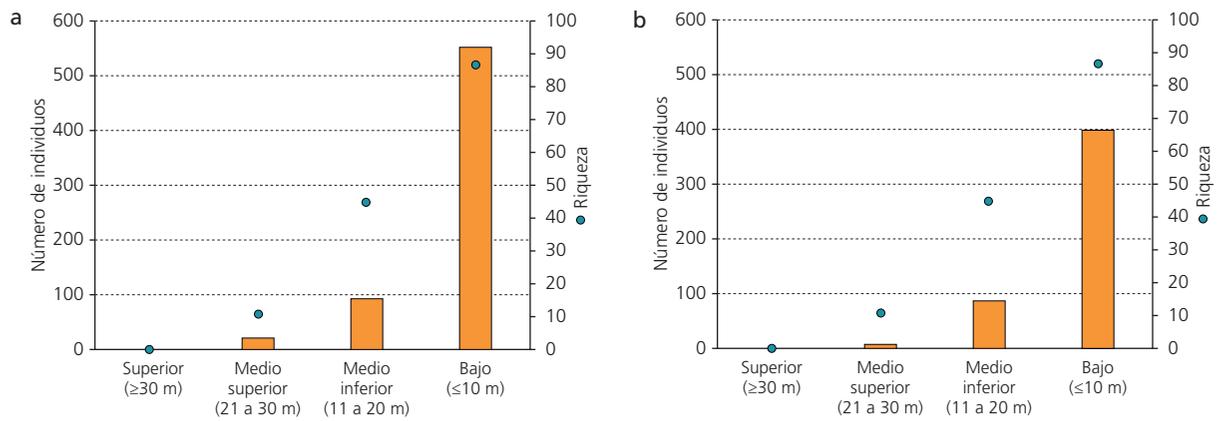


Figura 2.4.5 Número de individuos y riqueza de especies en cuatro estratos verticales en arroyos con vegetación ribereña conservada (a) y en regeneración secundaria (b) en Marqués de Comillas.



Arroyo Lagarto. FAZ

sugiere que su regeneración puede estar comprometida. Sólo seis especies (6%) están presentes en los tres estratos verticales. La mayor parte de las especies están presentes en los estratos bajo y medio inferior, mientras que el género *Ficus* es el único exclusivo del estrato medio superior.

En la vegetación en regeneración secundaria se registró un total de 492 individuos pertenecientes a 96 especies. En el estrato medio superior se registraron sólo siete individuos de seis especies, todas leguminosas excepto *Vochysia guatemalensis* (Vochysiaceae) (Fig. 2.4.5b). El estrato medio inferior está representado por 86 individuos de 36 especies. Las más representativas son *Schizolobium parahyba* (18%), *Cecropia peltata* (10%) y *Croton schiedeanus* (9%), mientras que el resto está representada por sólo uno o dos individuos. El estrato bajo presenta la mayor riqueza de especies con baja representación en número de individuos (<5%): sólo *Aegiphila monstrosa* (11) y *Croton schiedeanus* (8%) superan el 5%, aunque también son notorias *Orthion subsessile* y el género *Piper*. Sólo cuatro especies (4%), *Vochysia guatemalensis*, *Inga vera*, *Dialium guianense* y *Lonchocarpus guatemalensis*, están presentes en los tres estratos verticales. En contraste, la mayor parte de las especies son exclusivas del estrato bajo.

#### 2.4.6 REFLEXIONES FINALES

Los ecosistemas ribereños presentan características estructurales y funcionales que los hacen únicos. La geomorfología y diversidad de organismos de un sistema ribereño están intrínsecamente relacionadas con el agua como agente de disturbio. Por esta razón su manejo y conservación no puede ser considerado de forma aislada respecto a otros cuerpos de agua, sino que debe tener en cuenta que estos patrones son un aspecto fundamental de su funcionamiento.

Estos ecosistemas proveen importantes servicios a la sociedad humana. Almacenan agua y regulan su calidad, reducen la erosión, mitigan los efectos

de las inundaciones, recargan los acuíferos, proveen refugio y alimento para la fauna y una amplia gama de servicios culturales. Además, soportan una importante diversidad y conectan el territorio a varias escalas espaciales y temporales.

La mayor parte de la vegetación adyacente al río Lacantún y los arroyos es de tipo arbóreo o arbusitivo; es indispensable protegerla y restaurarla para mantener sus funciones ecológicas y los servicios ecosistémicos que presta. La vegetación riparia conservada es claramente más rica y diversa que la que se encuentra en regeneración secundaria, y presenta un menor número de especies dominantes (mayor equitatividad).

A su vez, la vegetación riparia del Lacantún es más rica y diversa que la vegetación de los arroyos de menor orden, presenta una menor densidad de individuos y una composición de especies diferencial; las especies más abundantes e importantes en la ribera del Lacantún no son las mismas que en los arroyos. Estas diferencias son importantes a la hora de tomar decisiones de manejo y conservación. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la densidad de individuos no es del todo comparable entre estos dos muestreos, dado que el criterio de inclusión de los individuos a medir fue diferente. En el río Lacantún los individuos fueron seleccionados por su altura, y en los arroyos por su diámetro.

En algunos transectos del Lacantún las densidades de las especies tuvieron valores altos, mientras que los valores de categoría diamétrica no lo fueron. Esto depende en parte de las alturas de los individuos, pues a menor altura los árboles tienden a tener áreas basales más pequeñas y aumenta la abundancia en un área determinada (Popma *et al.* 1988). En ambos tipos de vegetación las especies con mayor densidad, *Trichilia havanensis*, *Inga vera*, *Brosimum alicastrum* y *Castilla elástica*, presentaron la mayoría de sus individuos en las clases diamétricas más bajas. Esto coincide con los datos de van Breugel *et al.* (2006), quienes encontraron que las comunidades vegetales en los alrededores del ejido Boca de Chajul alcanzan grandes diámetros y áreas basales, pero disminuyen conforme avanza el pro-

ceso de sucesión. Los IIR más altos de las especies en la vegetación en regeneración estuvieron determinados tanto por valores altos de densidad como de área basal dependiendo de la especie, y también estuvieron mucho mejor distribuidos entre las especies que en la vegetación conservada.

En los arroyos, las especies más importantes son más variables entre los dos tipos de vegetación. En la vegetación conservada están presentes algunas especies típicas de selva madura, como *Dialium guianense*, *Cojoba arborea* y *Brosimum alicastrum*, mientras que en la vegetación secundaria las más importantes son especies típicamente pioneras, como *Croton schiedeanus*, *Albizia leucocalyx* y *Cecropia peltata*. Las variaciones en la estructura también son más marcadas en los arroyos que en el río Lacantún; si bien la distribución de valores estructurales es similar (tendencia a valores bajos de frecuencia y densidad relativas), en la vegetación conservada existe una menor densidad de individuos de mayor tamaño, lo cual es típico de una selva conservada.

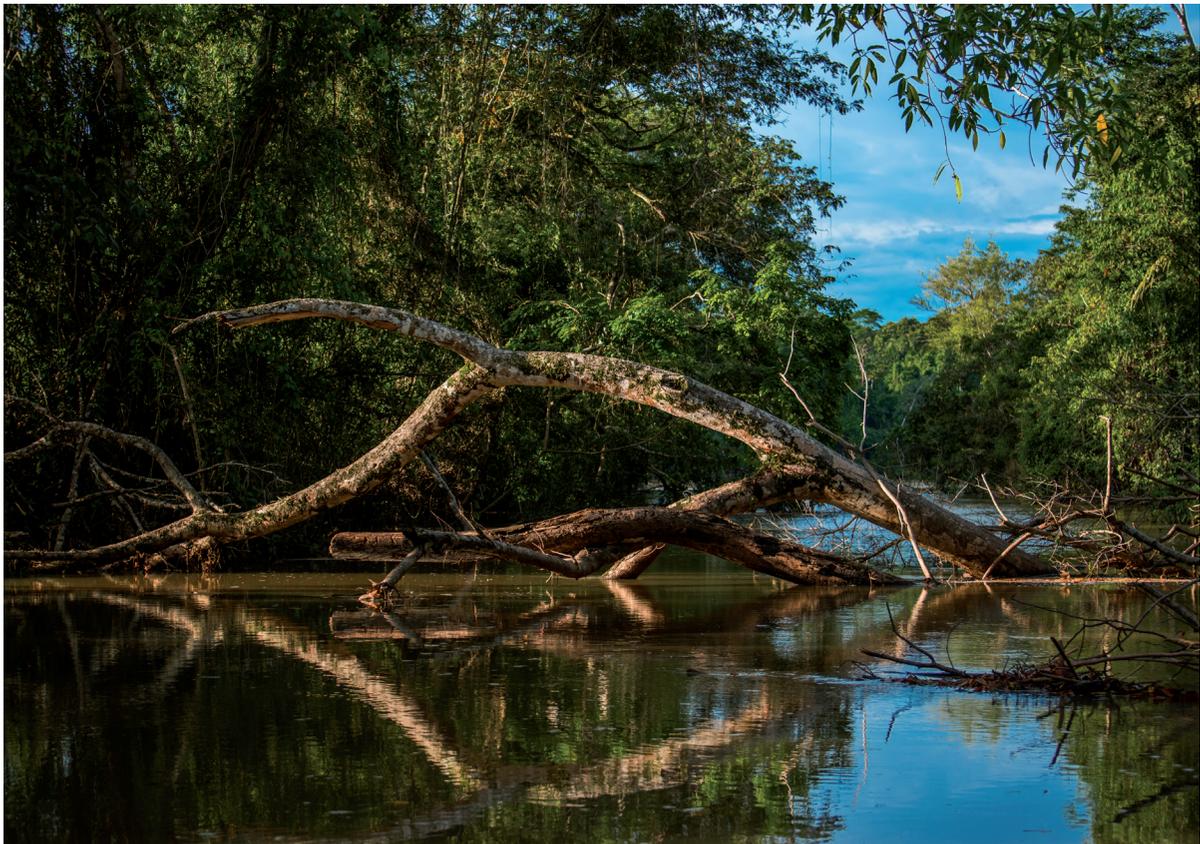
Considerar la estructura y la diversidad de estos ecosistemas resulta fundamental para la toma de decisiones en cuanto a actividades de conservación y restauración de la vegetación, ya que deberá considerarse que el número de especies es grande, y para lograr recuperar la selva el esfuerzo puede ser de gran magnitud. En el caso de riberas muy deterioradas son necesarias acciones como la implementación de obras de conservación de suelos y la introducción de una vegetación adecuada que promueva la estabilización de la margen. No obstante, más allá de las estrategias y técnicas de restauración concretas implementadas, siempre será imprescindible eliminar los factores que provocan la degradación de éstos.

Las riberas pueden ser incorporadas en las iniciativas agrosilvopastoriles y en los planes de manejo de los ecosistemas acuáticos, ya que son sistemas interdependientes. Muchas iniciativas de uso sustentable de recursos hídricos o ictícolas ignoran la necesidad de las riberas como sistemas indispensables para la provisión de estos mismos recursos.

## REFERENCIAS

- Corenblit, D., J. Steiger, A.M. Gurnell, E. Tabacchi y L. Roques, 2009. Control of sediment dynamics by vegetation as a key function driving biogeomorphic succession within fluvial corridors, *Earth Surface Process & Landforms* 34: 1790-1810.
- Francis, R., 2006. Allogenic and autogenic influences upon riparian vegetation dynamics, *Area* 38: 453-464.
- Gardali, T., A.L. Holmes, S.L. Small, N. Nur, G.R. Geupel y G.H. Golet, 2006. Abundance patterns of landbirds in restored and remnant riparian forests on the Sacramento River, California, U.S.A., *Restoration Ecology* 14: 391-403.
- Gregory S., V.F.J. Swanson, W.A. McKee, K.W. Cummings, 1991. An ecosystem perspective of riparian zones, *BioScience* 41: 540-551.
- Malanson, G.P., 1993. *Riparian landscapes*, Cambridge Studies in Ecology Series, Cambridge, Cambridge University Press.
- Maridet, L., J.G. Wasson, M. Philippe, C. Andros y R.J. Naiman, 1998. Riparian and morphological controls in structuring the macroinvertebrate stream community. *Archiv für Hydrobiologie* 144: 61-85.
- Meleason, M.A. y J.M. Quinn, 2004. Influence of riparian buffer width on air temperature at Whangapoua Forest, Coromandel Peninsula, New Zealand, *Forest Ecology and Management* 191: 365-371.
- Meli, P., M. Martínez-Ramos y J.M. Rey-Benayas, 2013a. Selecting species for passive and active riparian restoration in Southern Mexico, *Restoration Ecology* 21: 163-165.
- Meli, P., J.M. Rey Benayas, J. Carabias, L. Ruiz y M. Martínez-Ramos, 2013b. Restauración de los ecosistemas ribereños y sus servicios ecosistémicos. Meta-análisis global y un estudio de caso en Chiapas, México, en P. Laterra, A. Lara, R. Manson, G. Barrantes (eds.), *Servicios ecosistémicos hídricos: estudios de caso en América Latina y el Caribe*, Valdivia, Red ProAgua CYTED, pp. 39-58.
- Meli, P., M. Martínez-Ramos, J.M. Rey-Benayas y J. Carabias, 2014. Combining ecological, social, and technical criteria to select species for forest restoration, *Applied Vegetation Science* 17: 744-753.
- Naiman, R.J., y H. Décamps, 1997. The ecology of interfaces: Riparian zones, *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 621-658.

- Naiman, R.J., H. Décamps y M. Pollock, 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity, *Ecological Applications* 3: 209-212.
- Naiman, R.J., H. Décamps y M.E. McClain, 2005. *Riparia. Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities*, Londres, Elsevier Academic Press.
- NRC (National Research Council), 2002. *Riparian Areas*, Washington, National Academy Press, <[www.nrcs.usda.gov/technical/streams.html](http://www.nrcs.usda.gov/technical/streams.html)>.
- Opperman, J.J., y A.M. Merenlender, 2004. The effectiveness of riparian restoration for improving instream fish habitat in four hardwood-dominated California streams, *North American Journal of Fisheries Management* 24: 822-834.
- Popma, J., F. Bongers y J. Meave, 1988. Patterns in the vertical structure of the tropical lowland rain forest of Los Tuxtlas, Mexico, *Vegetatio* 74: 81-91.
- Ruiz, L., 2011. Herramientas legales para la conservación y restauración de la vegetación ribereña: un estudio de caso en la Selva Lacandona. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Sabo, J.L., R. Sponseller, M. Dixon, K. Gade, T. Harms, J. Hefernan, A. Jani, G. Katz, C. Soykan, J. Watts y J. Welter, 2005. Riparian zones increase regional species diversity by harboring different, not more species, *Ecology* 86: 56-62.
- van Breugel, M., M. Martínez Ramos y F. Bongers, Community dynamics during early secondary succession in Mexican tropical rain forests, *Journal of Tropical Ecology* 22: 663-674.



Arroyo Lagarto. FAZ

