

# Conceptos y técnicas en ecología fluvial

Edición a cargo de:

**ARTURO ELOSEGI**

Profesor titular de Ecología en la Universidad del País Vasco

**SERGI SABATER**

Catedrático de Ecología en la Universidad de Girona

---

Separata del capítulo 17

## La vegetación terrestre asociada al río: el bosque de ribera

**ARTURO ELOSEGI**

**JOSERRA DÍEZ**

Primera edición: abril 2009

ISBN: 978-84-96515-87-1

© los autores, 2009

© de la edición en español, Fundación BBVA, 2009



## La vegetación terrestre asociada al río: el bosque de ribera

ARTURO ELOSEGI Y JOSERRA DÍEZ

### 17.1. Introducción

Con la excepción de las zonas alpinas o subpolares, situadas por encima de la línea del bosque, la mayor parte de los ríos del mundo relativamente bien conservados tienen sus márgenes cubiertas por bosque u otra vegetación de ribera. Incluso en zonas generalmente desprovistas de árboles, como sabanas o desiertos, los pocos árboles que existen crecen en las riberas de los ríos, donde encuentran condiciones adecuadas, asociadas a un más alto nivel freático que en los terrenos adyacentes (fig. 17.1). En otras áreas, la vegetación es herbácea, pero en todo caso con características fenológicas y composición distintas de la correspondiente vegetación puramente terrestre.

En sentido estricto, se llama vegetación de ribera a las zonas cubiertas por ésta en las márgenes de los ríos, donde las características del suelo, sobre todo el nivel freático, están influidas por la dinámica fluvial. Se trata, por tanto, de una vegetación *azonal* que corresponde al ecotono entre el ecosistema terrestre y acuático. A menudo hay un contraste marcado entre las especies de ribera y las que crecen en suelos zonales no relacionados hidrológicamente con los ríos: los árboles de ribera típicamente están adaptados a suelos fértiles y son capaces de resistir la inundación, mientras que otras muchas especies no pueden sobrevivir en estas condiciones. Por ejemplo, la vegetación dominante en zonas de clima mediterráneo suelen ser árboles de poco porte, hoja perenne y crecimiento lento, aunque

Los bosques de ribera tienen características diferentes de los bosques circundantes

**Figura 17.1:**

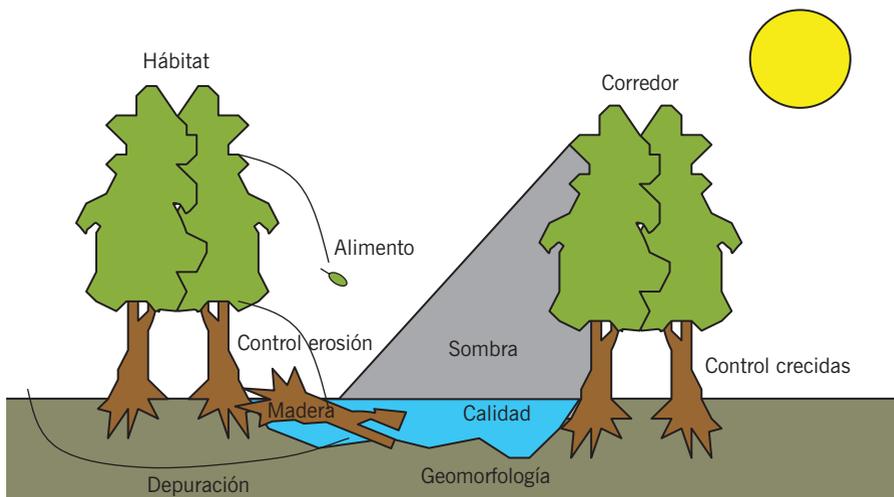
*Un río flanqueado por vegetación de ribera en un paisaje semidesértico (Nuevo México, Estados Unidos). Aunque el río se seca, la vegetación sobrevive gracias al agua freática*



los ríos de esas mismas zonas pueden estar flanqueados por grandes árboles de hoja caduca, a menudo de las mismas especies que crecen en climas más benignos.

**El bosque de ribera tiene gran importancia en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas fluviales**

En un sentido más laxo, sin embargo, se puede llamar bosque de ribera a cualquier formación boscosa que crezca en las márgenes de los ríos o sus llanuras de inundación, aunque en zonas de fuerte pendiente, el efecto del río sobre el bosque desaparece al alejarnos unos pocos metros del cauce. Como estos bosques tienen, en cualquier caso, un efecto directo sobre la ecología fluvial, en este capítulo los consideraremos también bosques de ribera. Los bosques de ribera, además de ser un componente integral de los ríos, tienen gran importancia ecológica (fig. 17.2) y prestan numerosos servicios ecosistémicos. Por un lado, el bosque proporciona sombra, ayudando a regular la temperatura del agua y a mantenerla bien oxigenada. Además, gran parte de las entradas de materia orgánica particulada al cauce (hojas, frutos, flores, ramas; véase capítulo 10), que se cuentan entre los recursos alimentarios más importantes para los organismos lóticos (véase capítulo 14), provienen directamente del bosque de ribera. Los bosques de ribera también tienen gran incidencia sobre la forma del cauce, ya que limitan la erosión de sus márgenes, y la caída de troncos aumenta la complejidad estructural del cauce y favorece tanto la retención de partículas como la creación de nuevos hábitats (Harmon et al. 1986, Gregory et al. 2003; véase capítulo 10). Como ejemplo de este efecto, al desaparecer el bosque de ribera, los ríos se encajan y se convierten en más estrechos, con lo que disminuye la superficie utilizable por los organismos fluviales, la conexión del cauce con la llanura de inundación, así como los servicios que prestan los ríos (Sweeney et al. 2004). Además, el bosque de ribera cumple un importante efecto de filtro verde, reteniendo partículas y nutrientes que llegan por escorrentía o por vía subsuperficial, por lo que tiene un efecto directo sobre la calidad

**Figura 17.2:**

*Algunas de las funciones ecológicas más relevantes del bosque de ribera*

de las aguas. En las llanuras de inundación, además, puede aumentar la cantidad de agua retenida durante las crecidas y disminuir su velocidad, suavizando, aguas abajo, los efectos de las inundaciones sobre infraestructuras o construcciones en el territorio fluvial.

Algunos de los bosques de ribera (como la *varzea* amazónica) se encuentran entre los ecosistemas más diversos del mundo (Naiman y Décamps 1990). Otros ofrecen hábitats para numerosas especies que no están estrictamente ligadas a los ríos. Además, los bosques de ribera conectan zonas espacialmente muy alejadas, por lo que podrían constituir importantes corredores ecológicos para numerosos organismos forestales (Saunders y Hobbs 1991).

Todas estas cuestiones justifican la relevancia en definir aquellas características del bosque de ribera que más directamente pueden influir sobre la estructura y el funcionamiento fluvial. Salir del cauce para adentrarse en el medio terrestre circundante exige cambiar de escala y de métodos de trabajo; por ello, definiremos una serie de criterios generales que puedan ser de utilidad en la evaluación del estado de conservación y funcionalidad de las zonas de ribera.

#### **Técnica 44. Criterios para evaluar la calidad ecológica del bosque de ribera**

Las funciones y servicios antes descritos no están garantizadas por el mero hecho de que las riberas estén cubiertas de bosque, sino que dependen de determinadas características que son sensibles a las actividades humanas. Por ello, conviene

definir los atributos clave del bosque de ribera, y cómo pueden afectar distintas actividades humanas a dichos atributos. Las características del bosque de ribera (composición, estructura, funcionamiento) cambian en función del tipo de río y de la ecorregión que se considere. Por ejemplo, el bosque de ribera en ríos con fuertes migraciones laterales se mantiene en fases poco maduras, y ello limita la variedad de sus hábitats; en zonas desérticas, los árboles de ribera tienen portes modestos, por lo que no producen tanta sombra como los de otras zonas; los bosques de ribera boreales son mucho menos diversos que los tropicales, y existen grandes diferencias geográficas en su diversidad específica. A pesar de esta diversidad de circunstancias, es posible definir cuáles son los atributos más significativos, y cuál es la relación precisa entre dichos atributos y la ecología de los ríos. El lector interesado puede encontrar información adicional o aplicación de índices concretos en la literatura (García de Jalón et al. 2006, Munné et al. 1998, Wards y Atwill 1983).

## MATERIAL

La lista propuesta debiera ser adaptada para los objetivos concretos y el tipo de bosque a estudiar. Se indican, a título orientativo, los elementos de uso más común:

- Sistema de Información Geográfica.
- Receptor GPS.
- Ortofotografías y fotografías aéreas, actuales y antiguas.
- Mapas cartográficos.
- Regla telescópica.
- Cinta métrica.
- Calibre forestal.
- Tabla de composición de sedimento.
- Cámara con objetivo de gran angular u ojo de pez.
- Brújula.
- Clinómetro.
- Pintura en *spray*.

## ATRIBUTOS MÁS SIGNIFICATIVOS Y RELACIÓN CON LA ECOLOGÍA FLUVIAL

Para cada atributo que se valora, hay que establecer un nivel óptimo

Es importante establecer el óptimo de cada uno de los atributos del bosque de ribera (cuadro 17.1), en relación con sus funciones, o bien respecto al estado natural del río. La acción modificadora humana explica que en algunas áreas apenas queden zonas naturales que puedan servir como referencia. Sin embargo, se puede tener una idea aproximada de cómo serían estos ecosistemas si se tiene en cuenta los factores que actúan sobre ellos. Por ejemplo, los bosques de ribera se

	Extensión (anchura continuidad longitudinal)	Estructura del suelo. Conectividad cauce-orillas	Estructura y composición. Madurez	Conexiones laterales
Estabilización de los márgenes	■	■	■	
Retención de sedimentos	■	■	■	
Protección y regulación frente a avenidas	■	■	■	■
Filtro de nutrientes, pesticidas...	■	■	■	
Sombra	■		■	
Fuente de materia orgánica	■		■	
Hábitat y corredor ecológico	■		■	■

**Cuadro 17.1:**

*Relación entre las funciones de la vegetación de ribera y los principales atributos que influyen en esas funciones ecológicas*

ven sometidos a frecuentes inundaciones, por lo que es esperable encontrar claros creados por las crecidas, y otras zonas donde se acumula gran cantidad de árboles muertos. En estas circunstancias, un bosque espacialmente continuo sería menos natural que otro espacialmente más heterogéneo. Como estos atributos tienen sentido a escalas muy diferentes, aquí se propone un estudio a tres escalas; extensión y continuidad del bosque a escala de paisaje, conectividad lateral a escala de tramo, y estructura del bosque a escala de parcela.

### EXTENSIÓN, ANCHURA Y CONTINUIDAD LONGITUDINAL DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA

La extensión, anchura y continuidad longitudinal de la vegetación de ribera son algunos de los atributos más importantes de los bosques riparios. Estas características se deben determinar a escala de paisaje (varios kilómetros), y su funcionalidad está directamente relacionada con la entidad de la ripisilva. La vegetación arbórea, junto con un sotobosque denso conformado por herbáceas, matorrales y arbustos, contribuye con su sistema radicular a estabilizar los márgenes, dado que cohesionan las partículas del suelo a mayor profundidad y disminuyen la erosión producida por la corriente del agua, las partículas en suspensión y la carga de fondo. De igual modo, una vegetación densa, ancha y bien estructurada es más eficiente amortiguando el flujo y atrapando nutrientes y tóxicos (Peterjohn y Correll 1984, Brunet et al. 1994).

La extensión y continuidad del bosque de ribera debe determinarse a escala de kilómetros

La continuidad longitudinal hace posible que la vegetación de ribera funcione como hábitat y como corredor que conecta diversos ecosistemas. Su estructura y anchura definen, por tanto, su calidad y capacidad de acogida (Saunders y Hobbs 1991). Así, franjas de vegetación riparia muy estrechas y alargadas pueden incrementar el efecto de borde del ecotono y limitar el hábitat y la dispersión de las es-

pecies (Naiman y Décamps 1990). La capacidad de aportar sombra se relaciona directamente con la continuidad y con el porte de la vegetación de ribera. La sombra es de vital importancia, especialmente en los cauces de cabecera, dada la escasa profundidad de la lámina de agua. Por tanto, unos pocos metros de vegetación con porte elevado pueden afectar de manera significativa a la temperatura del agua (Johnson y Jones 2000). A su vez, la evapotranspiración de la vegetación de ribera (árboles, arbustos y plantas) contribuye a disminuir la temperatura y, junto a la lámina de agua, crear un ambiente con un microclima diferenciado (Nagler et al. 2005).

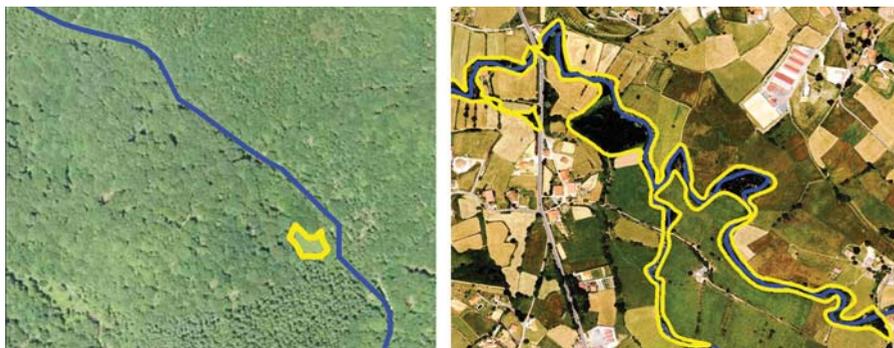
Conviene comparar fotos aéreas actuales con otras más antiguas

Para determinar la extensión, anchura y continuidad de la vegetación de ribera lo más adecuado es trabajar con un Sistema de Información Geográfica (SIG) sobre ortofotografías y fotografías aéreas, aunque en caso de no disponer de éstas, se puede cartografiar fácilmente mediante trabajo de campo y con ayuda de un GPS. De esta manera es posible determinar el territorio fluvial y la extensión actual longitudinal y transversal del bosque ripario. En caso de disponer de fotos aéreas antiguas, o de cartografía antigua de detalle, la diferencia entre ésta y la actual informa de cómo se han transformado las márgenes, lo que permite extraer indicaciones útiles para la ecología fluvial y para la gestión de los ríos, como, por ejemplo, un manejo acertado del riesgo de inundabilidad. Por su parte, la sombra (o en su lugar, la irradiación que alcanza el cauce o las márgenes) puede ser estimada mediante la obtención de fotografías del dosel arbóreo (técnica 14).

La escala ideal de trabajo puede variar en función de las características de la zona de estudio pero, en general, no debería ser inferior a 1:5000. La longitud de tramo a estudiar es asimismo variable, pero si el estudio se centra en la conectividad para grandes animales, al menos habría que estudiar la conectividad en tramos fluviales de varios kilómetros. El procedimiento a seguir podría ser el siguiente:

1. Sobre las ortofotografías, o mediante trabajo de campo, delimitar las manchas de bosque de ribera (fig. 17.3). Si es posible, distinguir el bosque natural de las plantaciones forestales.
2. Calcular el porcentaje de las orillas cubierto de bosque.
3. Calcular la anchura media de la vegetación de ribera.
4. Medir la longitud (máxima, media y mínima) de las manchas de bosque de ribera.
5. Determinar la distancia (máxima, media y mínima) entre manchas de bosque de ribera.

Todas estas medidas pueden hacerse bien mediante un SIG, o como se describe en la técnica 1. Para ríos medianos a grandes conviene realizar estas mediciones para cada orilla por separado.



**Figura 17.3:**  
Ortofotografías de dos arroyos con bosques de ribera de características contrastadas

*Nota:* En el arroyo de la *izquierda* (Elama, Navarra, España), las riberas están cubiertas de bosque continuo, que también tiene continuidad con los bosques de los alrededores. Sólo se ha marcado un pequeño claro. En el de la *derecha* (Butroe, Bizkaia, España), una gran parte de los márgenes disponen de una estrecha hilera de bosque de ribera, raramente conectado con los bosques adyacentes, dado que éstos han sido sustituidos por cultivos, infraestructuras y edificaciones. En este caso, los polígonos amarillos marcan las áreas del bosque de ribera en conexión con bosques o plantaciones arbóreas adyacentes al río.

### CONECTIVIDAD ENTRE EL CAUCE Y LAS ORILLAS

La conectividad entre las zonas de ribera y el cauce influye en muchas de las funciones antes definidas (cuadro 17.1). La conectividad es superficial pero también subsuperficial. Los flujos subsuperficiales tienen gran importancia en la dinámica de nutrientes y en su papel como filtro de materiales sólidos y disueltos (véase capítulo 6). La textura del suelo condiciona la capacidad de la vegetación riparia para ralentizar el flujo del agua durante las avenidas y secuestrar sedimentos, nutrientes y/o pesticidas. Sin embargo, la conectividad está limitada por numerosas actividades humanas (motas o diques laterales, carreteras, urbanización de la zona de ribera, etc.) que causan el incremento de la velocidad del agua, y el posterior arrastre de sedimentos y encajamiento del cauce. En casos extremos, la llanura de inundación deja de ser inundable excepto en crecidas extraordinarias, descendiendo el nivel freático, y cambiando en consecuencia el tipo de bosque.

La determinación precisa de la conectividad entre el cauce y las orillas es bastante complicada, especialmente en el caso de los flujos subsuperficiales, pero se puede obtener una idea aproximada sobre la base de inspecciones oculares. La escala óptima de trabajo es la de tramo, de alrededor de 1 km. El procedimiento sería el siguiente:

1. Recorrer los márgenes del río con un mapa u ortofoto detallado y, a ser posible, con un GPS, anotando y tomando referencias espaciales de los siguientes puntos (fig. 17.4):
  - a) Tramos en los que el río está excesivamente encajado, sin contacto con la llanura de inundación. Éstos se identifican porque la antigua llanura de inun-

Numerosas actividades humanas disminuyen la conectividad lateral

**Figura 17.4:**  
Ejemplos de algunas  
afecciones a la conectividad  
lateral



*Nota:* a: Arroyo agrícola, que por la degradación del cauce se halla desconectado de la llanura de inundación. Obsérvese cómo colapsan las márgenes. b: Arroyo rectificado y con pequeños diques laterales a ambos lados. c: Orilla protegida por escolleras, que impiden la migración del cauce. d: Ambas orillas protegidas por escolleras, y caminos de cemento sobre la llanura de inundación. e: Cauce constreñido por un gran dique, y obras de refuerzo de las márgenes. f: Caso extremo de arroyo con las orillas y el lecho de cemento.

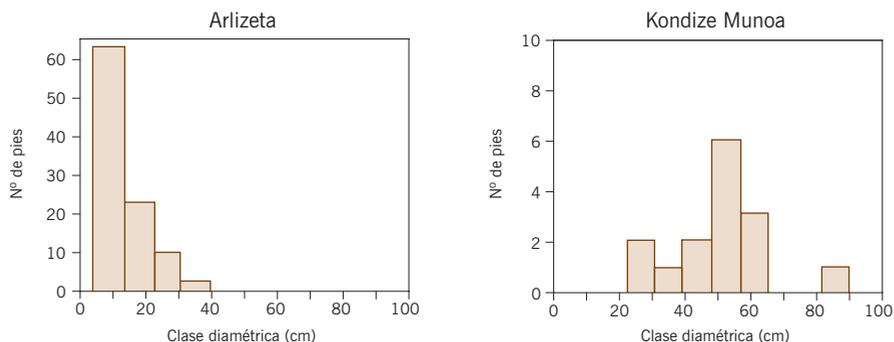
dación forma una terraza abandonada, quedando la línea de desechos dejados por la última riada por debajo de la misma. También se puede apreciar porque la vegetación no tiene características propias de zonas de ribera.

- b) Tramos en los que las márgenes están protegidas por diques laterales, que reducen la inundabilidad y, por lo general, encorsetan al río.
  - c) Tramos con defensas en las márgenes: escolleras, revestimientos de cemento, etc. Anotar el tipo de defensa, su longitud y su altura.
  - d) Tramos con caminos o carreteras en la llanura de inundación. Medir la anchura del camino y la distancia a la orilla.
  - e) Tramos en los que se aprecia compactación del suelo (por ejemplo, por vertido de áridos). Medir la anchura de las afecciones.
2. Determinar el porcentaje de cauces fluviales afectado por cada tipo de alteración.

Esta inspección ocular es más efectiva después de unas riadas ordinarias, pues es entonces cuando mejor se ve el alcance real del río en aguas altas.

#### COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y MADUREZ DE LA VEGETACIÓN RIPARIA

La composición específica y la presencia de especies exóticas indica el grado de *naturalidad* del bosque. Así, un bosque en el que las especies dominantes sean exóticas, tiene un menor nivel de naturalidad que otro autóctono. Este carácter tiene gran incidencia en el funcionamiento ecológico fluvial, ya que implica cambios en la cantidad y calidad de la hojarasca que entra en el río, el efec-



**Figura 17.5:**  
Distribución de clases diamétricas de dos bosques en Azpeitia (España)

*Nota:* En el de la *izquierda* se aprecia una mayor dominancia de árboles jóvenes. En el de la *derecha* hay un mayor rango de diámetros y algunos árboles muy maduros.

to sobre la dinámica subsuperficial de nutrientes, etc. El grado de naturalidad es, pues, un criterio general de la estructura del bosque ripario, en el que la composición ideal sería la esperable en ese río en ausencia de actividades humanas.

Asimismo, la *madurez* del bosque y su dinámica son aspectos que contribuyen a determinar la relevancia ecológica del bosque. Es especialmente importante determinar si todos los árboles son coetáneos, o si, en cambio, la estructura de edades es más compleja. Para determinar la edad de los árboles se atiende a la estructura de tamaños, especialmente de clases diamétricas (fig. 17.5). A medida que el bosque de ribera madura, aumenta el aporte de materia orgánica (hojarasca, restos de madera, etc.) y paralelamente incrementa su influencia sobre el cauce y la biota. Los grandes troncos que caen al río son más importantes que los más pequeños, ya que por su gran estabilidad, aquellos estructuran físicamente el cauce y aumentan su retentividad. Por ello, la madurez es un aspecto clave del bosque como modelador del hábitat fluvial (Gregory et al. 2003).

La naturalidad y madurez del bosque de ribera determinan su relevancia ecológica

Tanto la composición como la madurez de la vegetación riparia se deben estudiar a una escala de decenas de metros. Para ello se seleccionan parcelas de muestreo. En estudios generales de bosques, estas parcelas suelen ser cuadrados de 1 hectárea ( $100 \times 100$  m), pero para bosques de ribera a menudo es más adecuado optar por parcelas más estrechas y alargadas, ya que estos bosques suelen estar muy fragmentados. Cualquiera que sea la forma y tamaño de la parcela, conviene seguir estos pasos:

1. Marcar con cuerdas los límites de la parcela.
2. Determinar el número de estratos de vegetación que se observan (fig. 17.6).

**Figura 17.6:**

Dos bosques de ribera con una estructura muy diferente. A la izquierda, selva amazónica en el río Beni (Bolivia). A la derecha, plantación de chopos en el río Ebro (España)



*Nota:* Obsérvese que en la foto de la *izquierda* el bosque está compuesto por árboles de tamaño muy diverso, que al menos forman cuatro estratos (dosel, árboles medianos, arbustos y vegetación herbácea), mientras que en el de la *derecha* todos son árboles coetáneos.

3. Medir la altura de los árboles dominantes. Para ello, hay que situarse a unos cuantos metros de distancia de un árbol, medir la distancia, y con el clinómetro medir el ángulo que forma la copa respecto de la horizontal. Mediante trigonometría se calcula la altura del árbol.
4. Con el calibre forestal, medir el diámetro a la altura del pecho (establecido a 1,3 m del suelo) de todos los árboles de diámetro mayor de 10 cm. Marcar cada árbol con la pintura en *spray* (o cualquier otra marca) conforme se mide, para evitar repeticiones. Es importante poner las marcas siempre de forma sistemática (a la misma altura, orientándola siempre hacia el lado opuesto al río, etc.). En zonas donde los árboles son muy grandes se mide su circunferencia, no su diámetro. Si hay árboles con contrafuertes (típicos en selvas tropicales), se puede estimar visualmente el diámetro a mayor altura. Identificar la especie de árbol.
5. Calcular el área basimétrica como indicador de la densidad de arbolado. Para ello, se calcula la superficie del círculo que forma cada tronco a 1,3 m del suelo, se suma la superficie de todos los troncos, y se divide por la superficie total de la parcela (unidades, m<sup>2</sup>/ha).
6. Medir la abundancia de plántulas de árboles. Para ello, seleccionar al azar tres parcelas de 100 m<sup>2</sup>, y en cada una de ellas identificar la especie de todas las plántulas y medir su diámetro en la base y a 50 cm de altura.
7. Medir la cantidad de madera muerta, distinguiendo los árboles muertos en pie de aquellos que forman parte de la madera caída. Para los árboles muertos en pie, se mide su diámetro a la altura del pecho, y se estima su altura. Para los árboles caídos se miden los diámetros de los dos extremos y la longitud de todos los troncos mayores de 10 cm de diámetro y de 1 m de longitud. Calcular el volumen suponiendo que los troncos tienen forma de troncocono.
8. Visualmente, estimar la frecuencia de árboles con oquedades.
9. En algunos tipos de bosque, puede ser interesante medir la abundancia de formas especiales de plantas: epífitos, lianas, etc.

## OTRAS CONSIDERACIONES

La vegetación de ribera suele tener una fenología muy marcada, por lo que conviene estudiarla en la época más favorable. En zonas de vegetación caducifolia lo más adecuado es el final de la primavera, aunque si interesa la vegetación herbácea puede haber épocas más interesantes.

## 17.2. Bibliografía

- BRUNET R.C., PINAY G., GAZELLE F, y ROQUES L. «Role of the floodplain and riparian zone in suspended matter and nitrogen retention in the Adour river, South-West France». *Regulated Rivers: Research and Management* 9 (1994): 55-63.
- GARCÍA DE JALÓN D., GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M., LARA F., y GARILLETI R. «Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la Directiva Marco del Agua». *Ingeniería Civil* 143 (2006): 97-108.
- GREGORY S., BOYER K., y GURNELL A., eds. *The ecology and management of wood in world rivers*. Bethesda: American Fisheries Society, 2003.
- HARMON M.E., FRANKLIN J.F., SWANSON F.J., SOLLINS P., GREGORY S.V., LATTIN J.D., CUMMINS K.W., ANDERSON N.H., CLINE S.P., AUMEN N.G., SEDELL J.R., LIENKAEMPER G.W., y CROMACK K. JR. «Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems». *Advances in Ecological Research* 15 (1986): 133-302.
- JOHNSON S.L., y JONES J.A. «Stream temperature responses to forest harvest and debris flows in Western Cascades, Oregon». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57 (2000): 30-39.
- MUNNÉ A., SOLÀ C., y PRAT N. «Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera». *Tecnología del Agua* 175 (1998): 20-37.
- NAGLER P.L., CLEVERLY J., GLENN E., LAMPKIN D., HUETE A., y ZHENGMIN G W. «Predicting riparian evapotranspiration from MODIS vegetation indices and meteorological data». *Remote sensing and Environment* 94 (2005): 17-30.
- NAIMAN R.J., y DÉCAMP S. H. (eds.). *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones*. Man and Biosphere Series, 4, Parthenon, UNESCO, 1990.
- PETERJOHN W.T., y CORRELL D.L. «Nutrient dynamics in an agricultural watershed: Observations on the role of a riparian forest». *Ecology* 65 (1984): 1466-1475.
- SAUNDERS D., y HOBBS R. «Nature conservation 2: The role of corridors». Chipping Norton, Australia: Surrey Beatty, 1991.
- SWEENEY B., BOTT T., JACKSON J., KAPLAN L., NEWBOLD J., STANDLEY L., HESSION W., y HORWITZ R. «Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of ecosystem services». *Proceedings of the North American Academy of Sciences* 101 (2004): 14132-14137.
- WARDS T.A., y ATWILL E.R. *Visual assessment of riparian health*: University of California. Division de Agriculture and Natural Resources: 23, 2003.