

El material leñoso en los cauces: Importancia, cuantificación y gestión



Mao L.¹, Comiti F.¹, Andreoli A.¹⁻², Lenzi M.A.¹

¹ Departamento Territorio y Sistemas Agro-Forestales, Universidad de Padova (Italia)

² Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente, Universidad de Concepción (Chile)

CONTENIDOS

Objetivos	1
1. ¿Qué es y qué funciones ejerce el material leñoso en los cauces?	2
1.1. ¿Cómo se presenta el material leñoso en los cauces?	2
1.2. Cómo el material leñoso influencia la forma y los procesos de los cursos de agua	3
1.3. La importancia ecológica del material leñoso en los cauces	3
1.4. Otras ventajas	4
1.5. Desventajas originadas por la presencia de material leñoso en los cauces	4
2. ¿Cómo se mide la cantidad de material leñoso en los cauces?	5
2.1. En los ríos de montaña	5
2.2. En grandes ríos pedemontanos y de llanuras	6
2.3. ¿Qué más merece ser medido?	7
3. ¿Qué hacer con el material leñoso en los cauces?	8
3.1. Obras de retención	8
3.2. Gestión de la vegetación ribereña	9
4. ¿El retorno del material leñoso a los ríos?	10
5. Bibliografía	11
6. Para saber más...	12

OBJETIVOS

Este documento se propone de introducir el lector al tema de la presencia del material leñoso en los cauces fluviales. Serán ilustrados los elementos básicos para la comprensión de la dinámica del material leñoso, de su importancia bajo el punto de vista funcional y ecológico, y de las posibles desventajas originadas por su presencia en los cauces. El documento aborda además la problemática de la medición y de la cuantificación del material leñoso. El lector aprenderá las técnicas de levantamiento de campo adoptadas a los casos de pequeños ríos de montaña y de ríos de llanura. Se ilustrará también la técnica de levantamiento fotogramétrica, más bien adecuada al caso de ríos pedemontanos a canales múltiples. A continuación serán ilustradas las distintas obras hidráulicas que pueden ser utilizadas para la retención de material leñoso transportado por las avenidas. Al lector serán proporcionados los conocimientos básicos para la elección de los tipos de obras más aconsejables a casos específicos, variables desde torrentes de alta pendiente a ríos de llanura. Finalmente, serán ilustradas las nuevas tendencias y líneas estratégicas relacionadas con la gestión integrada y sostenible de ríos y con las necesidades de nuevas técnicas de restauración fluvial.

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión

1. ¿Qué es y qué funciones ejerce el material leñoso en los cauces?

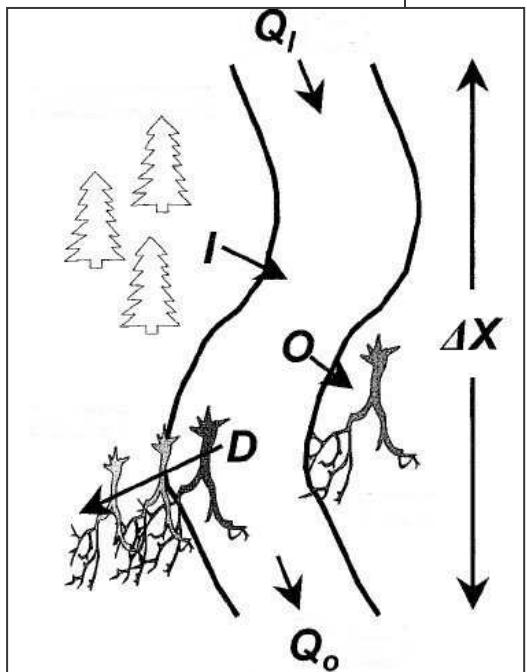


Fig. 1. - Dinámica del material leñoso en los cauces (Modificado de Martin & Benda, 2001).

1.1. ¿Cómo se presenta el material leñoso en los cauces?

La vegetación arbustiva y arbórea que vive alrededor de los cauces puede, por mortalidad natural o por causa de erosiones de orillas, llegar a los cursos de agua en forma de material leñoso. El material leñoso de longitud mayor de 1 m y diámetro mayor de 10 cm es corrientemente llamado, en la terminología anglosajona, *large wood*. El material leñoso en los cauces está sujeto a procesos naturales de degradación por efecto de los elementos físicos (roturas, humedad, ...) y biológicos (insectos, hongos, ...). Además, el material leñoso puede ser transportado aguas abajo por efecto de las avenidas. Se entiende entonces que abundancia y dinámica del material leñoso en los cauces son muy variables, y dependen de las condiciones climáticas de crecimiento de la vegetación arbórea ribereña y de la degradación del material, además del acaecimiento de avenidas y de la tipología fluvial. Esquemáticamente, es posible pensar a la presencia y a la dinámica del material leñoso en los cauces como a un proceso similar a aquel de los sedimentos. De hecho, así como para los sedimentos, en un cierto tramo existen: input de material desde aguas arriba (Q_i); output por transporte aguas abajo (Q_o); áreas surgentes de material leñoso como los bosques ribereños (I) y áreas de acumulaciones temporáneas (O) (Fig. 1). Además, existe una particular forma de salida (output) del material leñoso: su degradación natural (D).

El material leñoso en los cauces está sujeto a la capacidad de las avenidas de transportarlo aguas abajo. Es intuitivo imaginar que troncos muy largos son más difíciles de ser transportados, especialmente en ríos pequeños y estrechos de montaña, donde se encuentran muchos troncos de gran tamaño. Por el contrario, en los grandes y anchos ríos de llanura, el límite para el transporte son avenidas con calado suficiente a permitir la flotación del material leñoso. De esta manera, se verifica una

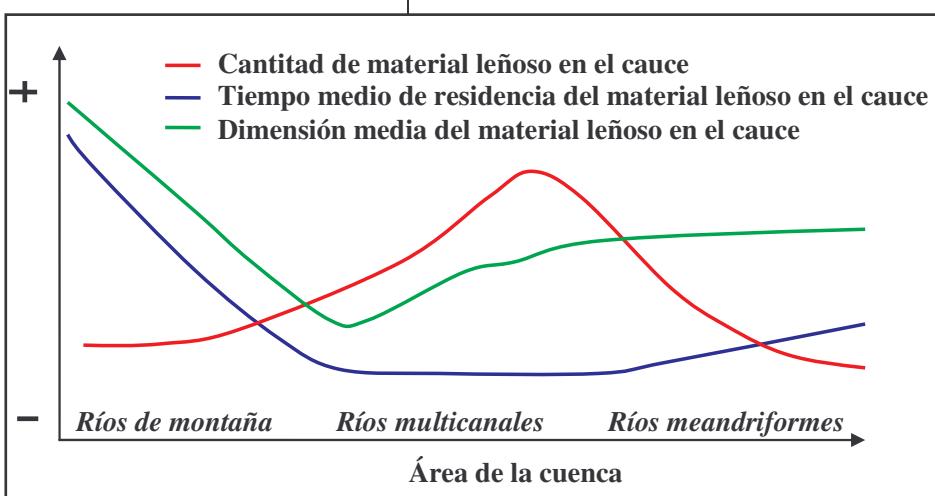


Fig. 2. - El material leñoso a lo largo de un sistema fluvial (Modificado de Piegay, 2003).

segregación de las características dominantes de dimensiones, cantidades y tiempos de residencia del material leñoso en ríos con diferentes características morfológicas (Fig. 2). Esta diferencia en las tipologías dominante de transporte, implica que el material leñoso puede ser acumulado en modo diferente en los distintos cursos de agua.

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión



Fig. 3. - Acumulación de material leñoso en un río de montaña.



Fig. 4. - El material leñoso en un río de grava.

1.2. Cómo el material leñoso influencia la forma y los procesos de los cursos de agua

Cuando un árbol o una porción del mismo cae o es trasladado a un río y se deposita en el mismo curso o en sus orillas, empieza a funcionar como un rastrillo, el cual retiene otro material flotante más pequeño. Por otra parte, si el elemento es suficientemente pequeño, y puede ser transportado aguas abajo por efecto de las avenidas, tenderá a acumularse en particulares tramos del río. La tendencia del material flotante a detenerse por efecto de otros troncos o grandes rocas, es más evidente en cursos de agua de montaña donde el transporte de los elementos de mayor tamaño es ocasional. En los torrentes con pendiente alta y ancho limitado, a veces las acumulaciones de material leñoso ocupan toda la sección del cauce creando verdaderos "diques" (Fig. 3).

En ríos de zonas pedemontanas y de llanura, donde se reduce la pendiente y el cauce se ensancha, el material leñoso, en cambio, se dispersa en el lecho (Fig. 4), o tiende a acumularse en posiciones particulares, como aguas arriba de islas o en correspondencia de curvas de meandros. Los investigadores Abbe y Montgomery (2003), entre otros, han clasificado distintas tipologías de acumulaciones de material leñoso en los cauces y, sobretodo, han relacionado su presencia a ciertas características de formas y procesos fluviales.

Cuando está organizado en acumulaciones, el material leñoso en el cauce influencia fuertemente la morfología del mismo, y consecuentemente sus procesos morfodinámicos. La presencia de acumulaciones aumenta la resistencia al flujo del agua, disminuye la velocidad de la corriente aguas arriba de estas estructuras y confina la corriente en espacios restringidos. Este efecto de concentración de la corriente produce erosión localizada y origina una diversificación morfológica del curso de agua, creando pozas, favoreciendo la oxigenación del agua, acumulaciones de sedimentos, ensanchamientos del cauce, etc.

1.3. La importancia ecológica del material leñoso en los cauces



Fig. 5. - El material leñoso crea habitats importantes para la fauna (Fuente: WAWRC, 2000).

Muchas de las ventajas proporcionadas por la presencia de material leñoso en los cauces son intuitivas y pueden ser fácilmente percibidas observando un río desde su orilla. El efecto de mayor relieve está determinado por el aumento de la complejidad morfológica, que produce diversificación de habitats y consecuentemente diversidad biológica.

El material leñoso proporciona espacios y potencialidad de vida para muchos organismos acuáticos, a partir de los macroinvertebrados hasta los peces, que de estos macroinvertebrados se alimentan (Fig. 5). Además de alimentarse, alrededor de las acumulaciones de material leñoso, los peces encuentran sitios de "siesta" en las pozas, y sitios de protección de los predadores aéreos. Más importante aún, es que en las pozas los peces pueden permanecer vivos durante los períodos secos del año y encontrar áreas de protección durante las avenidas.

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión

Muchas investigaciones científicas han demostrado que una mayor presencia de material leñoso en los cauces aumenta la abundancia y la diversidad de peces en los ríos, ya sea en los pequeños ríos de montaña como en los grandes ríos de llanura.

En general, el material leñoso tiene un rol fundamental en la creación, sustentación y diversificación de cadenas y redes tróficas. En su conjunto, el efecto del material leñoso es el de aumentar el poder de autodepuración de los cursos de agua, y el de reducir la carga de nutrientes que llegan a los estuarios y deltas.

1.4. Otras ventajas



Fig. 6. - Retención de sedimentos aguas arriba y creación de una poza aguas abajo de una acumulación de material leñoso.

Además de proporcionar el medio físico y funcional para la sustentación de una rica cadena trófica y aumentar substancialmente la biodiversidad de los cursos de agua, el material leñoso en los cauces proporciona otras ventajas:

- El material leñoso organizado en acumulaciones reduce las erosiones del lecho del cauce y estabiliza las orillas;
- Las acumulaciones de material leñoso crean un remanso aguas arriba que facilita la sedimentación y retención de los sólidos transportados por la corriente (Fig. 6);
- Creación de pozas aguas abajo de las acumulaciones (Fig. 6);
- Aumento de la resistencia al flujo. Este efecto contribuye a disminuir la capacidad de transporte sólido de la corriente y a laminar las avenidas aumentando los tempos de concentración y de propagación.

1.5. Desventajas originadas por la presencia de material leñoso en los cauces



Fig. 7. - Los troncos acumulados aguas arriba de un puente han causado su rotura (Fuente: Bradley *et al.*, 2005).



Fig. 8. - Troncos transportados por la avenida del Noviembre de 1966 en Caprile (BL, Italia)

El material leñoso es un elemento que participa naturalmente a la dinámica morfológica y al funcionamiento mismo de un sistema fluvial no influenciado por la presencia del hombre. Desde cuando las primeras civilizaciones han iniciado a establecer sus ciudades y actividades alrededores de los ríos, han iniciado a modificarlos para el uso de sus recursos (agua, gravas, bosques ribereños) y para protegerse de sus avenidas. Hoy en día en muchas áreas de nuestro planeta el hombre ha reducido el espacio a disposición para la natural dinámica de expansión lateral y divagación de los ríos que, en correspondencia de las avenidas, tienden a retomar esos espacios que son naturalmente de su pertinencia. En el esfuerzo de contener los ríos en espacios reducidos, todos los elementos naturales "incómodos", como la vegetación arbórea viva y el material leñoso tienden a ser removidos por ser potencialmente peligrosos. De hecho, el material leñoso puede obstruir puentes (Fig. 7) o secciones transversales muy estrechas, causando inundaciones (Fig. 8). Para contrastar estas posibles fuentes de daños a centro urbanos y redes de infraestructuras se puede intervenir con acciones indirectas (gestión de la vegetación en los cauces) o directas (a través de obras). El material leñoso en los cauces no es peligroso en sí mismo, sino que su peligrosidad deriva de la tendencia humana a quitar a los ríos espacios que naturalmente le pertenecerían.

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión

2. ¿Cómo se mide la cantidad de material leñoso en los cauces?

2.1. En los ríos de montaña



Fig. 9. - Operadores en una gran acumulación de material leñoso en un pequeño río de la Xº Región Chilena (Malalcahuello).



Fig. 10. - Un único elemento leñoso transversal a la corriente forma un escalón o *log step*.

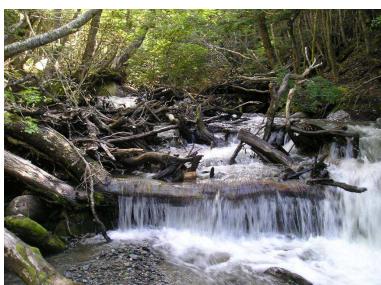


Fig. 11. - Grandes acumulaciones de elementos leñosos en el cauce se definen *valley jams*.

De lo expuesto en el capítulo anterior se destaca la importancia ecológica y también los potenciales peligros de la presencia del material leñoso en los cauces. Es natural entonces preguntarse cuánto material puede ser "aceptado" en el cauce y qué hacer si se cree que la cantidad presente no es compatible con las condiciones de seguridad del río. Es evidente entonces la necesidad de medir la cantidad de material leñoso presente en el río, y es también evidente que las metodologías a adoptar dependerán de la tipología del río.

En pequeños ríos de montaña, donde el ancho es inferior a ~ 20 m, el único método de estimación de la cantidad de material leñoso es la medición directa. La medición puede ser total (o sea prever mediciones en toda la longitud del río) o parcial, con muestreos casuales. En este último caso, es necesario elegir previamente la dimensión de los tramos a medir y su distribución espacial. En estos tramos (de longitud ~ 50-100m) se procederá a la medición de la longitud y del diámetro (al centro del tronco) de cada elemento singular leñoso con longitud mínima 1 m y diámetro mínimo 10 cm (Comiti *et al.*, 2006). En las mediciones se usará una cinta métrica y una forcípula forestal. Para un levantamiento más detallado, será tarea del operador anotar informaciones suplementarias acerca del origen (transportados desde aguas arriba o no), la posición (dentro o en las márgenes del cauce), la orientación (paralelo o transversal a la corriente), el grado de libertad (libre o vinculado), el estado de degradación del tronco, y la presencia de ramas o raíces. Dado que en la mayoría de los casos los troncos no se encuentran aislados sino acumulados, la medición de cada elemento constituyente un grupo no es siempre fácil, por evidentes problemas logísticos (Fig. 9). De todas formas, el objetivo es el de medir las dimensiones geométricas de la acumulación (altura H, ancho B, y largo L) asumiendo una forma de paralelepípedo. El volumen de cada acumulación leñosa se estimará como $V=H*B*L$. A este volumen "lleno" será necesario quitar el volumen de los espacios vacíos (o sea la porosidad). La estimación de la porosidad de las acumulaciones no es simple (se tendrían que medir los volúmenes reales de varias acumulaciones) pero se puede, en una primera aproximación, cuantificar entre 10 y 20 % (Thévenet *et al.*, 1998; Andreoli *et al.*, 2007). Es oportuno también clasificar las acumulaciones según un criterio standard, como el de Abbe y Montgomery (2003), que distingue tres tipos de acumulaciones dependiendo del origen de sus elementos: autóctonos (elementos clave no transportados desde aguas arriba), de transporte (elementos clave transportados) y acumulaciones mixtas. Aunque esta metodología sea más compleja e implique un segundo nivel de clasificación, en esta sede se recuerdan dos tipologías típicas de ríos de montaña, como el *log step* (elemento clave autóctono caído desde las márgenes y formando un escalón, Fig. 10) y el *valley jam* (acumulación muy grande de ancho igual o mayor al ancho del cauce, (Fig. 11).

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión

2.2. En grandes ríos pedemontanos y de llanuras



Fig. 12. - Aspecto de un río de gravas a canales múltiples (Fiume Tagliamento, Italia).

Cuando las valles se ensanchan, los ríos se presentan con menor pendiente y más anchura. En estos tramos el lecho es usualmente de grava y arena, hay deposición de sedimentos y material leñoso (Fig. 1) y se pueden formar islas arbóreas (Fig. 12). Dada la anchura de ríos de este tipo (hasta mas de 1 Km), la medición manual de todos los troncos presentes en un cierto tramo es un trabajo dispendioso y poco factible. En estas condiciones puede ser abordable el levantamiento manual de todos los elementos orgánicos que se encuentran en una faja de 50-100 m alrededor de una cierta sección transversal (Fig. 13). En este modo se puede realizar un muestreo transversal al cauce, considerando al mismo tiempo (y eventualmente en modo segregado) distintas unidades morfológicas típicas de estos cauces (canales principales y secundarios, barras, islas y planicie de inundación).

La medición de cantidades de material leñoso en distintas porciones del lecho es importante porque en ríos de este tipo, la variabilidad espacial de la abundancia del material leñoso puede ser muy elevada (Fig. 13). Por

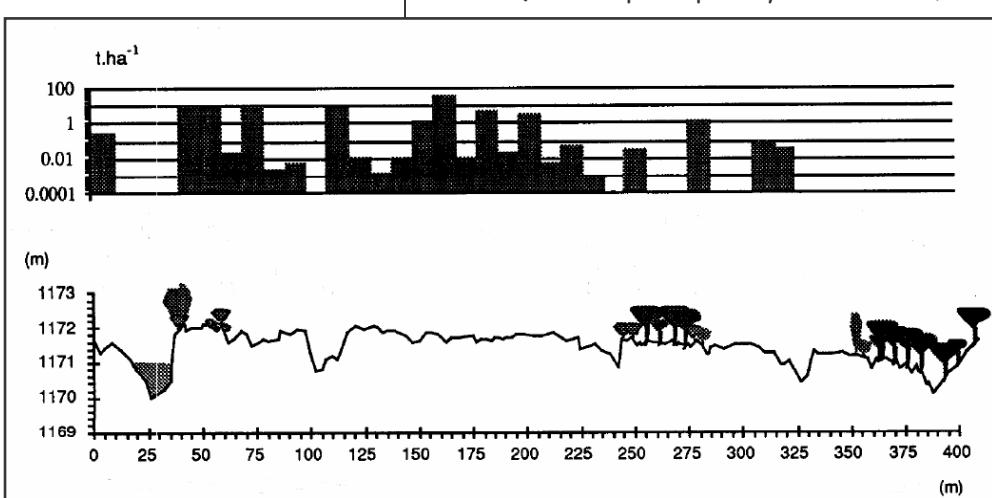


Fig. 13. - Muestreo por faja alrededor de una sección transversal (Modificado de Piegay & Gurnell, 1997).

esta razón, al fin de cuantificar con una buena aproximación los volúmenes de material leñoso en un cauce ancho, es aconsejable realizar varios muestreos transversales (separados de 2-3 km). En ríos muy anchos con grandes espacios ocupados por elementos

sedimentarios y con poca cubierta arbórea (Fig. 12), donde la morfología es dominada por canales múltiples (Fig. 14) ha sido recientemente aplicada con éxito una nueva técnica de muestreo por

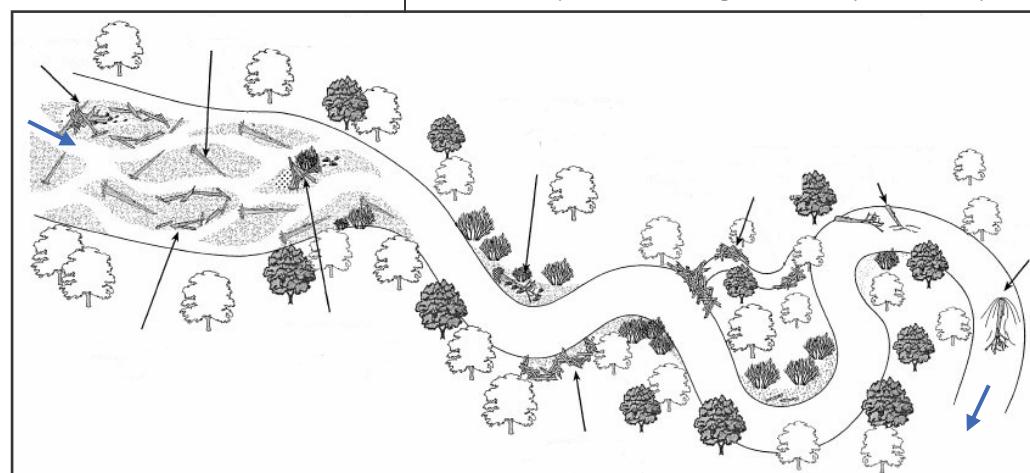


Fig. 14. - Distintos tipos de acumulaciones de material leñoso en tramos a canales múltiples y sinuosos de un río de llanura (Modificado de Gurnell *et al.*, 2002).

interpretación fotogramétrica. Este puede ser total o parcial (por ejemplo considerando tramos diferenciados por morfología dominante o elegidos con muestreos casuales), y prevé la interpretación de fotografías aéreas de la superficie del cauce. Las fotos a usar deberán tener una buena resolución (píxeles de

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión



Fig. 15. - Aplicación del método de levantamiento fotogramétrico.

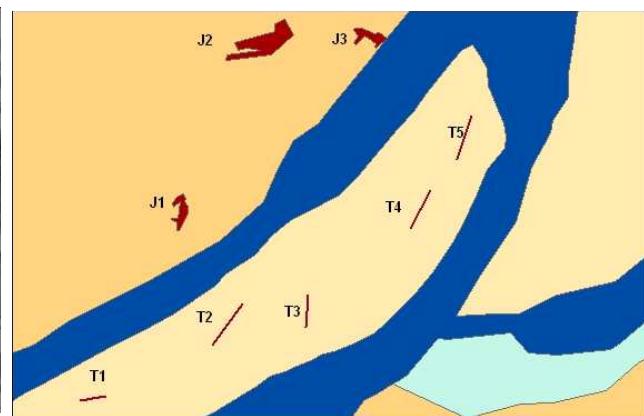


Fig. 16. - Acumulaciones de material leñoso bajo la cubierta de vegetación de una isla.

2.3. ¿Qué más merece ser medido?



Fig. 17. - Levantamiento del perfil longitudinal de un río de montaña, con medición de la excavación aguas abajo de un escalón.



dimensión mínima 10 cm), lo que depende de la cota de vuelo, de la calidad de la foto digital adquirida, y de la dimensión mínima de los troncos a medir (Fig. 15). Operando en ambiente SIG, será posible identificar todos los troncos aislados y las acumulaciones, trazar sus perfiles y determinar sus dimensiones planimétricas (Fig. 15). Este método necesita de una calibración de campo a través de una comparación con muestreos manuales (sobre todo para la determinación de las alturas medias de las acumulaciones y de los errores cometidos) pero se ha demostrado razonablemente aplicable en ríos de gravas para la estimación del volumen de material leñoso en el cauce. El método fotográfico no es aplicable en ríos sinuosos (Fig. 14), ya que el material leñoso tiende a acumularse en las orillas del cauce bajo la cubierta arbórea ribereña, no visible desde una fotografía aérea. El mismo problema se presenta también en ríos a canales múltiples en el caso de las acumulaciones de material leñoso localizadas bajo la cobertura arbórea de las islas (Fig. 16).

Si el objetivo del levantamiento de campo, además de la mera cuantificación de la abundancia de material leñoso en los cauces, es una investigación más detallada, con recogida de datos para una comprensión de la forma y de los procesos dominantes en el sistema fluvial en su conjunto, será oportuno recuperar otras informaciones adicionales como:

- Medición del perfil longitudinal, del cual es posible calcular la pendiente del canal y describir las formas de fondo y las pozas (Fig. 17);
- Medición de secciones transversales e identificación en campo del nivel de avenida ordinaria (*bankfull discharge*). La determinación del valor del ancho medio del cauce es también útil, pues el volumen de material leñoso en los ríos se expresa

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión

normalmente en términos unitarios (por unidad de superficie de cauce activo).

- Medición de la granulometría superficial del cauce para la estimación de la rugosidad y del transporte sólido.

3. ¿Qué hacer con el material leñoso en los cauces?

3.1. Obras de retención



Fig. 19. - Contrafuerte central de un dique a cable en el Río Sarca (Italia).

En algunas circunstancias, después de la cuantificación de la cantidad de material leñoso en el cauce y de la estimación de la cantidad de vegetación ribereña y forestal que podría potencialmente ser erosionada y transportada aguas abajo por una avenida extraordinaria, se podría llegar a hipotizar que esa cantidad es peligrosa en algunas secciones críticas, puentes u otras actividades antrópicas próximas al mismo río. En este caso las posibles estrategias de acción contemplan, por un lado, intervenciones directas con obras de retención del material leñoso y, por el otro, la adopción de instrumentos indirectos tal como la gestión adecuada de la vegetación ribereña y del material leñoso.

Si los elementos antrópicos vulnerables sujetos al peligro proporcionado por el transporte de troncos son localizados y puntuales (puentes, estrechamientos, pasajes cerca de centros habitados), puede ser conveniente intervenir construyendo obras de captura y retención de material flotante directamente aguas arriba de estos puntos sensibles.

En pasajes muy estrechos, como las alcantarillas en los terraplenes de las carreteras y ferrocarriles, es aconsejable posicionar estructuras metálicas de retención del material leñoso aguas arriba de las mismas (Fig. 17). Si el ancho del cauce es superior a 10 m, es necesario recurrir a la construcción de obras hidráulicas de mayor envergadura (diques). Los primeros diques adoptados para la retención de material leñoso fueron construidos en el área Alpina europea a partir de la mitad del siglo pasado, y derivaban sustancialmente de obras abiertas filtrantes para la retención de sólidos transportados al fondo. En una posterior evolución de la técnica de construcción, se modificaron obras pensadas para contener la fuerza impactante de coladas detriticas. En estas tipologías de diques selectivos se incorporaron filtros con doble o triple inclinación, para permitir la acumulación del material flotante en la parte alta del dique, de modo que la parte baja pudiera seguir ejerciendo su efecto selectivo en relación al material sólido transportado al fondo (Fig. 18).

Entre las obras proyectadas para la retención del material flotante (Fig. 19) hay varias tipologías, que tienen un campo de aplicación que depende del área de la cuenca vertiente (o del caudal de proyecto) y de la cantidad de material leñoso (en m^3 por metro de ancho del



Fig. 17. - Estructura metálica de protección de alcantarillas (Fuente: Bradley *et al.*, 2005).



Fig. 18. - Dique selectivo con filtros a múltiple inclinación en el Río Fumola (Italia).

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión

cauce) que la obra debe retener (Fig. 20). Para ríos que drenan pequeñas cuencas de montaña, son indicadas obras poco impactantes como los diques de red (Fig. 20a),

que son eficaces también en la contención de coladas detríticas. Para cursos de agua más anchos y con menor pendiente, se aconsejan los diques a rastrillo, pues son capaces de retener los troncos y tienen poco efecto en el transporte sólido (Fig. 20b). Para situaciones donde la cantidad de material leñoso a retener es potencialmente superior a 80 m³ por metro

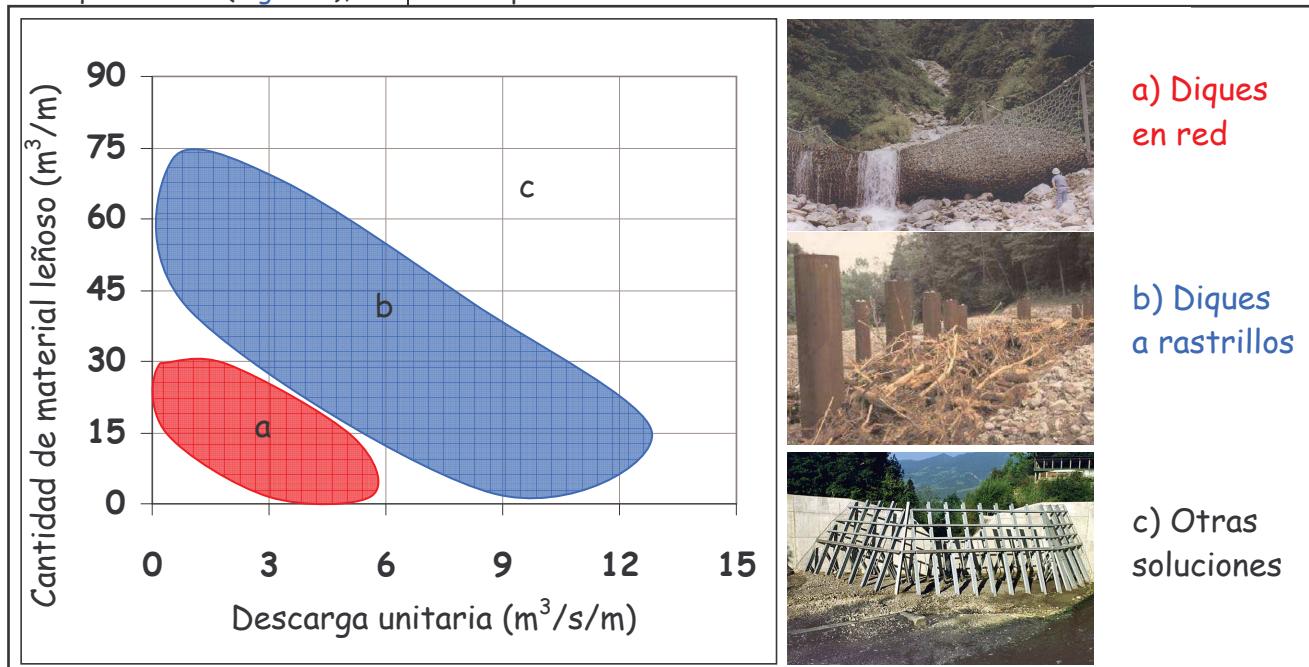


Fig. 20. - Campo de utilización de estructuras para la retención de material leñoso (Modificado de Rimböck, 2004).

3.2. Gestión de la vegetación ribereña

de anchura del canal, es aconsejable intervenir con obras particulares como filtros diseñados para ser instalados aguas arriba de diques a fisura (Fig. 20c) o diques a cable (Fig. 19) en el caso de ríos muy anchos ($> 20-30$ m) y con pendiente inferior al 1%. Los diques a cable son una de las obras más innovadoras para estas particulares aplicaciones, dado el muy bajo impacto ambiental y paisajístico y la gran eficiencia de captura del material flotante (Fig. 19). La obra está constituida por un contrafuerte puesto en el centro del cauce y de cables fijados en las orillas del río y en el contrafuerte. El material flotante es capturado por los cables, dirigido hacia los márgenes y allí puede ser recuperado durante o después de una avenida con el auxilio de máquinas operadoras.

En el pasado, las autoridades de gestión de los ríos interpretaron el concepto de manejo del cauce como sinónimo de "limpieza" del mismo que, a menudo, se realizaba como corte de toda la vegetación arbórea y remoción del material leñoso desde el lecho. La tendencia era la de entender el río mas bien como una "autopista para el flujo" que como un complejo y frágil sistema ecológico-funcional que mejor funciona y

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión

se sustenta si se le deja el espacio para encontrar y mantener su propio equilibrio. Hoy en día, esta creciente conciencia está estimulando la tendencia a mantener en los cauces la vegetación ribereña y el material leñoso. De hecho, los gastos de manutención de la vegetación en los ríos son muy altos, y no garantizan frente a eventos extraordinarios la completa seguridad hidráulica; ya que pueden ser activadas imprevisibles surgentes de material leñoso y los troncos de mayores dimensiones pueden ser transportados aguas abajo por distancias considerables (hasta decenas de km). Estas evidencias llevan a la conclusión que, desde el punto de vista funcional y económico, el modo mejor de abordar el problema es el de apartar los elementos vulnerables alrededor del río del peligro.

4. ¿El retorno del material leñoso a los ríos?

Fig. 21. - Esquemas de recuperación fluvial a través de la introducción natural o artificial de material leñoso en un cauce. Tipificación del estado anterior (1), de realización (2) y después de la recuperación (3) (Fuente: Gerhard & Reich, 2000).

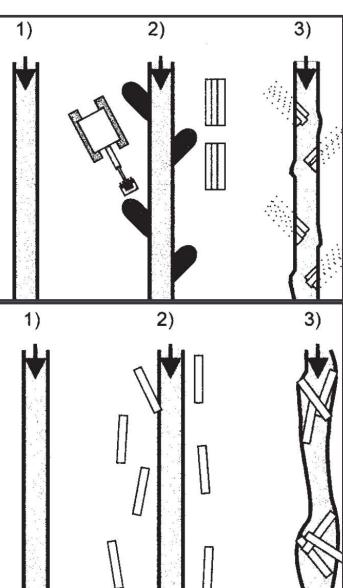
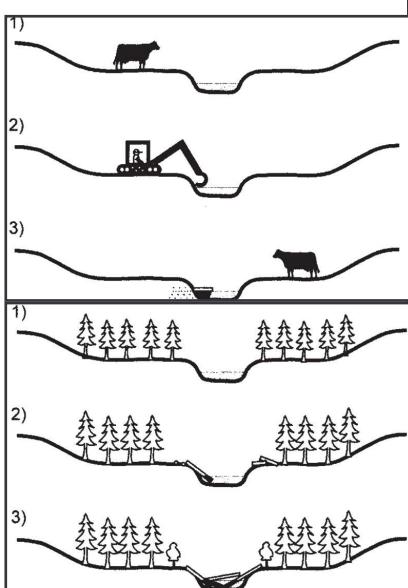


Fig. 22. - Defensa de una orilla en erosión a través de cepas y troncos ligados con cadenas (Hoh River, Washington, EE.UU.).

Si esto no fuera posible, es entonces mas aconsejable defender puntualmente a través de obras de retención del material las áreas vulnerables. En breve, usando la paradoja de Benke *et al* (1985): "*No obstante en algunas situaciones pueda ser necesario remover el material leñoso para evitar la formación de oclusiones, la manera mas sabia de manejar el cauce es la de no manejarlo*".

Si bien algunos ríos en el mundo se han mantenido relativamente naturales e intactos, la gran mayoría de los demás están muy lejos de un estado de completa naturalidad. Esta condición ha llevado a la pérdida de la estabilidad morfológica, de la población de peces y del poder de auto depuración de los ríos. Además, después de una historia de gestión entendida como "defensa contra los ríos" se empieza a intuir que todos los gastos económicos y las inversiones realizadas, no han llevado a una disminución del riesgo hidráulico, sino muchas veces a su aumento. En este contexto, la línea operativa actual es la de intentar recuperar y restaurar los ríos, y es ya una

realidad la reintroducción del material leñoso en los cauces para la defensa de orillas, diversificación morfológica y creación de nichos ecológicos. Esta operación ha ya demostrado de poder aumentar la estabilidad y también la biodiversidad de los cursos de agua. Si es posible, se pueden usar troncos recuperados del mismo río; en caso contrario, los troncos pueden ser trasladados desde otros sitios



El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión

cercanos (Fig. 21). Los troncos pueden ser dejados libres de organizarse por sí mismos en el cauce, si aguas abajo no hay puentes o sitios vulnerables (Fig. 21). Si esto no fuera posible, se pueden armar o ligar con cadenas los troncos a las orillas del cauce (Fig. 21 y 22). En general, la aplicación de estas técnicas de recuperación fluvial dejan un cierto espacio para una libre

interpretación de la intervención por parte del operador, pero es importante seguir algunas indicaciones, cuales:

- No obstruir la sección transversal por mas del 10%;
- Usar ríos cercanos del mismo tamaño y morfología (y en condiciones "naturales") para estimar la cantidad de material leñosos potencialmente presente en el cauce;
- Es preferible usar árboles recogidos en áreas cercanas, o por lo menos árboles de la misma especie, y es preferible usar trozos de varios tamaños para aumentar la creación de varios hábitat;
- Es fundamental monitorear las intervenciones en el tiempo para mejorar su funcionalidad y las futuras intervenciones.

5. Bibliografía

Abbe TB, Montgomery DR. 2003. Patterns and process of wood debris accumulation in the Queets River basin, Washington. *Geomorphology*, 51, 81-107.

Andreoli A, Comiti F, Lenzi MA. 2007. Characteristics, distribution and geomorphic role of large woody debris in a mountain stream of the Chilean Andes. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 1675-1692.

Comiti F, Andreoli A, Lenzi MA, Mao L. 2006. Spatial density and characteristics of woody debris in five mountain rivers of the Dolomites (Italian Alps). *Geomorphology*, 78, 44-63.

Bradley JB, Richard DL, Bahner CD. 2005. Debris control structure - Evaluation and countermeasures. *Hydraulic Engineering Circular 9*. Third edition. Report n° FHWA-IF-04-016. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, pp. 179.

Martin DJ, Benda LE. 2001. Patterns of instream wood recruitment and transport at the watershed scale. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130, 940-958.

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión

Gerhard M, Reich M. 2000. Restoration of streams with large wood: Effects of accumulated and built-in wood on channel morphology, habitat diversity and aquatic fauna. *International Review Hydrobiology*, 85(1), 123-137.

Gurnell AG, Piégay H, Swanson FJ, Gregory SV. 2002. Large wood and fluvial processes. *Freshwater Biology*, 47(4), 601-619.

Piégay H. 2003. Dynamics of wood in large rivers. In: *The Ecology and Management of Wood in World Rivers*. Gregory S, Boyer K, Gurnell AG (eds), American Fisheries Society, 37, pp. 109-133.

Piégay H, Gurnell AM. 1997. Large woody debris and river geomorphological pattern: examples from S.E. France and S. England. *Geomorphology*, 19, 99- 116.

Rimbock A. 2004. Design of rope net barriers for woody debris entrapment. Introduction of a design concept. Proc. Interpraevent Symposium, May 2004, Riva del Garda, TN, Italy.

Thévenet A, Citterio A, Piégay H. 1998. A new methodology for the assessment of large woody debris accumulations on highly modified rivers (example of two French piedmont rivers). *Regulated Rivers: Research and Management*, 14, 467-483.

WAWRC (Western Australia Water and Rivers Commission). 2000. The value

of large woody debris (snags). *Water Notes*, 4 pp.

6. Para saber más...

Andreoli A, Carlig G, Comiti F, Iroumé A. 2007. Residuos leñosos de gran tamaño en un torrente de la Cordillera de Los Andes, Chile: su funcionalidad e importancia. *Bosque*, 28(2), 83-96.

Comiti F, Andreoli A, Mao L, Lenzi MA. 2008. Wood storage in three mountain streams of Southern Andes and its hydro-morphological effects. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33, 244-262.

Gregory S, Boyer K, Gurnell AG (Eds.), 2003. *The Ecology and Management of Wood in World Rivers*, Published by American Fisheries Society, USA.

Lenzi MA, Comiti F, Mao L, Andreoli A, Pecorari E, Rigon E, Picco L. 2007. El control de detritos leñosos y el manejo de la vegetación en el cauce. Publicación Especial EPIC FORCE - UNIPD, Deliverable D22, <http://www.tesaf.unipd.it/epicforce/Download.asp>.

El material leñoso en los cauces: importancia, cuantificación y gestión

Lenzi MA, Mao, Rigon E,
Comiti F, Andreoli A, Pecorari
E, Picco L. 2007. Obras de
bajo impacto ambiental
(diques de bloque y de
madera) para la restauración
y la corrección de torrentes.

Publicación Especial EPIC FORCE - UNIPD, Deliverable D21,
<http://www.tesaf.unipd.it/epicforce/Download.asp>.

Mao L, Andreoli A, Comiti F, Lenzi MA. 2008. Geomorphic effects of
large wood jams on a sub-antarctic mountain stream. *River Research
and Applications*, 24(3), 249-266.

Para profundizar el tema del rol y manejo del material leñoso en los cauces, más informaciones y documentos están a disposición en el sitio <http://www.tesaf.unipd.it/epicforce/project.asp>.

La realización de este documento ha sido posible gracias al proyecto Europeo EPIC-FORCE, que conjuga esfuerzos de investigación científicas de Universidades Europeas y de América Latina sobre el tema del rol del bosque frente a eventos extremos. Más informaciones sobre las instituciones participantes al proyecto, temas de investigación y resultados obtenidos están a disposición en el sitio <http://www.ceg.ncl.ac.uk/epicforce/index.htm>.