

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL «KIT DE HOJAS PARA ESTUDIAR LA ECOLOGÍA DE LOS RÍOS»

El «Kit de hojas para estudiar la ecología de los ríos» es una valiosa herramienta para establecer las condiciones de referencia en materia de **calidad del agua** y el finalidad periódico de un río local. Para recoger los datos sobre la calidad del agua con el fin de realizar un finalidad, siga las instrucciones del capítulo 2. Para usar el «Kit de hojas para estudiar la ecología de los ríos» en actividades pedagógicas de diseño y métodos experimentales, encontrará más información en el capítulo 3, aunque, de todos modos, cada estudio de **paquetes de hojas** ofrecerá el mismo resultado:

- Entender la estructura y la función de los **macroinvertebrados** de agua dulce dentro de la comunidad de un río.
- Relacionar la abundancia y la variedad de macroinvertebrados de agua dulce que colonizan los **paquetes artificiales de hojas** con:
 - » la calidad del agua;
 - » la influencia del bosque/paisaje circundante;
 - » la salud ecológica general de la comunidad del río.

LA LEAF PACK NETWORK®

En 1989, un científico del Stroud Water Research Center fue invitado a dar una clase sobre ríos en el instituto de su hija. Se le ocurrió que los paquetes de hojas serían una forma sencilla no solo de acercar los macroinvertebrados a la clase, sino también de implicar a los estudiantes. Tenía razón; y así nació la Leaf Pack Network®. La red también comenzó un proyecto piloto del Stroud Center en colaboración con la Hudson Basin River Watch y la Riverkeeper Network. El proyecto recibió el apoyo de una beca de la William Penn Foundation y de un contrato con el departamento de Conservación Medioambiental del estado de Nueva York.

La Leaf Pack Network [LPN] es una red formada por ciudadanos, profesores y estudiantes que están investigando los ecosistemas de sus ríos locales usando paquetes artificiales de hojas. Los métodos e investigaciones de supervisión usan el «Kit de hojas para estudiar la ecología de los ríos» para mejorar el

conocimiento de los ecosistemas de los ríos, aprender los principios científicos y demostrar la importante conexión entre los bosques de ribera y la ecología de los ríos y ríos.

El finalidad con paquetes artificiales de hojas **replica** el proceso natural de las hojas que forman paquetes en los ríos. En pocas palabras, los paquetes artificiales de hojas (hojas secas en una bolsa de malla) se colocan en un río durante tres o cuatro semanas, momento en el que pasan a ser colonizados por macroinvertebrados. A continuación, los participantes cuantifican la abundancia relativa y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos que sabemos que son indicadores de la salud del río.

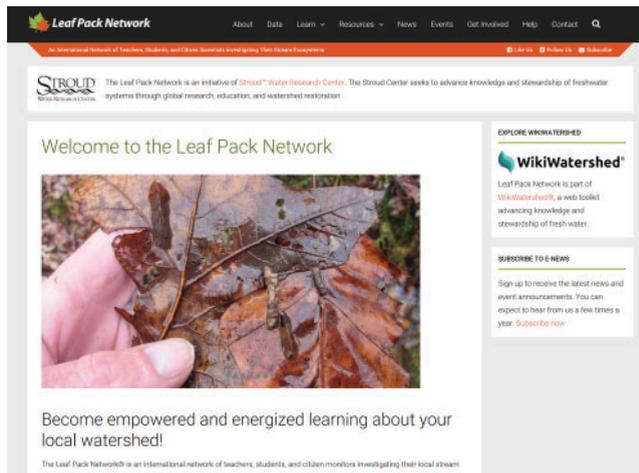
A través de la LPN, la ciudadanía desarrolla una conexión y comprende mejor los problemas que afrontan sus **cuencas** locales, además de conectar y compartir los resultados con otras personas que también están supervisando los ríos con paquetes artificiales de hojas en todo el mundo. Monitores voluntarios, profesores, estudiantes, educadores informales y grupos de conservación a lo largo de los Estados Unidos y de países como Kenia, Perú, Costa Rica, Guatemala, México, China y Canadá han sido formados en los protocolos de la LPN. Utilizada como una herramienta pedagógica, la Leaf Pack Network involucrará a los estudiantes en todo el proceso de diseño de un experimento, realización de una investigación y divulgación y comunicación de los resultados.

Para participar en la Leaf Pack Network, vas a necesitar:

- El manual del usuario y los materiales que se incluyen en el «Kit de hojas para estudiar la ecología de los ríos», o equivalentes.
- Acceso a Internet con un ordenador o un dispositivo inteligente [teléfono o tableta].
- Un río al que se pueda acceder de forma segura.

Se pueden usar los recursos del sitio web de la Leaf Pack Network [<https://leafpacknetwork.org>] para acceder al portal de datos en línea y consultar datos de un río o centro particular, acceder a diferentes recursos para aprender sobre las cuencas, la **biodiversidad** acuática o el análisis de los datos, y explorar enlaces a grupos y organizaciones interesantes que ofrecen información acerca de los ríos y los ríos.

Para obtener información más específica o sobre cómo pasar a formar parte de la Leaf Pack Network, o para conocer la disponibilidad de un taller en tu zona, contacta con el administrador de Leaf Pack: leafpacknetwork@stroudcenter.org.



¿QUÉ ES UN PAQUETE DE HOJAS? - LA RELACIÓN ENTRE ÁRBOLES Y RÍOS

Los ríos y la vida que contienen han evolucionado y cambiado en función de las condiciones forestales. Por ejemplo, la mayoría de los ríos de la zona oriental de los Estados Unidos estaban tradicionalmente en zonas arboladas. La caída de las hojas desde la cubierta forestal ocupaba un lugar muy destacado como recurso alimenticio de los ríos pequeños. Todos los ecosistemas dependen de un suministro estable de energía. La energía solar permite la fotosíntesis que aporta carbono [energía química] para el resto del sistema. Sin embargo, en muchos ríos de las cabeceras de cuenca, la luz del sol no puede alcanzar la superficie del agua debido a la sombra que proyecta la cubierta forestal. Por ello, la mayoría de estos ríos dependen de la caída de hojas durante el otoño para conseguir mucho del carbono que necesitan a lo largo del año.

Las hojas que caen dentro o cerca del río aportan moléculas orgánicas, creando un «té de cuenca» que desciende con la corriente y aporta alimento a lo largo del camino. En la superficie de las hojas hay una gran variedad de microbios [hongos y bacterias] y macroinvertebrados [larvas de insectos, crustáceos, etc.] que «procesan» las hojas y facilitan el flujo de energía por el sistema. La cantidad y variedad de hojas que están a disposición de la comunidad del río están determinadas por la presencia, salud y diversidad de la vegetación [**ribereña**] de las zonas adyacentes.

LOS PAQUETES DE HOJAS COMO HÁBITATS

Muchas hojas que caen o son llevadas por el viento hasta un río flotan corriente abajo y acaban en una roca dentro de un rápido. Los rápidos son zonas de un río en las que el fondo es rocoso y el agua se mueve **rápido**. Las hojas se acumulan detrás de las rocas, formando paquetes naturales de hojas. Los paquetes artificiales de hojas creados con el «Kit de hojas para estudiar la ecología de los ríos» imitan estos Paquetes naturales de hojas. En los paquetes naturales de hojas y artificiales, después de unas semanas de inmersión, las hojas se ponen babosas con la colonización de hongos y bacterias, y, llegado el momento, son colonizadas por los macroinvertebrados.

Los paquetes de hojas ofrecen un **hábitat** importante para los macroinvertebrados en los ríos sanos. Las características físicas del propio río ofrecen muchos tipos diferentes



Figura 1. Paquetes naturales de hojas.

Las hojas que caen en los ríos se acumulan en paquetes detrás de ramas, rocas y otros obstáculos del río, formando paquetes naturales de hojas.

de hábitats que, a su vez, sostienen a macroinvertebrados especializados que ocupan nichos específicos de cada uno de estos hábitats diferentes. Por ejemplo, los rápidos [**zonas rocosas** con un flujo rápido] suelen ofrecer diversos entornos y las aguas rápidas ofrecen un suministro continuo de oxígeno y alimento a los macroinvertebrados. Los hábitats con un fondo lodoso y un flujo lento, como las zonas estancadas, facilitan un hábitat muy distinto; sostienen macroinvertebrados adaptados a estas condiciones específicas y contienen especies diferentes si los comparamos con los macroinvertebrados que vemos en los rápidos. Otros hábitats del río que también se pueden investigar son los fondos arenosos/limosos, las zonas próximas a **márgenes** con vegetación y aquellas otras en las que se acumulan restos leñosos. Cada tipo de hábitat ofrecerá un conjunto único de especies de macroinvertebrados.

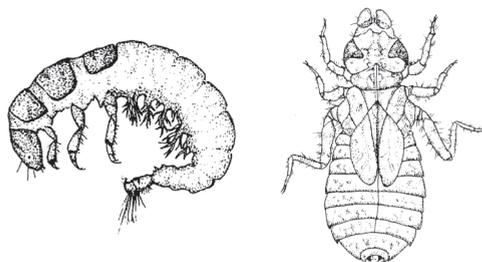
Los ríos son entornos dinámicos por naturaleza, que a menudo muestran una variación marcada en condiciones como el flujo del río [p. ej., inundaciones o sequías], la temperatura [p. ej., caliente frente a frío] y la calidad y la cantidad de alimento [p. ej., la caída de hojas en otoño o el florecimiento de algas en verano]. Esta variación de las condiciones se produce anual, estacional y diariamente, y contribuye de manera importante a la variedad y la abundancia de macroinvertebrados en los ríos.

MACROINVERTEBRADOS DE AGUA DULCE

Una vez sumergido el paquete de hojas en un río durante varias semanas, las bacterias y los hongos acuáticos [**descomponedores**] empezarán a colonizar la superficie de las hojas. Los **detritos** de las hojas colonizados por estos microbios tienen un tacto «resbaloso o baboso». A medida que los hongos y las bacterias descomponen las hojas, los macroinvertebrados de agua dulce bentónicos se introducen en el paquete de hojas y comienzan su función de avanzar en su descomposición. Los macroinvertebrados de agua dulce bentónicos se pueden definir de la siguiente forma:



- Bentónico** = habita zonas/sustratos del fondo
- Agua dulce** = ríos, ríos, lagos, estanques
- Macro** = relativamente «grandes» [$> 0,2-0,5$ mm]
- Invertebrado** = animal sin vértebras



Estos macroinvertebrados desempeñan funciones importantes en las redes alimentarias del ecosistema del río. A los macroinvertebrados les puede costar digerir las hojas, que, a menudo, contienen nutrientes difíciles de absorber. Los hongos y las bacterias acuáticas que colonizan las hojas en la primera fase del proceso de descomposición ofrecen un componente esencial a la dieta de los macroinvertebrados. Las investigaciones indican que los distintos tipos de hojas ofrecen niveles nutritivos diferentes a los macroinvertebrados de agua dulce. Los experimentos con diferentes tipos de hojas de árboles pueden hacer más fácil comprender qué tipo de hoja prefieren ciertos macroinvertebrados.

LOS CICLOS VITALES DE LOS INSECTOS ACUÁTICOS

Muchos macroinvertebrados son insectos acuáticos, que pasan por distintos estadios desde el huevo al adulto. La cifra de estadios depende del tipo de metamorfosis o de la serie de cambios en el desarrollo que se produzcan. Los insectos que pasan por una **metamorfosis incompleta** pasan por tres etapas. Comienzan como huevos que eclosionan como ninfas y finalmente se convierten en adultos. El periodo inmaduro se denomina **estadio ninfal**. Entre los insectos que pasan una metamorfosis incompleta encontramos efímeras, libélulas, caballitos del diablo, **plecópteros** y **moscas**. Muchos de los insectos que pasan por la metamorfosis incompleta son acuáticos únicamente durante los estadios de huevo y ninfal. Los adultos alados no viven en el agua. Por ejemplo, a menudo podemos ver libélulas en su forma adulta volando junto a los ríos y ríos en verano.

Los insectos que pasan por una **metamorfosis completa** tienen cuatro estadios: huevo, larva, crisálida y adulto. Comienzan como huevos que eclosionan en minúsculas larvas; estas crecen y acaban entrando en un **estadio de crisálida**, en el que los insectos se transforman en adultos [de forma similar a como una oruga, cuando está en la crisálida, se transforma en mariposa]. El periodo inmaduro se denomina **estadio larvario**. Algunos ejemplos de insectos acuáticos que pasan por una metamorfosis completa son los moscas, los escarabajos de agua, los frigáneas y coridálidos.

Muchos de los insectos que pasan por la metamorfosis completa son acuáticos durante los estadios de huevo, larva y crisálida, pero no en la fase adulta. Algunos insectos como los girínidos y los ditiscidos pupan fuera del agua en ramas colgantes y vuelven al agua como adultos.

La mayoría de los insectos que aparecen en los paquetes de hojas estarán en los estadios ninfal o

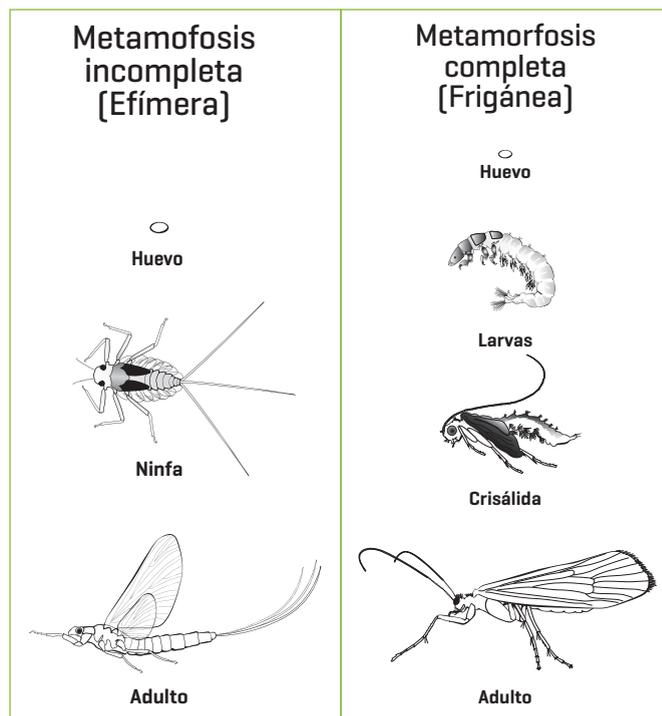


Figura 2. Metamorfosis incompleta y metamorfosis completa. Macroinvertebrados acuáticos que pasan por distintas etapas desde el huevo al adulto.

larvario. El ciclo vital total de los macroinvertebrados oscila entre menos de dos semanas en el caso de algunos dípteros (mosquitos) y dos años o más en el caso de plecópteros, libélulas y coridálidos.

INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

La capacidad de los macroinvertebrados de agua dulce de madurar no solo depende de unos factores físicos óptimos, sino también de los factores químicos de su entorno. Muchos macroinvertebrados necesitan un intervalo específico de parámetros químicos acuáticos (pH, oxígeno disuelto, temperatura, alcalinidad, etc.) para sobrevivir. Se puede usar la presencia o ausencia de estos organismos en un río para revelar la calidad ecológica global del agua. En general, las aguas no contaminadas acogen una mayor variedad de macroinvertebrados de agua dulce que las aguas contaminadas. Sin embargo, hay algunos macroinvertebrados que pueden tolerar las aguas contaminadas y podemos encontrarlos en mayor abundancia en ese tipo de aguas que en las que no lo están. Estos organismos están expuestos a todos los contaminantes que acaban en el río y sirven de barómetros vivos que pueden indicar cambios en la calidad del agua. Por consiguiente, los macroinvertebrados pueden actuar como **organismos bioindicadores** para valorar la calidad del agua y la salud general de la comunidad del río.

Puesto que los ríos son ecosistemas complejos, al introducir paquetes artificiales de hojas en un entorno concreto, también puede ser útil recopilar datos químicos y físicos usando un conjunto de kits de pruebas de campo y estudios visuales para lograr una evaluación más completa del río.



GRUPOS ALIMENTICIOS FUNCIONALES

Los macroinvertebrados se pueden clasificar no solo mediante la **taxonomía** tradicional, sino también por cómo se comportan en el ecosistema (figura 3). Este método de clasificación basado en las adaptaciones y/o las preferencias alimentarias se conoce como **grupos alimenticios funcionales**.

En una visión simplificada de la red alimenticia, estos grupos procesan los detritos de las hojas de forma gradual. Los trozos de detritos grandes y sus microorganismos asociados (hongos y bacterias) son comidos por determinados macroinvertebrados muy especializados. Este proceso produce partículas más pequeñas (heces y fragmentos de hojas, similares a las migas generadas después de comer galletas, por ejemplo), que aportan alimento a otros grupos alimenticios funcionales río abajo. Estos macroinvertebrados, a su vez, son una importante fuente de alimento para los **depredadores**. Ecológicamente, los macroinvertebrados son un primer vínculo entre la base de la red alimenticia (algas, detritos y microorganismos) y los animales más grandes situados cerca de la parte alta de la red alimenticia (p. ej., los peces).

Existe toda una serie de estrategias alimenticias [figura 4], entre otras las de los **trituradores** que descomponen las hojas. Al comerlas, los trituradores [entre otros, tipúlidos, algunos frigáneas, plecópteros, conchinillas de la humedad y anfípodos] convierten las hojas en partículas finas. Cuando las arrastra la corriente, esas partículas se convierten en alimento para otro grupo de animales que se alimentan de detritos, los **recolectores**.

Los recolectores usan diversos métodos para filtrar o agrupar las partículas finas. Los recolectores filtradores, como la mosca negra, usan unos filamentos similares a abanicos que tienen cerca de la boca para capturar las partículas alimenticias. Otros recolectores filtradores, como los frigáneas de hilado de la red, construyen redes similares a telarañas. Entre los recolectores que agrupan partículas encontramos efímeras y mosquitos.

Los **pasteadores** [también conocidos como **raspadores**] son otro grupo de macroinvertebrados de agua dulce que está presente en la comunidad del río, aunque estos organismos se alimentan de algas que crecen en la superficie de las rocas. Entre ellos se cuentan algunas frigáneas, monedas de agua y ciertos mosquitos y efímeras.

Los trituradores, recolectores y pasteadores son fuente de alimento para los depredadores, entre los que hay otros macroinvertebrados como las moscas dobson y las libélulas. Los depredadores tienen unas potentes piezas bucales que usan para sujetar a sus presas. Todos los macroinvertebrados, a su vez, son alimento para peces y aves.

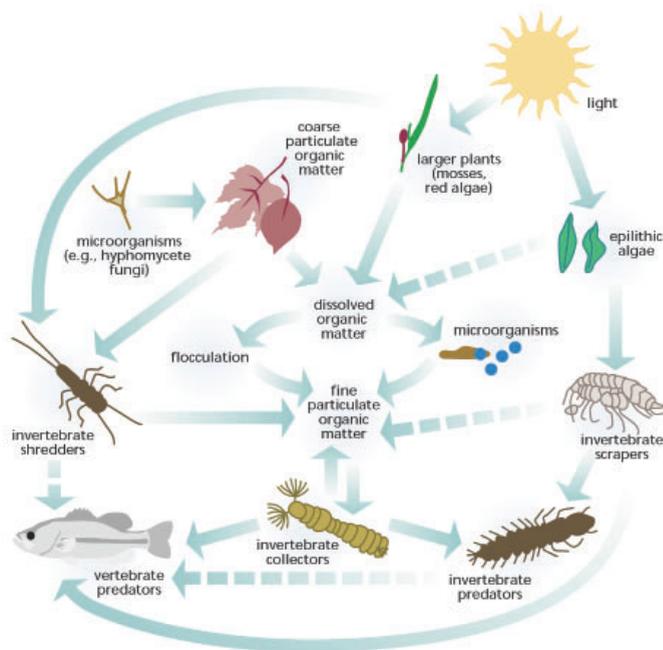


Figura 3. Red alimentaria en ríos pequeños.

Los macroinvertebrados se pueden clasificar por cómo funcionan en un ecosistema.

Imagen facilitada por "Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, 10/98, by the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)."

Estrategia de alimentación	Categoría alimentaria
I. Trituradores	hojas muertas/macrófitos
II. Recolectores	partículas orgánicas finas [vivas/muertas]
Filtradores	partículas de la columna de agua
Mineros	partículas enterradas
Buscadores	depósitos en la superficie del fondo
III. Raspadores	algas bentónicas vivas [diatomeas]
IV. Perforadores	algas filamentosas vivas
V. Depredadores	otros invertebrados + peces pequeños

Figura 4. Grupos alimenticios funcionales.

Los macroinvertebrados se clasifican en función de las adaptaciones y/o preferencias alimentarias.

Para obtener una descripción más detallada de los grupos alimenticios funcionales y su relación con su ubicación en el río, visite <https://www.leafpacknetwork.org/learn/linking-trees-streams>.

EL TAMAÑO DEL RÍO Y LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS

La caída de las hojas desde la cubierta forestal en pequeños ríos es una valiosa fuente de alimentos para los trituradores (figura 5), los macroinvertebrados que obtienen su nutrición principalmente de los hongos y bacterias que colonizan la superficie de las hojas. Las tipúlidos, plecópteros, conchinillas de la humedad son importantes miembros de este grupo.



Las hojas se acumulan en los paquetes, que se convierten en alimento para los trituradores.

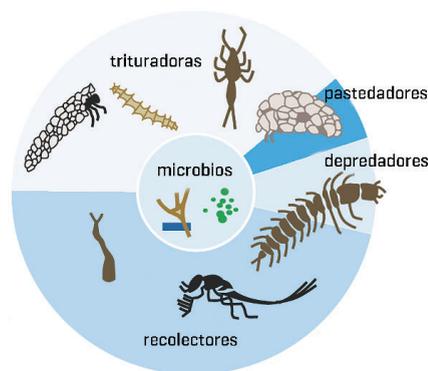


Imagen facilitada por "Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, 10/98, by the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)."

Figura 5. Ríos pequeños.

Los trituradores y los recolectores conforman el principal segmento de macroinvertebrados del río.

A medida que el río se ensancha, los árboles no cuelgan tanto sobre la superficie del agua, por lo que esta queda expuesta a la luz del sol y la fotosíntesis dentro del río desempeña una función importante en la red alimenticia acuática. La cantidad de restos de hojas que llegan al río disminuye y las algas, debido a la mayor radiación solar, son más abundantes. A medida que la base alimenticia cambia, también cambia el tipo de invertebrados. Mientras aumentan los pastadores/raspadores que utilizan el abundante recurso algoso, disminuyen los trituradores (figura 6). Los caracoles, barnáculo, algunas efímeras y las frigáneas que construyen cajas se adaptan a la alimentación con algas que crecen en las superficies de las rocas.



Al río de tamaño medio llega más luz solar.

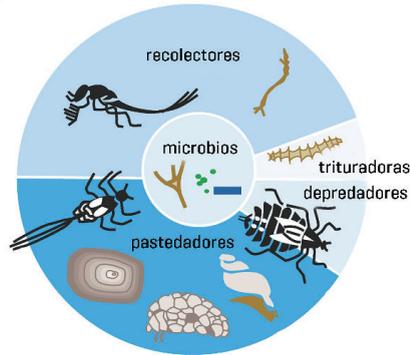


Imagen facilitada por "Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, 10/98, by the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)."

Figura 6. Ríos de tamaño medio.

Los recolectores reúnen o filtran trozos de plantas, heces y plancton. Los pastadores, también conocidos como raspadores, buscan algas.

Siguiendo el curso, el canal del río se vuelve más ancho y profundo. Los árboles únicamente proyectan su sombra sobre el borde del agua y la luz solar, aunque abundante, no penetra hasta el fondo del río debido a la turbiedad provocada por la escorrentía desde tierra. La base alimenticia está dominada por el fitoplancton y las partículas orgánicas finas en suspensión generadas en tramos previos del río y en los terrenos inundables del río. Los recolectores filtradores (figura 7), como los mejillones y las almejas, están adaptados a filtrar estas partículas finas de la columna de agua. Para completar la ecología de la red alimenticia, encontramos un grupo diferente de depredadores a lo largo de todo el río que se alimentan de todos los demás grupos alimenticios.



Río grande

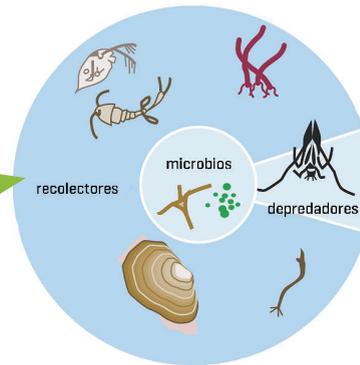


Imagen facilitada por "Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, 10/98, by the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)."

Figura 7. Ríos grandes.

Los recolectores filtradores, como los mejillones, se encuentran con mayor frecuencia en cursos más grandes.

UNA CADENA DE VIDA

El primer director del Stroud Center tuvo una idea innovadora para estudiar toda la cuenca en contraposición con el estudio únicamente de secciones de un río, como se solía hacer en el pasado. Las condiciones físicas varían mucho en los pequeños ríos de cabecera si las comparamos con las de los grandes ríos. Por ejemplo, el ancho, la profundidad, la velocidad y la temperatura de un río cambian constantemente a medida que el agua sigue su curso. Lo que es más importante: estos cambios están interrelacionados y, debido a que un cambio es un factor que afecta a todos los demás, el patrón de un río es predecible y continuo (figura 8). Un río no solo cambia físicamente a medida que seguimos su corriente, también cambia biológicamente.

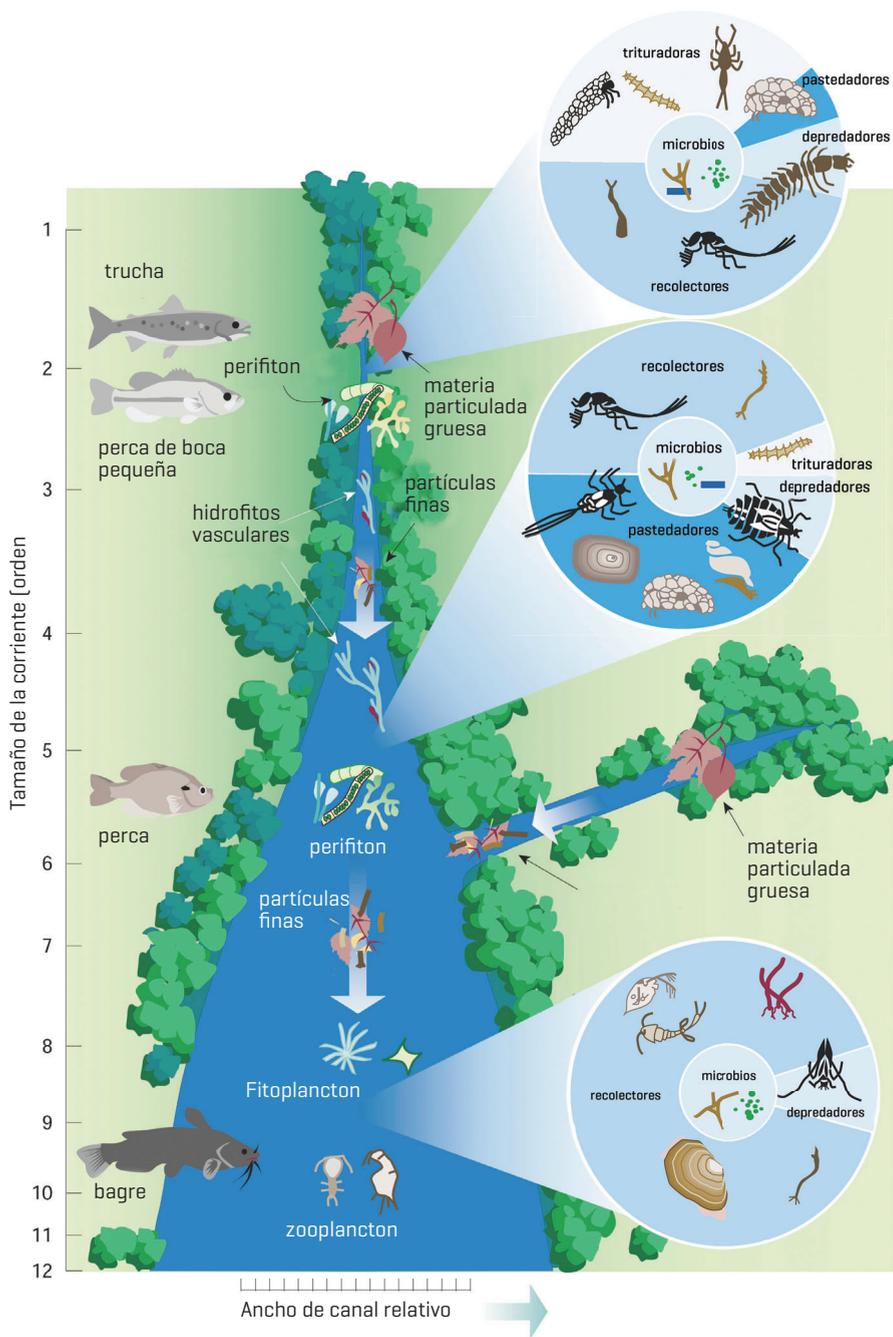


Figura 8.

Teoría de la continuidad del río.
Las características físicas y biológicas cambian a lo largo de un río.

[Fuente: Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., y Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 32, 130-137. Reimpreso con el permiso de NRC Research Press. Imagen facilitada por "Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, 10/98, by the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)."

LA RELACIÓN DE LA LEAF PACK NETWORK CON LA ECOLOGÍA DE LOS RÍOS

La **teoría de la continuidad del río** [figura 8] relaciona la continuidad de los cambios físicos con los cambios biológicos que se producen en todo el sistema fluvial. Un río es un continuo único que fluye ininterrumpidamente desde su nacimiento hasta el mar y, para entenderlo, hay que entender lo que sucede río arriba y lo que llega a él desde su cuenca. Esta se convirtió en la primera hipótesis unificada sobre cómo funcionan los ríos y sus cuencas. En la actualidad, la teoría del río continuo es el estudio más citado en el campo de la ecología de los ríos y sigue ofreciendo un modelo conceptual para comparar los sistemas de los ríos en todo el mundo.

Las primeras investigaciones realizadas sobre la continuidad del río sentaron las bases para estudios más recientes que relacionan los bosques de ribera con los ecosistemas de los ríos. Es bien sabido que los bosques de ribera pueden funcionar como filtros de la contaminación. Las investigaciones en curso han determinado que, además de actuar como amortiguadores de la contaminación, los bosques de ribera son integrales y una parte esencial del ecosistema de los ríos, que afecta al aspecto físico, químico y biológico de estos.

Los científicos del Stroud Center han usado los paquetes de hojas para comprender mejor el ecosistema de los ríos. En Costa Rica, por ejemplo, se han usado paquetes de hojas para estudiar en qué se diferencian los ríos tropicales de los de las zonas templadas. En el río Flint [Georgia, EE. UU.], se han utilizado paquetes de hojas para evaluar los efectos de los vertidos industriales. Asimismo, los científicos han usado paquetes de hojas para estudiar los resultados de aquellos esfuerzos para crear y proteger bosques de ribera. Independientemente del lugar del planeta en el que estemos, los paquetes de hojas pueden pintar valiosos retratos de las comunidades de macroinvertebrados, la calidad del agua y la salud de las cuencas.

