

Manual de
monitoreo

Los macroinvertebrados acuáticos



como indicadores de la
calidad del agua

Carlos Carrera Reyes y Karol Fierro Peralbo

Manual de monitoreo



Los
**macroinvertebrados
acuáticos**
como indicadores de la
calidad del agua



EcoCiencia
San Cristóbal N44-495 e Isla Seymour
Teléfono: (593-2) 2242422
Fax: (593-2) 2249334
Casilla 17-12-257
Correo electrónico: monitoreo@ecociencia.org
Página web: <http://www.ecociencia.org>
Quito, Ecuador

Esta obra debe citarse así:

Carrera, C. y Fierro, K. 2001. **Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua**. EcoCiencia. Quito.

Edición: Otto Zambrano Mendoza
Revisión pedagógica: Rossana Manosalvas
Revisión del texto: Patricio Mena Vásquez y Gabriela Ordóñez
Revisión técnica: Patricio Mena Valenzuela
Corrección de estilo: Miguelángel Zambrano
Ilustraciones: WILO (Adaptadas con autorización de Gabriel Roldán)
Diseño y diagramación: Tribal / 2228208

Derechos de autor: 015659
ISBN: 9978-41-964-0

© EcoCiencia, 2001
© Carlos Carrera y Karol Fierro, 2001
Todos los derechos reservados

Impreso en Ecuador - Printed in Ecuador
Rimana

Primera edición
500 ejemplares

Las opiniones y datos vertidos en este texto son responsabilidad del autor y la autora.

Se permite la reproducción total o parcial del texto de esta obra citando la fuente.

Los valores recaudados con la venta de este manual serán utilizados para apoyar el trabajo de los voluntarios y voluntarias del Programa de Investigación de EcoCiencia.

Este manual describe el proceso del monitoreo biológico con macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Este grupo de animales sirve para examinar y controlar los efectos de la actividad humana en ríos y esteros. Es una herramienta de apoyo a las comunidades y organizaciones de base para tomar acciones en la conservación de sus ríos.

La publicación de esta obra y las actividades que la respaldan han sido posibles gracias al apoyo del proyecto SUBIR de CARE, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y The John D. & Catherine T. MacArthur Foundation.



THE JOHN D. AND CATHERINE T.
MACARTHUR FOUNDATION

Por inspirarnos el conocimiento y el cuidado de la naturaleza, esta obra está especialmente dedicada a los afroecuatorianos, awá, chachi y épera, habitantes ancestrales de los bosques tropicales del noroccidente ecuatoriano.

Contenido

Agradecimientos	11
Presentación	13
Capítulo 1. El agua y el ser humano	15
Capítulo 2. ¿Qué es monitoreo y para qué sirve?	25
Capítulo 3. ¿Cómo debe realizar el monitoreo con macroinvertebrados acuáticos?	33
Capítulo 4. Una historia de monitoreo local	49
Capítulo 5. El monitoreo con macroinvertebrados: paso a paso	59
Términos utilizados	66
Literatura consultada	67

Agradecimientos

A Gabriel Roldán, por permitirnos el uso de las ilustraciones de macroinvertebrados para la lámina de identificación.

A Fabián Bersosa y Andrea Encalada, por su invaluable apoyo durante el trabajo de monitoreo.

A los parabiólogos: José Franco, Gustavo Boboy, Wilson y Franklin Añapa, Jimmy Quito, Nabor Paspuel, Clemente y Grixon Ayoví que nos apoyaron tanto en la validación del texto del manual como en el trabajo de monitoreo biológico.

A los voluntarios que durante estos tres años han apoyado en el trabajo de laboratorio y de campo: Danilo Buñay, Mauricio Herrera, José Luis Román, Nancy Chasiliquín, Ana María Sánchez, Dany Aguilar, José Aguirre, Omar Arteaga, Silvia y Verónica Corella, María Farinango, Paulo Guerra, Karla Jiménez, Tashkin y Patricio Meza, Nelson Miranda, Johana Montoya, Alexandra Onofa, Telma Paredes, Jean Quezada, Marco Reyes, Gisell Sarabia, Adrián Troya, María Elena Trujillo y Juan Vizúete.

A Gabriela Ordóñez, Otto Zambrano, Wilo Ayllón y Fernando Pérez Almeida, por su paciencia y esfuerzo durante el trabajo de edición, ilustración, diseño y diagramación.

A Rocío Alarcón, por su fe en nuestro trabajo y su apoyo para la publicación de este manual.

A todos los compañeros y compañeras del componente de investigación y monitoreo de EcoCiencia, por su acompañamiento permanente en este proceso.

Presentación

La contaminación del agua es un problema para la salud de todos los seres vivos que habitan en el planeta. Gran parte de nuestras actividades dependen del agua, por lo tanto debemos considerarla un recurso estratégico cuya conservación es indispensable para el futuro.

En el Ecuador se ha dado poca importancia a la contaminación de ríos, lagos y lagunas; no existe un diagnóstico de la calidad del agua que tome en cuenta a los seres vivos que habitan estos ecosistemas. La mayoría de los análisis se hace a través de pruebas químicas que consideran únicamente la calidad del agua desde su potabilidad.

El presente manual propone un diagnóstico relativamente simple y de bajo costo que sirva como herramienta de apoyo a las comunidades locales interesadas en conocer tanto el estado de las aguas que corren por sus ríos y esteros como la salud de los seres vivos que habitan en ellos. Este manual no pretende reemplazar los análisis con fines rigurosamente científicos, pero sí propone una herramienta de diagnóstico con sus mismas cualidades.

Este trabajo es producto del esfuerzo y la experiencia de los investigadores e investigadoras del proyecto SUBIR de CARE, que han realizado monitoreo biológico sobre todo en la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas y algunas otras regiones del país. Este manual ofrece una metodología especialmente para esas áreas y, además, lineamientos generales para su uso en las otras zonas tropicales del país.

El primer capítulo de este manual trata sobre la relación del ser humano con el agua; en el segundo capítulo se explica qué es el monitoreo biológico y para qué sirve; en el tercer capítulo se detalla la forma de realizar monitoreo con macroinvertebrados; para ilustrar este proceso, en el cuarto capítulo, se presenta una historia de monitoreo local. El último capítulo resume todo el proceso de monitoreo y, mediante figuras, vincula cada paso con la información de los capítulos anteriores. En el monitoreo existen términos técnicos o poco comunes que se explican en un listado al final. Adicionalmente, para facilitar la identificación de los macroinvertebrados, acompaña a este manual una lámina con los grupos más representativos de la mayor parte de ríos y esteros del trópico americano.

Creemos que esta obra revela la utilidad que tiene la investigación para implementar acciones de conservación y promover una educación ambiental más integral y comprometida.

Los autores hemos querido inspirar en las personas que reciben los beneficios del río una mayor conciencia sobre su valor, provocar acciones para un mejor manejo y conservación de sus aguas y, mediante estas prácticas y reflexiones, velar por el futuro de todos los seres vivos del planeta.

Carlos Carrera y Karol Fierro

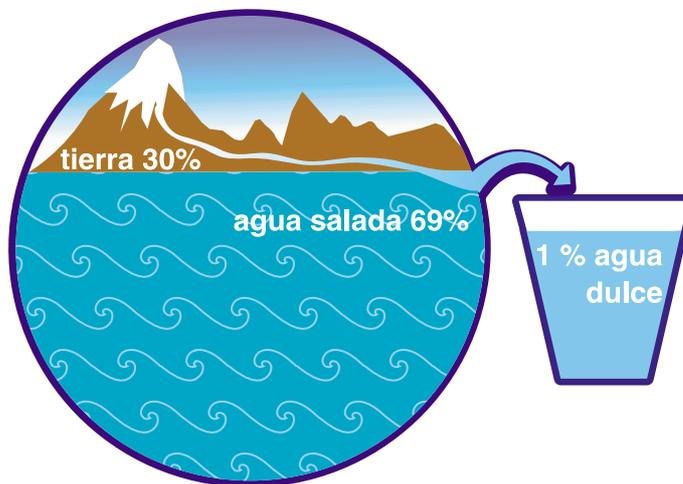


El agua y el ser humano

El agua y el ser humano

Las personas pueden sobrevivir hasta tres días sin comer, pero sólo un día sin tomar agua.

El agua es el elemento más abundante del planeta, y es vital para todos los seres vivos que habitan en él. Los océanos, mares, lagos, ríos y demás lugares que contienen agua, cubren las dos terceras partes de la Tierra, lo que significa alrededor del 70%. Sin embargo, de toda el agua existente en la naturaleza, la mayor parte es salada y tan sólo un pequeño porcentaje (1%) es de agua dulce.



La mayor cantidad de agua dulce se encuentra en los ríos. Lamentablemente, el agua dulce es un recurso cada vez más escaso, mientras que las necesidades de todos los seres humanos son cada vez mayores.

En todo el mundo, el agua se encuentra distribuida en forma desigual. Existen zonas donde el agua y sus seres vivos son abundantes, y zonas desérticas donde ocurre lo contrario: el agua es escasa y sus seres vivos también.

Para las personas que vivimos en sitios donde el agua es abundante es difícil imaginar cómo es la vida en una zona desértica. En estos lugares, los seres humanos, para mantener la poca agua que consiguen, deben ahorrarla al máximo o recorrer varios kilómetros al día para encontrarla.

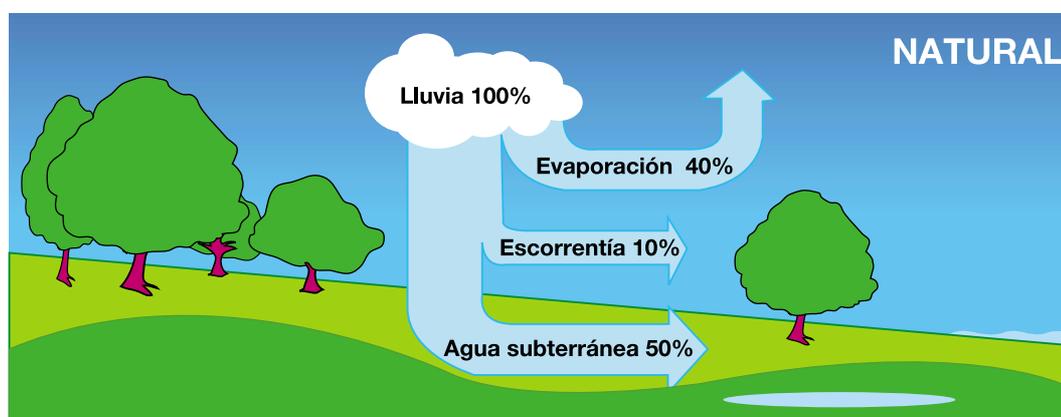
La poca agua que existe es la que han retenido las plantas en sus hojas, al interior de los cactus o en algunas raíces o frutos. Los animales, como camellos e iguanas, se han adaptado y evolucionado para perder poca agua y mantenerla el mayor tiempo posible en su organismo.

El agua será un recurso tan caro como el petróleo, porque cada vez será más escasa.

La vida del agua

El agua que existe en la tierra es constante: no se crea ni se destruye, sólo se transforma. Se halla en un continuo movimiento todo el tiempo. Se evapora, se eleva en el aire, se convierte en nubes y vuelve a caer a la tierra en forma de lluvia. Penetra la tierra y, a través de ojos de agua o fuentes subterráneas, circula y vuelve a llenar ríos, lagunas, depósitos, pozas, surcos... Luego se evapora otra vez en un ciclo continuo y sin fin.

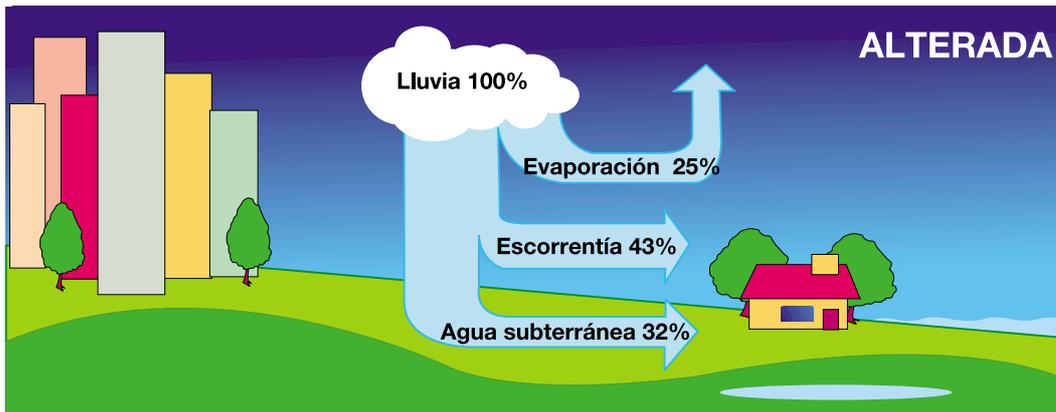
Sin embargo, para que este círculo se mantenga es necesario que funcionen algunas cosas. Lo más importante es que haya una amplia cobertura vegetal sobre la tierra, ya que las plantas atraen y reciben agua, y luego producen vapor; este vapor forma las nubes. Además, las raíces y el suelo absorben más fácilmente el agua que luego va hacia las fuentes subterráneas. De esta forma, todo termina y comienza de nuevo sin alteraciones.



Si no existe esta cobertura vegetal, como en las ciudades, calles, carreteras, etcétera, la lluvia no es captada y la mayor parte del agua lluvia no puede atravesar las capas superiores del suelo para repartirse entre los ríos y las aguas subterráneas, sino únicamente circular por la superficie, produciendo crecientes e inundaciones. Esa corriente, que se desliza por la superficie del suelo hacia un cauce, se llama escorrentía. Esta acción es mayor en las zonas alteradas.

Como vemos, el agua puede circular de dos formas: un sistema natural (bosques y áreas no alteradas); y otro alterado (donde existen casas y construcciones o donde no hay vegetación). Los efectos de uno y otro sistema sólo se reflejan en los ríos.

Un río saludable tiene rica y variada vida animal en su entorno, una vegetación diversa y abundante en sus orillas; su agua es absorbida por la tierra o regresa a la atmósfera y forma las nubes con su vapor. Es un sitio donde la escorrentía excesiva no lo desborda ni transporta hasta él materiales de desecho y basura.



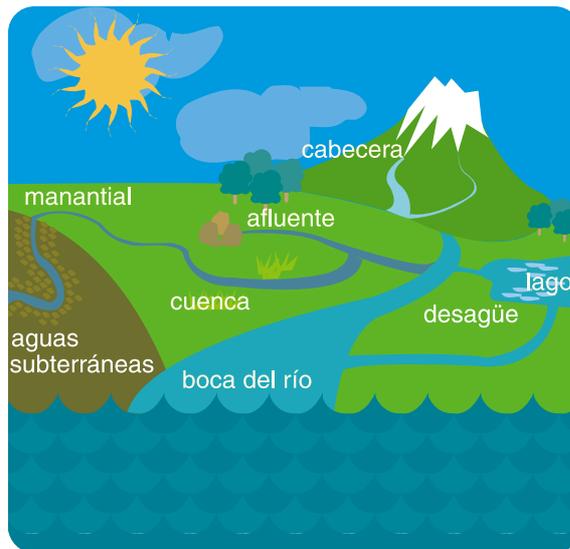
Un río no saludable o alterado tiene muy poca o ninguna forma de vida animal; ya que ha perdido la vegetación de las orillas, y sin ella no crea la humedad necesaria para formar vapor y luego, nubes. La mayor parte de la lluvia no es aprovechada por el suelo y se convierte en escorrentía excesiva. Además, está más expuesto a grandes inundaciones, varias veces al año, y a mayores daños en sus bancos.

Es necesario que aprendamos a utilizar racionalmente el agua y conservarla como un recurso indispensable para nuestro futuro.

El origen del río, el origen de la vida

El sistema fluvial es la red de ríos que va de la cabecera hasta la desembocadura.

Todos los ríos del mundo nacieron hace millones de años. Los ríos Napo y Santiago, por ejemplo, se formaron muchísimo tiempo antes de la aparición de los seres humanos.



Descubramos algunos datos de su origen y destino; cómo nacen y adónde van:

- Los riachuelos nacen en pozas subterráneas donde se acumula el agua de lluvia, de la nieve derretida o de desagües o escapes de agua de lagos y estanques. Luego salen a la superficie en forma de manantial.
- Los riachuelos se unen a otros ríos, formando una red parecida a las ramas de un árbol. Esta red, llamada **sistema fluvial**, se inicia en las **cabeceras** de los ríos y termina en los lagos o en el mar.
- Los ríos están rodeados de poca o mucha vegetación. El área de tierra junto al sistema fluvial, y que se beneficia directamente de sus aguas, se llama **cuenca**.
- En esta red, en forma de árbol, el tronco principal es el río más grande de la cuenca y es generalmente el que le da el nombre al río. Las ramas más pequeñas son los esteros o afluentes.

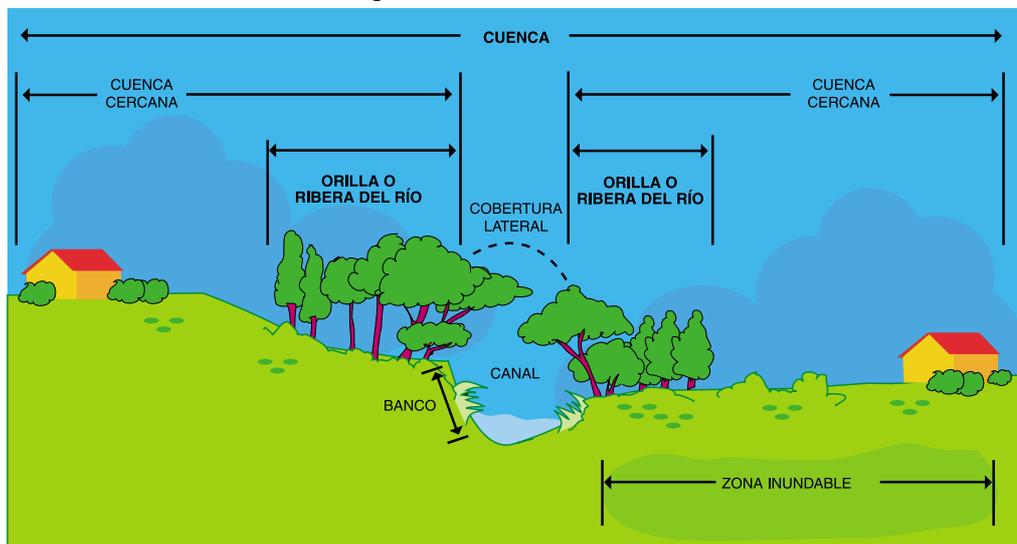


Los componentes de un río y sus alrededores

La cobertura vegetal de la orilla evita el ingreso de contaminantes al agua.

Para saber las condiciones ideales del río, observar los cambios que le ocurren con el tiempo y con la actividad humana, y corregir los efectos negativos; es preciso conocer su naturaleza y las áreas que lo rodean.

A continuación detallamos algunas de las áreas relacionadas con los ríos.



La cuenca cercana: Esta zona se extiende unos 400 metros alrededor de la vegetación que crece a la orilla del río. Lo que ocurra en esta área afecta directamente la calidad del agua.

La zona inundable: Es el área de tierra que rodea a un río o estero y que se convierte en pantano cuando hay inundaciones. Es, al mismo tiempo, zona fértil para los sembradíos por ser húmeda, pero peligrosa para edificar viviendas o criar animales por su inestabilidad.

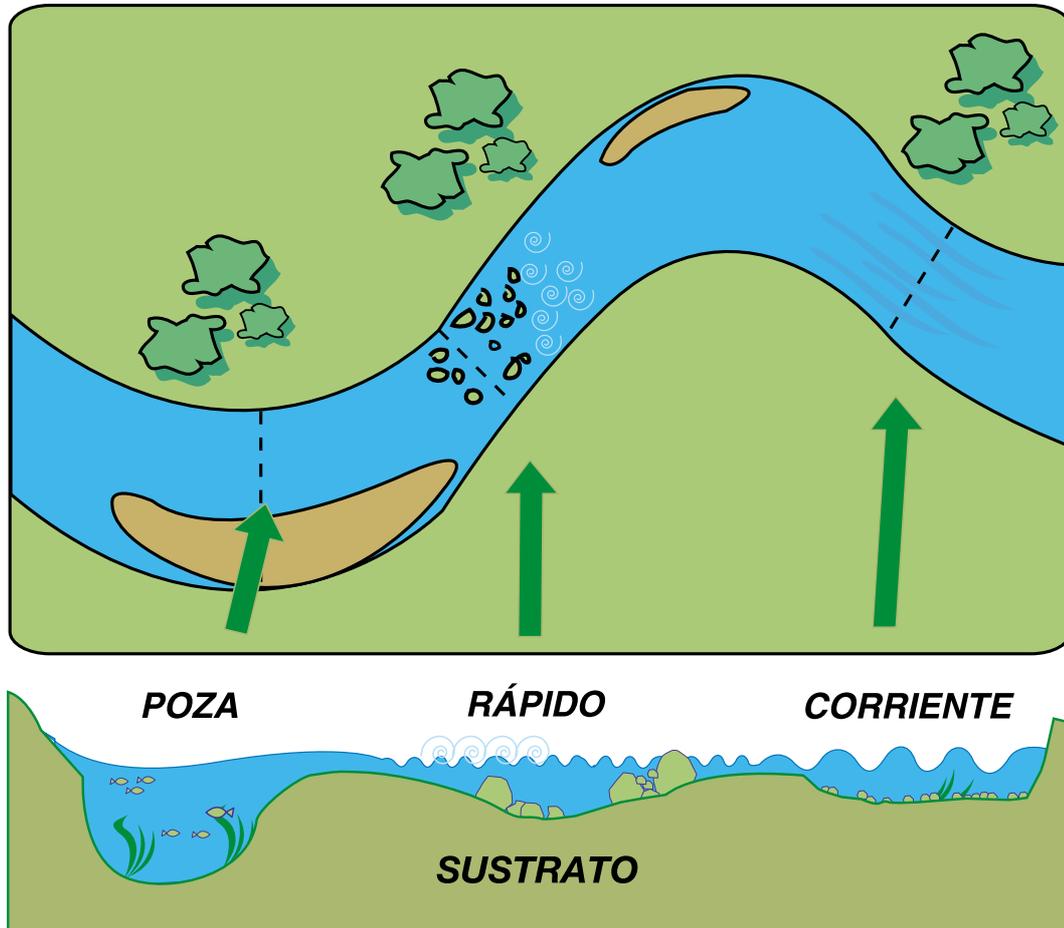
La orilla o ribera del río: Es la franja de vegetación que crece justo al borde de los bancos del río. Esta zona es una especie de filtro, de esponja, que evita que los contaminantes transportados por la escorrentía se mezclen con el agua del río. Con su humedad controla la erosión de los bancos, y con su sombra regula la temperatura del agua.

Los bancos del río: Son las paredes laterales que mantienen el flujo del agua en su curso. Los bancos evitan inundaciones en las cuencas, siempre y cuando la fuerza del agua no los erosione, derrumbe o rebase su altura.

La cobertura lateral: Es aquella capa de vegetación que da protección y sombra a los seres que viven dentro del agua, y mantiene su temperatura.

Otros elementos importantes

Un río saludable contiene una sucesión de pozas, rápidos y corrientes.



Las **pozas**: Son los lugares del río donde la circulación del agua es lenta y hay mayor profundidad. Normalmente, tienen sedimentos (lodo) en el fondo.

Los **rápidos**: Son secciones del río poco profundas y turbulentas donde el movimiento del agua es más rápido y choca con las rocas que, en esas partes, están parcial o totalmente sumergidas.

Las **corrientes**: Son sectores del río donde el agua corre pero sin turbulencia. Tienen generalmente piedras pequeñas en el fondo.

El **sustrato**: Es el material que se deposita en el fondo o lecho del río y que puede ser de arcilla, piedras, rocas, arena, etcétera.

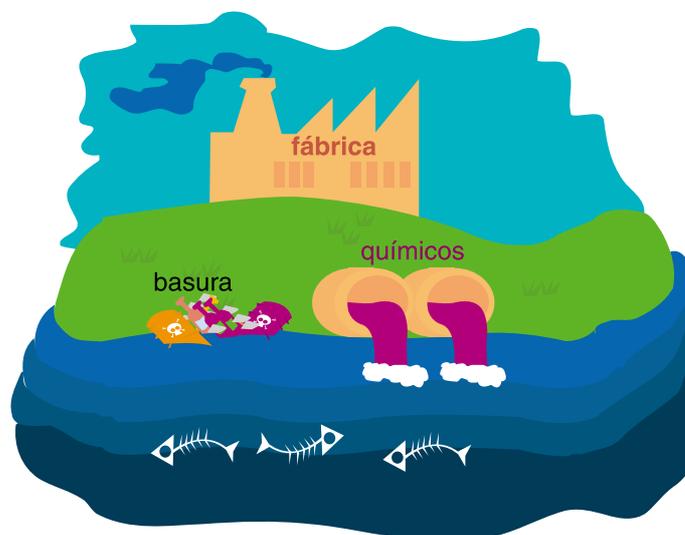
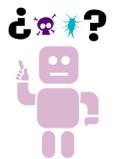
¿Cuáles son las causas de la contaminación?

El agua de los ríos es uno de los recursos más utilizados y del que más se ha abusado en la Tierra. ¡Ya es hora de cuidarla!

Durante millones de años el agua permaneció pura y limpia. Sin embargo, en los últimos cien años, más que en toda su historia, los seres humanos la hemos contaminado en todos los lugares del planeta.

Esta alteración ha sucedido por muchas razones y de diferentes formas; he aquí algunas:

- Actividades como la producción agrícola o ganadera, que utiliza productos químicos como fertilizantes, plaguicidas, pesticidas, herbicidas, etcétera.
- Destrucción de las cuencas, por el corte de árboles y la construcción de carreteras que producen exceso de escorrentía.
- Descargas urbanas cuyo contenido incluye los desechos de nuestra vida cotidiana: productos de aseo, medicinas, etcétera, que se juntan con bacterias, metales pesados como el mercurio y el plomo y varios compuestos del petróleo.
- A estas actividades se agregan la exploración petrolera, minera, maderera; la construcción de represas, centrales hidroeléctricas y canales de riego que, al cambiar el curso del agua, cambian también su composición y cantidad.
- De todas éstas, hay que prestar mucha atención a la contaminación industrial. Las fábricas utilizan muchos ingredientes para hacer sus productos. Estas sustancias químicas se arrojan a los ríos o se filtran hasta las aguas subterráneas.



Todas estas actividades afectan gravemente a los seres vivos, provocan en los humanos enfermedades como la diarrea, el cólera, el cáncer, entre tantas otras, que en la mayoría de casos son mortales. Además, causan daños irreparables a la naturaleza y a sus especies animales y vegetales.

Ya hemos visto las diversas formas en las que ponemos en peligro la naturaleza y, en este caso, el agua; también el origen e importancia de ella, y el ambiente donde se forma.

A continuación descubriremos una forma fácil, rápida y barata de examinar la calidad del agua. De esta manera, podrá observar, identificar y reconocer si el agua de su estero está limpia o contaminada. Y con este conocimiento podrá tomar decisiones o realizar acciones que beneficien a su familia y al ambiente.

*Si queremos que nuestros hijos e hijas vivan en un mundo mejor,
debemos actuar para proteger el lugar donde vivimos.*



¿Qué es el monitoreo y para qué sirve?

¿Qué es el monitoreo y para qué sirve?

El monitoreo permite analizar los cambios en la salud del río.

Así como usted se hace un examen médico cuando se siente enfermo, lo mismo debe hacer con el río cuando sospecha que está contaminado. Un examen cada cierto tiempo, conocido como **monitoreo**, es importante para conocer con seguridad la salud del río.

El monitoreo de un río consiste en determinar los cambios ocurridos en el agua, los animales y la tierra que le rodea, a través de varias observaciones o estudios. Así podemos descubrir las enfermedades del río y sugerir el tratamiento necesario para sanarlo.

Para que este examen sea más exacto, es importante tomar datos en diferentes partes del río. De este modo, puede comparar la calidad del agua río arriba y río abajo, o de acuerdo con los ambientes que le rodean o con las actividades que suceden en sus proximidades. Por ejemplo, el río puede estar más sano cuando pasa cerca del bosque nativo, que cuando pasa cerca de las chacras, porque los químicos usados para los cultivos contaminan el agua.



Para examinar el agua existen varias formas. En este documento explicaremos la forma más rápida, barata y fácil: el monitoreo con **macroinvertebrados**.

¿Qué son los macroinvertebrados acuáticos?

Los macroinvertebrados son excelentes indicadores de la calidad del agua.

Los macroinvertebrados acuáticos son bichos que se pueden ver a simple vista. Se llaman **macro** porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), **invertebrados** porque no tienen huesos, y **acuáticos** porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas.

Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y, al usarlos en el monitoreo, puede entender claramente el estado en que ésta se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación. Por ejemplo, las moscas de piedra sólo viven en agua muy limpia y desaparecen cuando el agua está contaminada. No sucede así con algunas larvas o gusanos de otras moscas que resisten la contaminación y abundan en agua sucia. Estos bichos, al crecer, se transforman en moscas que provocan enfermedades como la malaria, el paludismo o el mal de chagas.

Los macroinvertebrados incluyen larvas de insectos como mosquitos, caballitos del diablo, libélulas o helicópteros, chinches o chicaposos, perros de agua o moscas de aliso. Inician su vida en el agua y luego se convierten en insectos de vida terrestre.

Además de los insectos, otros macroinvertebrados son: caracoles, conchas, cangrejos azules, camarones de río o minchillas, planarias, lombrices de agua, ácaros de agua y sanguijuelas o chupa-sangres.

Los macroinvertebrados pueden vivir:



en hojas flotantes y en sus restos,



en troncos caídos y en descomposición,



en el lodo o en la arena del fondo del río,



sobre o debajo de las piedras,



donde el agua es más correntosa y



en lagunas, lagos, aguas estancadas, pozas y charcos.

Los macroinvertebrados se multiplican en grandes cantidades, se pueden encontrar miles en un metro cuadrado. Son parte importante en la alimentación de los peces.

Los macroinvertebrados pueden alimentarse de:



plantas acuáticas, restos de otras plantas y algas,



otros invertebrados y peces,



pequeños restos de comida en descomposición y elementos nutritivos del suelo,



animales en descomposición,



elementos nutritivos del agua y



sangre de otros animales.

Los macroinvertebrados tienen muchas formas; así, las conchas son redondeadas, los escarabajos son ovalados, las lombrices son alargadas y los caracoles tienen forma de espiral.



redondeados



ovalados



alargados



alargados



espiralados

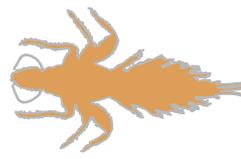
Algunos tienen muchas patas, por ejemplo, los camarones tienen 10, los ácaros 8 y los chicaposos 6. Otros no tienen patas, como las larvas de mosca.



10 patas



8 patas



6 patas



Sin patas

Casi todos los macroinvertebrados tienen colores parecidos al sitio donde viven. Por ejemplo, las conchas tienen colores oscuros, como el lodo que las rodea; las moscas de piedra son café amarillento, como las piedras cercanas.

¿Por qué se usan macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua?

Los científicos han clasificado a cada macroinvertebrado con un número que indica su sensibilidad a los contaminantes. Estos números van del 1 al 10. El 1 indica al menos sensible, y así, gradualmente, hasta el 10, que señala al más sensible.

De acuerdo con esta sensibilidad se clasifican en cinco grupos:

SENSIBILIDAD	CALIDAD DE AGUA	CALIFICACIÓN
No aceptan contaminantes	Muy buena	9-10
Aceptan muy pocos contaminantes	Buena	7-8
Aceptan pocos contaminantes	Regular	5-6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	3-4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala	1-2

Por ejemplo, las lombrices de agua tienen una sensibilidad de 1, porque se encuentran por miles en ríos de aguas negras. Los caballos del diablo, en cambio, tienen una sensibilidad de 10, porque sólo se encuentran en aguas muy limpias y cristalinas.

En la lámina que acompaña este manual encontrará la clasificación de los macroinvertebrados más comunes para los trópicos y algunas características para identificarlos fácilmente. Adicionalmente, contiene información sobre su alimentación, sus hábitats y su sensibilidad.

¿Cómo puede saber si su río está sano?

Un recorrido de observación nos ayuda a conocer mejor el problema y ubicar las áreas a monitorear.

Una de las primeras actividades que debe realizar es una revisión del río y sus alrededores para observar las condiciones que presenta, conocerlo mejor y descubrir por qué se está afectando la calidad del agua.

He aquí algunos pasos a seguir:

1. Seleccione las áreas donde realizará las observaciones

A lo largo del río se desarrollan varias actividades y hechos que están afectando o pueden afectar la calidad del agua; por ejemplo: deforestación en la cuenca cercana, derrames de petróleo, obras de canalización para riego, basura flotando en su corriente o arrojada en sus orillas, desagües de desechos industriales que dan al río, peces muertos, etcétera. De éstas, seleccione una o varias áreas donde suceden las actividades o hechos más graves; y otra donde el agua esté limpia y transparente, tenga cobertura vegetal y muchas especies animales. Así podrá comparar las condiciones del agua.

2. Elija el tamaño de las áreas que quiere observar

En las áreas seleccionadas trate de cubrir, por lo menos, 500 metros. Recuerde que en un área más amplia requerirá el apoyo de un mayor número de personas y exigirá más trabajo y tiempo.

3. Decida cuándo realizará los recorridos

Debido a que las condiciones del río cambian de acuerdo con la época del año, es recomendable realizar recorridos por lo menos dos veces al año, en la estación seca y en la lluviosa. Desde luego, si se producen accidentes, como derrames de petróleo, químicos u otros elementos extraños al río, debe realizar un recorrido de observación en esos momentos.

4. Reúna el material necesario

Para cada recorrido necesitará:

- (✓) Papel y lápiz
- (✓) Tabla para asentar las hojas de papel
- (✓) Hojas de papel en blanco
- (✓) Regla
- (✓) Botas
- (✓) Mapas u otra información de los sitios contaminados

5. Realice un recorrido de reconocimiento por la cuenca

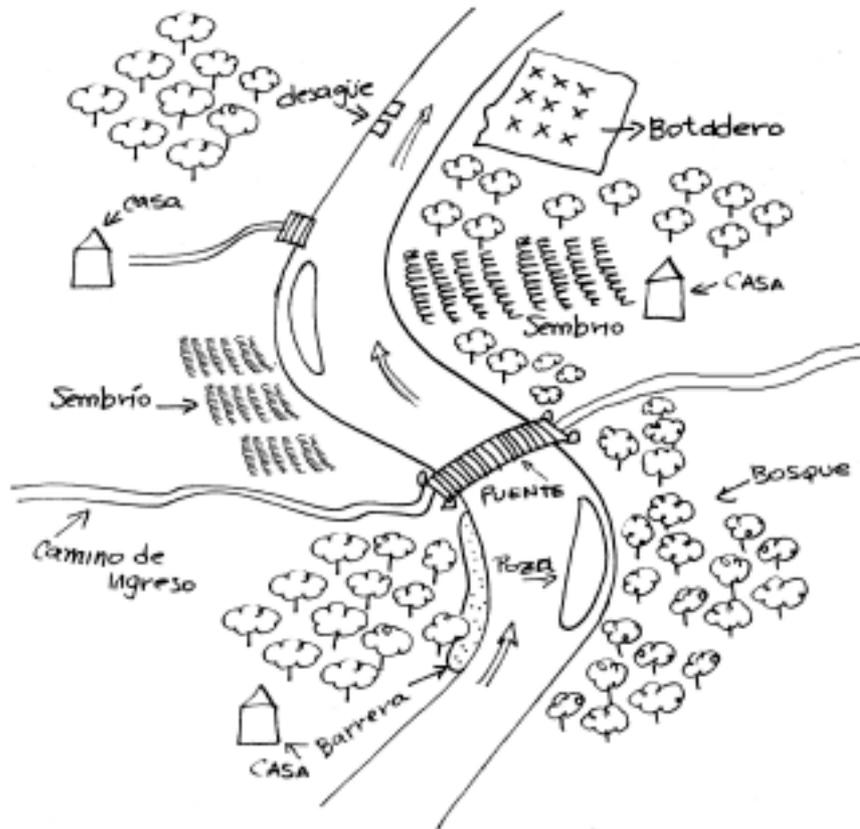
El propósito de este recorrido es conocer el uso que se da a la tierra que rodea al río y los problemas de contaminación que ocurren o pueden ocurrir.

A continuación le ofrecemos algunas orientaciones para hacerlo. A medida que realiza el recorrido por la cuenca observe lo siguiente:

- ¿La orilla tiene abundante vegetación?
- ¿Hay áreas con gran variedad de especies de animales y plantas?
- ¿Existen cultivos cerca del río?
- ¿Hay ganado en la cuenca cercana?
- ¿Existen áreas del río canalizadas, represadas o desviadas para riego?
- ¿El agua es correntosa y transparente?
- ¿Tiene olores extraños?
- ¿Hay basura, plantas o troncos cortando el flujo del agua y creando pozas?
- ¿Se arrojan al río desechos sólidos o industriales?
- ¿Existen derrumbes en los bancos?
- ¿El río tiene muchas corrientes, pozas y rápidos, una a continuación de otra?

Registre todo lo que vaya observando, haga dibujos del río señalando algunos elementos importantes (recorrido, pozas, corrientes, puentes, caminos de ingreso, casas, chacras, vegetación). Si es posible, tome fotografías de las áreas donde existan derrames, basura, daños en el río, etcétera. Tome en cuenta todas las cosas extrañas o raras que puede tener el río.

Un dibujo de las condiciones de la cuenca nos permite apreciar los cambios producidos.



Si sospecha que existe un problema, continúe averiguando hasta dar con su origen. Posteriormente, converse sobre lo observado con los demás miembros del equipo de monitoreo y trate de explicar las características de los diferentes sitios visitados.



En ese momento puede decidir, de acuerdo con las características de las áreas, dónde realizar el monitoreo. Por ejemplo, puede colocar dos sitios: un **área de control** y un **área afectada**. En la primera, el río debe estar saludable, sin alteraciones, con buena vegetación en sus orillas; el agua debe ser transparente y los peces y otros animales, fácilmente visibles. Los datos de esta zona le servirán para compararlos con los de otras áreas afectadas.

Si la segunda área muestra cambios evidentes como derrames, malos olores y falta de vegetación en la orilla, es ideal para monitorear.



**¿Cómo debe realizarse el
monitoreo con
macroinvertebrados
acuáticos?**

¿Cómo debe realizar el monitoreo con macroinvertebrados acuáticos?

Debemos utilizar la misma técnica de recolección en todas las áreas seleccionadas.

Existen varias técnicas para coleccionar macroinvertebrados, de todas éstas hemos elegido, por su sencillez y bajo costo, las que explicamos a continuación. El listado de materiales que se requiere para aplicar estas técnicas se encuentra en la **página 40**.

Antes de elegir cualquiera de las técnicas, tome en cuenta las condiciones del río, las facilidades del medio, las posibilidades y habilidades que tenga para elaborar ciertos materiales. Recuerde que deberá utilizar la técnica elegida en todas las áreas seleccionadas, en igual tiempo y superficie; por ejemplo, si elige la Red Surber deberá usarla en todas las áreas, remover el fondo en cada punto de muestreo durante un minuto y hacerlo en los 10 ó 15 puntos de muestreo a lo largo de los 30 ó 40 metros de extensión de cada área.



Piedras y hojarasca



¿En qué consiste?

En esta técnica se buscan macroinvertebrados en las piedras y hojas que se encuentran en el fondo, en la superficie y en la orilla de los ríos.



¿Dónde se realiza?

Aunque se puede realizar en cualquier río de fondo pedregoso y con vegetación flotante, es recomendable hacerlo en ríos corrientosos y con piedras grandes. No es aconsejable hacerlo en ríos que tienen fondo arenoso o arcilloso y que no tienen hojarasca en las orillas.

¿Cómo coleccionar los macroinvertebrados?

Ubique al menos dos sitios de recolección: un **área de control** y un **área afectada**, como se explicó en la **página 32**.

Fije un tiempo para coleccionar los macroinvertebrados, aunque éste depende del número de personas que participen en la actividad: puede ser de 30 minutos a una hora. Durante este tiempo debe buscar cuidadosamente los macroinvertebrados entre las piedras y en la hojarasca. Para facilitar la búsqueda, use una lupa y ayúdese de la **lámina de identificación** que viene junto con este manual.

Colecte los macroinvertebrados con la ayuda de pinzas y colóquelos en un frasco pequeño con alcohol. Escriba en la etiqueta el sitio, el nombre del estero o río, la fecha y la persona o personas que participaron en la recolección y póngala en el frasco.



Red de Patada



¿En qué consiste?

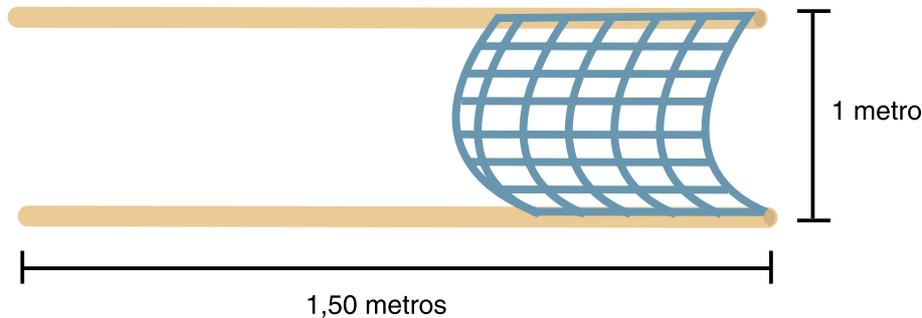
Esta técnica consiste en atrapar macroinvertebrados, removiendo el fondo del río. Se llama 'de patada' porque mientras uno de los miembros de la pareja da 'patadas', removiendo el fondo, la otra coloca la red río abajo para atraparlos.

¿Dónde se realiza?

Se utiliza en ríos medianamente torrentosos por los que se puede caminar, y poseen cualquier tipo de sustrato: fango, hojas, troncos, piedras, etcétera.

¿Cómo se hace la red?

Constrúyala con una malla plástica o metálica de aproximadamente un metro cuadrado. El ojo de red o malla debe ser de 0,5 a 1 milímetro. Clave, amarre o atornille, a los dos lados de la red, palos viejos de escoba de un metro y medio de largo, más o menos.



¿Cómo debe coleccionar los macroinvertebrados?

Defina la extensión en que va a hacer el muestreo: ésta puede ser de 10, 20 ó 30 metros.



Al ingresar al estero trate de hacerlo corriente abajo del sitio elegido, para no alterar ni remover los materiales del fondo.

Camine con su compañero o compañera lentamente corriente arriba. Uno de espaldas a la corriente "patea" el fondo; el otro, de cara a la corriente, recibe el material en la red hasta que ésta se llene o hasta que se termine el área de muestreo. Para evitar que el material recogido del fondo se derrame, arrastre la red inclinándola ligeramente.

Entonces, con la ayuda de su compañero o compañera, levante la red por los dos extremos y coloque el contenido en un balde con agua. Enjuague el material y ciérralo hasta que quede sólo el sedimento.

Coloque el sedimento en una bandeja de loza blanca, separe los macroinvertebrados del resto de material, recolectelos con la ayuda de una pinza y guárdelos en un frasco con alcohol, junto con la etiqueta. Escriba en la etiqueta el sitio, el nombre del estero o río, la fecha y la persona o personas que participaron en la recolección. Recuerde que debe guardar las muestras de cada sitio de muestreo en frascos diferentes.

Evite amontonar mucho sedimento en la bandeja, así la tierra del fondo no esconderá a los macroinvertebrados.



Red Surber



¿En qué consiste?

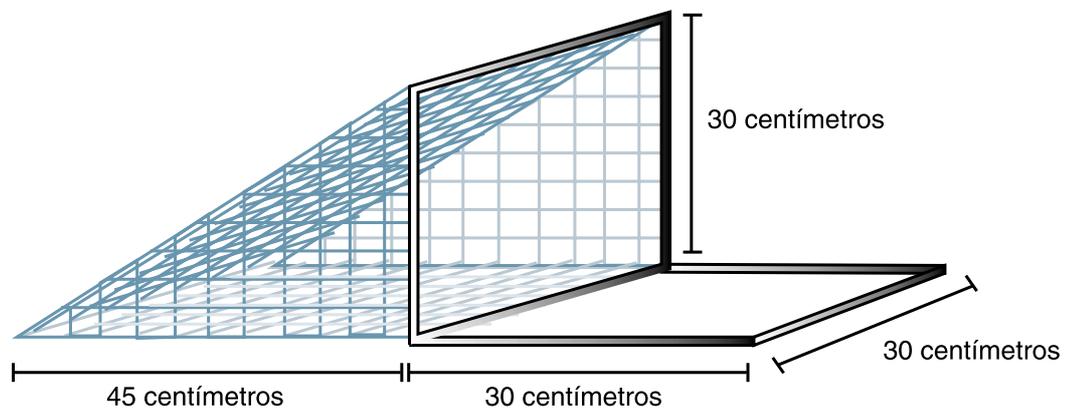
Se trata de atrapar macroinvertebrados con una red sujeta a un marco metálico, que abierta tiene forma de L, removiendo el fondo del río.

¿Dónde se realiza?

Se utiliza en ríos de poca profundidad, con corrientes más o menos torrentosas y fondo de piedras pequeñas, donde el agua no supere los 45 centímetros o el borde superior de una bota de caucho. No es recomendable realizar este muestreo en ríos donde el agua esté tranquila y el fondo sea de arena o lodo.

¿Cómo se hace la red?

Elabore un par de marcos, con platinas o varillas de metal, de 30 centímetros de alto por 30 centímetros de ancho; únalos por uno de sus lados formando una L. Al primer marco colóquese una red en forma de cono de 40 a 45 centímetros de profundidad. Esta red o malla puede ser de nylon, plástico o tela muy fina, pero resistente, y con un ojo de red o malla de 0,5 a 1 milímetro.



¿Cómo debe coleccionar los macroinvertebrados?

Al tratarse de una red más pequeña debe hacerlo en un mayor número de puntos de muestreo en cada sitio seleccionado, a fin de recoger material suficiente. Cada sitio puede tener una extensión de 30 ó 40 metros; en cada uno debe ubicar 10 ó 15 puntos de muestreo.



Trate siempre de ingresar al estero corriente abajo del sitio elegido, así, al acercarse, no alterará ni removerá los materiales del fondo.

Sostenga la red en la parte central de la corriente, o donde el agua sea más correntosa; ubique la boca de la malla frente a la corriente y asiente la base en el fondo del río.

En cada punto de muestreo remueva con la mano el fondo que está dentro de la base o marco de metal durante un minuto; para hacerlo, colóquese a un lado de la red, de modo que su cuerpo no bloquee la corriente de agua e impida el ingreso de sedimento a la red.

Una vez recogido el sedimento, póngalo en una tarrina (debe haber una para cada punto de muestreo, es decir, 20 ó 30 tarrinas en total). Con ayuda de agua, remueva todo el sedimento sobrante en la red hasta dejarla totalmente limpia.

Vierta el contenido de cada tarrina en una bandeja de loza blanca, sin mezclar una con otra; separe a los macroinvertebrados de los otros animales y materiales de la muestra; recoléctelos con la ayuda de una pinza e identifíquelos con la ayuda de la lámina. Guárdelos en un frasco con alcohol, junto con la etiqueta. Escriba en la etiqueta el sitio, el nombre del río o estero, la fecha y la persona o personas que participaron en la recolección. Recuerde que debe guardar las muestras de cada sitio de muestreo en frascos diferentes.



Materiales para el monitoreo

- (✓) Botas de caucho
- (✓) Pinzas metálicas de punta fina
- (✓) Frascos plásticos pequeños (según la técnica que se use, pero normalmente uno para cada área donde recoja las muestras).
- (✓) Alcohol puro (de acuerdo con el número y tamaño de tarrinas y frascos, aproximadamente un galón)
- (✓) Lápiz (no se debe usar esferográfico o pluma porque se borra con el alcohol)
- (✓) Papel para etiquetas
- (✓) Hojas de campo 1 y 2 para análisis de datos
- (✓) Lupa
- (✓) Estacas y cinta métrica
- (✓) Lámina de identificación de macroinvertebrados

Piedras y hojarasca	Red de Patada	Red Surber
Esta técnica no requiere más materiales que los señalados arriba.	<ul style="list-style-type: none"> (✓) Red de Patada (✓) Jarra plástica (✓) Balde grande (✓) Bandeja de loza blanca (✓) Cernidor con media nylon 	<ul style="list-style-type: none"> (✓) Red Surber (✓) Jarra plástica (✓) Bandeja de loza blanca (✓) Cernidor con media nylon (✓) Tarrinas (10 ó 15 por sitio)



¿Cómo debe identificar los macroinvertebrados?

Para realizar esta actividad necesita los siguientes materiales: frascos con muestras, pinzas, lámina de identificación, Hojas de campo 1 y 2, lupa y plato pequeño o tapa blanca.

En cada uno de los sitios de muestreo realice los siguientes pasos:

- 1) Separe las muestras del área de control de las del área afectada, para evitar confusiones durante la identificación y el análisis.
- 2) Saque los macroinvertebrados de cada uno de los frascos, sin mezclarlos, y colóquelos en un recipiente plano y limpio (un plato pequeño o una tapa blanca), con un poco de alcohol o agua, para que los pueda distinguir mejor.
- 3) Con la ayuda de la lámina de identificación agrupe los individuos que se parecen entre sí, identifique a qué grupo pertenecen y cuente cuántos individuos tiene cada grupo. Repita este proceso con los macroinvertebrados recogidos en el otro frasco.
- 4) Recuerde que en la técnica de Red Surber se emplean varios frascos en una misma área; por lo tanto, en todos los frascos del área de control debe identificar y contar los individuos de cada grupo y obtener el número total de individuos (abundancia) y hacer lo mismo con todos los frascos del área afectada. Mientras que en la Red de Patada y en la de Piedras y hojarasca únicamente se requieren dos frascos: uno para el área de control y otro para el área afectada.

¿Cómo debe utilizar la lámina de identificación?

En esta lámina constan los grupos de macroinvertebrados más comunes encontrados en los ríos y esteros del noroccidente de la provincia de Esmeraldas. Se hallan clasificados por su sensibilidad a la contaminación del agua y por las características que los diferencian de otros grupos, por ejemplo, conchas, segmentos, colas, patas, alas, agallas y ganchos anales.

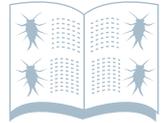
La lámina de identificación está diseñada para ayudarle a identificar cada grupo de macroinvertebrados de acuerdo con sus características más generales.

En la parte superior de la lámina se describen dos opciones, debe elegir la característica que corresponda al grupo que está tratando de identificar. Por ejemplo: la primera característica es **si tiene o no concha**; si la tiene, baje a la siguiente línea del lado izquierdo; si no la tiene, vaya a la línea del lado derecho.

La segunda característica del lado izquierdo es **si tiene una o dos conchas**; si tiene una concha observe el gráfico inferior; si tiene dos conchas, fíjese en el gráfico del lado derecho.

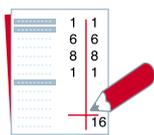
Continúe de esta forma hasta ubicar el grupo al que pertenecen los macroinvertebrados presentes en la muestra.

El dibujo de cada macroinvertebrado contiene la siguiente información: su clasificación científica, nombres locales; figuras o dibujos que indican el tipo de alimentación y el lugar donde vive. Además, incluye un número que muestra la sensibilidad de cada macroinvertebrado a la contaminación, según lo explicado en la **página 30**.



¿Cómo debe analizar los macroinvertebrados?

Una vez que ha identificado los distintos grupos de macroinvertebrados debe realizar los siguientes análisis:



1	1
6	6
8	8
1	1
16	16

Análisis EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

Este análisis se hace mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecoptera o moscas de piedra y Trichoptera. A continuación se explica cómo llenar la **Hoja de Campo 1** para el análisis EPT. Debe llenar una de estas hojas por cada área de muestreo.

- Una vez que haya identificado los grupos presentes en cada área, anote en la columna de **Abundancia de Individuos** de la Hoja de Campo 1 la cantidad de macroinvertebrados frente al grupo que corresponda. Si algún grupo no corresponde a ninguno de los grupos que constan en la lista, anote el número de individuos frente a la fila de **Otros grupos**.
- Sume todos los números de la columna de Abundancia de Individuos y anote el resultado en el cuadro de **Total**. Según el ejemplo que usamos a continuación, el resultado sería: 153 individuos.
- Copie los mismos números que están en las filas de color gris de la columna de Abundancia de Individuos en la columna de **EPT Presentes**, siguiendo la flecha. Las filas que tienen color gris en la Hoja de Campo 1 representan los grupos de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT).
- Sume los números de la columna EPT Presentes y anote el resultado en el cuadro de Total. En el ejemplo, 90 individuos.
- Divida el total de EPT Presentes para el total de Abundancia de Individuos. De acuerdo con el ejemplo, 90 (EPT Presentes), para 153 (Abundancia de Individuos). El resultado es 0,58. Éste es el valor de la relación de Ephemeropteras, Plecopteras y Trichopteras presentes en la muestra.
- Multiplique este valor por cien para sacar el porcentaje. Siguiendo con el ejemplo: $0,58 \times 100 = 58\%$.
- Compare este valor con el cuadro de calificaciones. De acuerdo con el ejemplo, 58% corresponde a agua de **BUENA CALIDAD**.

Hoja de campo 1: Índice EPT

Sitio de colección: ÁREA DE CONTROL

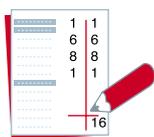
Nombre del río o estero: Angosturita

Fecha de colección: 15 de mayo de 1999

Personas que colectaron: Otto Corozo y Clemente Ayoví

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (Número de Individuos)	EPT PRESENTES
Anisoptera		
Bivalvia		
Baetidae	25	⇒ 25
Ceratopogonidae	1	
Chironomidae	15	
Corydalidae	5	
Elmidae	25	
Euthyplociidae	4	⇒ 4
Gastropoda		
Glossosomatidae	2	⇒ 2
Gordioidea		
Hirudinea		
Hydrachnidae		
Hydrobiosidae	5	⇒ 5
Hydropsichidae	30	⇒ 30
Leptoceridae	10	⇒ 10
Leptohyphidae	5	⇒ 5
Leptophlebiidae		⇒
Naucoridae		
Oligochaeta		
Oligoneuridae	2	⇒ 2
Perlidae	1	⇒ 1
Philopotamidae	6	⇒ 6
Psephenidae	5	
Ptilodactylidae	1	
Pyralidae	3	
Simuliidae		
Tipulidae		
Turbelaria		
Veliidae		
Zygoptera		
Otros grupos	8	
TOTAL	153	90
EPT TOTAL ÷ ABUNDANCIA TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	$90 \div 153 = 0,58$ $0,58 \times 100 = 58\%$

Calidad de Agua	
75 - 100%	Muy buena
50 - 74%	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Mala



1	1
6	6
8	8
1	1
<hr/>	
16	16

Análisis de Sensibilidad¹

Este análisis toma en cuenta el grado de sensibilidad que tienen las diferentes familias de macroinvertebrados a los contaminantes. Por esta razón debe determinar la **Presencia** de los diferentes grupos de macroinvertebrados, y no el número de individuos (Abundancia). Para este análisis utilice la **Hoja de Campo 2**. Esta hoja ya contiene los números de sensibilidad de cada familia. Recuerde que debe llenar una hoja por cada área de muestreo.

- Ubique las familias encontradas en cada área de muestreo en el listado que consta en la Hoja de Campo 2, copie los números de **Sensibilidad** que tiene cada familia y anótelos en la columna de Presencia; por ejemplo, si en la muestra encontró Baetidae, anote el número de sensibilidad; en este caso 8, en la columna de Presencia.
- Sume toda la columna de Presencia y anote el resultado en el cuadro de Total, de acuerdo con el ejemplo, 123. Éste es el valor de Sensibilidad que tiene la muestra.
- Compare el total de Presencia con el cuadro de **Índice de Sensibilidad**. En este caso, 123 corresponde a **MUY BUENA** calidad del agua.

Hoja de campo 2: Índice de sensibilidad

Sitio de colección: ÁREA DE CONTROL

Nombre del río o estero: Angosturita

Fecha de colección: 15 de mayo de 1999

Personas que colectaron: Otto Corozo y Clemente Ayoví

CLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD	PRESENCIA
Anisoptera	8	
Bivalvia	?	
Baetidae	7	7
Ceratopogonidae	3	3
Chironomidae	2	2
Corydalidae	6	6
Elmidae	6	6
Euthyplociidae	9	9
Gastropoda	3	
Glossosomatidae	7	7
Gordioidea	3	
Hirudinea	3	
Hydrachnidae	10	
Hydrobiosidae	9	9
Hydropsichidae	5	5
Leptoceridae	9	9
Leptohyphidae	7	7
Leptophlebiidae	9	
Naucoridae	7	
Oligochaeta	1	
Oligoneuridae	10	10
Perlidae	10	10
Philopotamidae	8	8
Psephenidae	10	10
Ptilodactylidae	10	10
Pyralidae	5	5
Simuliidae	8	
Tipulidae	3	
Turbelaria	5	
Veliidae	8	
Zygoptera	8	
Otros grupos	?	
TOTAL		123

Calidad de Agua	
101 - 145	Muy buena
61 - 100	Buena
36 - 60	Regular
16 - 35	Mala
0 - 15	Muy mala

? Se desconoce su Sensibilidad.

Identificación y análisis del área afectada

Una vez que haya obtenido los índices de **EPT** y **Sensibilidad** del **área de control**, es necesario que realice el mismo proceso con los macroinvertebrados del **área afectada**. Para esto, agrupe los macroinvertebrados que se parecen entre sí, identifique a qué grupo pertenecen y cuente el número de individuos de cada grupo; posteriormente llene la Hoja de Campo 1 para que pueda obtener el **Índice EPT** y la Hoja de Campo 2 para el **Índice de Sensibilidad**.

Comparación entre el área de control y el área afectada

Ahora que ya cuenta con información de las dos áreas, compare los resultados obtenidos y observe si existen cambios en la calidad del agua.

¿Qué debe hacer con los datos obtenidos?

Revise los datos obtenidos

Para garantizar que la información sea correcta, compruebe los datos obtenidos en el monitoreo de la siguiente manera:

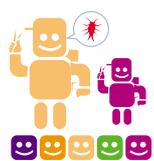
1. Examine detenidamente **las hojas de campo** para comprobar que los datos estén completos, las sumas bien realizadas, los cálculos bien hechos y que los datos estén bien registrados y claros.
2. Compare **los resultados obtenidos** con los de otros sitios de características parecidas (si están disponibles), y también con los resultados de estudios de años anteriores (si los ha realizado o conoce quién los hizo) para encontrar diferencias o parecidos entre ellos. De esta forma podrá comprobar que los datos del muestreo son verdaderos y reflejan el cambio ocurrido en la calidad del agua.



Elabore informes o reportes

Otra de las tareas que debe realizar luego del monitoreo es elaborar informes o reportes para dar a conocer los resultados del estudio.

Al redactar estos reportes tome en cuenta que existen públicos diferentes. Para el público en general puede elaborar informes sencillos y cortos; y otros más detallados, amplios y técnicos para las organizaciones, instituciones y personas relacionadas con el tema. Más adelante, en la **historia de monitoreo local con macroinvertebrados**, presentamos un ejemplo de la forma de reporte para el público en general.



Comparta esta información

Una vez que ha analizado los resultados y preparado los reportes, debe compartir esta información con los miembros de la comunidad y con los representantes de instituciones o empresas presentes en la zona. El objetivo es que todos estos actores entiendan mejor cómo se está afectando la calidad del agua y a los seres vivos que dependemos de ella. De esta manera, será más fácil cambiar el comportamiento de las personas, instituciones o empresas que tienen relación directa o indirecta con la contaminación de los ríos.

El conocer las causas que provocan la contaminación del agua debe motivar a la comunidad, empresas e instituciones a iniciar acciones que contribuyan a su solución. Dependiendo de las causas, algunas de estas acciones pueden ser:

- Antes de cortar los árboles, se debe contar con un Plan de Manejo Forestal en el que se describan los periodos de corta, las especies que van a aprovechar, el diámetro mínimo de corta, las áreas de conservación y los hábitats importantes que van a proteger. Esto garantiza la conservación a largo plazo del bosque nativo. Por cada árbol que cortamos, deberíamos sembrar dos.
- Proteger y mantener la vegetación que se encuentra en las orillas de ríos y quebradas ayuda a evitar la erosión de los bancos, reduce las fuertes crecientes y sirve como corredor natural para aves y otros animales.
- Dejar una pequeña franja de plantas y árboles entre los cultivos y el río para crear un filtro natural que absorba los contaminantes usados en la agricultura y evitar que terminen en el agua del río.
- No arrojar basura en los ríos, porque esto afecta tanto la salud de las personas de la comunidad y la de los vecinos y vecinas que viven río abajo como la de los otros seres que viven y dependen del río. La basura, como pilas, plásticos, etcétera, puede ser enterrada en lugares alejados de los centros poblados; los restos de comida pueden ser utilizados como abono, y algunos plásticos, latas y vidrios pueden ser reutilizados.
- Pescar sólo con caña y anzuelo, chuzo, arpón o atarraya; nunca con barbasco, dinamita, DDT o plaguicidas. Estas formas de pesca no sólo matan a las crías y huevos de peces y otros animales que viven en el río, sino que contaminan el agua que usan tanto los pobladores de la comunidad como los de las comunidades río abajo.
- Las empresas mineras, petroleras y otras que contaminen las aguas deben disminuir el impacto de químicos, petróleo, carreteras, etcétera, controlando o evitando las actividades que los producen. La comunidad debe exigir que esto se cumpla monitoreando y controlando los impactos ambientales que producen estas empresas.



Una historia de monitoreo local

Una historia de monitoreo local

El siguiente testimonio cuenta el proceso vivido por una comunidad que decidió realizar monitoreo biológico. La forma en que está presentado permite, al mismo tiempo, conocer cómo llevar a cabo acciones de monitoreo en el ámbito local e ilustrar la forma de elaborar un informe para el público en general. Para facilitar su comprensión se han incluido subtítulos que representan los temas básicos que deben constar en un informe.

Descripción breve del problema

En la comunidad de Getsemaní, ubicada en el cantón Lita, provincia de Imbabura, la gente dependía de la producción de cabuya.

Junto a la comunidad de Getsemaní está el río Cachaco, que la gente utilizaba para lavar la ropa, bañarse, y como fuente de agua para consumo humano y animal. Hace algunos años en este río se podían observar peces.

La gente lavaba la cabuya en ciertos sectores del río. Con el tiempo, el agua dejó de servir para el consumo humano, la gente que se bañaba tenía problemas en la piel y los peces fueron desapareciendo.

Razón o propósito del monitoreo

Nabor Paspuel, una persona muy preocupada por los problemas de su comunidad, y un grupo de gente de la comunidad decidieron averiguar qué estaba pasando con el agua del río. Para esto, el grupo se reunió y realizó un recorrido por el río y la carretera paralela, observando los sitios en que se lavaba cabuya. Luego de su recorrido, Nabor y su equipo descubrieron que la vegetación de sus orillas había sido cortada para sembrar cabuya y otros productos como naranjilla.

Al conversar sobre lo observado, advirtieron que la mayor parte de la cuenca se hallaba afectada por estos cultivos. Luego, decidieron realizar un muestreo con macroinvertebrados para comprobar claramente si el lavado de cabuya producía efectos en el río.

Tipo de técnica utilizada

Su río era fácilmente caminable, con muchas piedras en el fondo y grandes piedras en sus orillas. Por esta razón, y como no tenían muchos recursos, decidieron que la mejor opción era realizar un muestreo en las piedras y las hojas caídas en el río (**Técnica de Piedras y hojarasca**).

El equipo conformado por cinco personas consiguió algunos materiales: unos frascos vacíos de mayonesa con un poco de alcohol, unas pinzas de depilar cejas, una bandeja, un balde viejo de pintura, sus botas de campo, machete para cortar estacas y las láminas y hojas de campo.





Ubicación de las áreas a monitorear

Estos problemas podrían haber sido ocasionados por el lavado de cabuya. Por esta razón, el equipo decidió hacer un muestreo en dos áreas: **área afectada**, donde se lavaba cabuya, y **área de control**, donde no se lavaba cabuya.

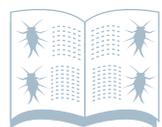
Proceso de monitoreo

Después de una hora de búsqueda, el equipo realizó anotaciones de los alrededores del río, observó la vegetación de la orilla, olores, basura, y si había bancos dañados o canalización para riego. Después caminó río arriba, donde no se lavaba cabuya, anotó las condiciones del río y sus alrededores, y recolectó macroinvertebrados durante una hora.

Mientras una de las personas del equipo lavaba cabuya en el río, el resto buscó los macroinvertebrados entre las piedras y la hojarasca, durante una hora, río abajo del sitio del lavado.

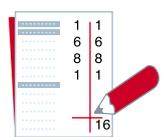


El equipo recogió, con la ayuda de una pinza, las larvas de insectos y otros animalitos y los colocó en los frascos. Escribió con marcadores el nombre del sitio o área afectada y la fecha en la tapa y a los lados. También escribió en una etiqueta con lápiz el sitio, el nombre del río, la fecha y las personas que participaron en la recolección, y la puso dentro de los frascos, para evitar confusiones al momento de la identificación.



Con la ayuda de la lámina de identificación de macroinvertebrados, pinzas y lupas pudo reconocer las familias de macroinvertebrados que se encontraban en los distintos frascos con alcohol.

Al principio le fue un poco difícil, pero a medida que se fue familiarizando con algunas formas y partes de los bichos, como patas, abdomen, antenas y otras que diferencian a unos animales de otros, fue más fácil.



Resumen de los resultados

A continuación el equipo llenó la Hoja de Campo 1 para el Índice EPT y la Hoja de Campo 2 para el Índice de Sensibilidad y obtuvo los datos que se presentan en las páginas siguientes:

Hoja de campo 1: Índice EPT (Ejemplo)

Sitio de colección: RÍO ARRIBA O ÁREA DE CONTROL

Nombre del río o estero: Cachaco

Fecha de colección: 6 de abril de 1998

Personas que colectaron: Nabor Paspuel y Edison Molina

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (Número de Individuos)	EPT PRESENTES
Anisoptera		
Bivalvia		
Baetidae	51	51
Blepharoceridae		
Calopterygidae		
Ceratopogonidae		
Chironomidae	4	
Corydalidae		3
Elmidae	62	
Gerridae	9	
Glossosomatidae	1	
Helicopsychidae	1	1
Hydropsychidae	37	37
Hydroptilidae		
Leptoceridae	66	
Leptohyphidae	13	13
Leptophlebiidae	117	117
Libellulidae	1	
Limnocharidae	1	
Lutrochidae		
Naucoridae	3	
Perlidae	42	42
Philopotamidae	2	2
Polycentropodidae	1	1
Polythoridae	1	
Psephenidae	3	
Psychodidae		
Ptilodactylidae	2	
Pyralidae		
Simuliidae		
Tipulidae		
Glossiphoniidae		
TOTAL	360	270
EPT TOTAL ÷ ABUNDANCIA TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	$270 \div 360 = 0,75$ $0,75 \times 100 = 75\%$

Calidad de Agua

75 - 100%	Muy buena
50 - 74%	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Mala

Hoja de campo 1: Índice EPT (Ejemplo)

Sitio de colección: RÍO ABAJO O ÁREA AFECTADA

Nombre del río o estero: Cachaco

Fecha de colección: 7 de abril de 1998

Personas que colectaron: Nabor Paspuel y Edison Molina

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (Número de Individuos)	EPT PRESENTES
Anisoptera		
Bivalvia		
Baetidae	27	⇒ 27
Blepharoceridae	10	
Calopterygidae	1	
Ceratopogonidae	1	
Chironomidae	13	
Corydalidae	3	
Elmidae	10	
Gerridae		
Glossosomatidae		
Helicopsychidae		⇒
Hydropsychidae	4	⇒ 4
Hydroptilidae	2	⇒ 2
Leptoceridae		⇒
Leptohyphidae	127	⇒ 127
Leptophlebiidae	2	⇒ 2
Libellulidae	5	
Limnocharidae	2	
Lutrochidae	1	
Naucoridae	7	
Perlidae	42	⇒ 42
Philopotamidae	2	⇒ 2
Polycentropodidae	1	⇒ 1
Polythoridae		
Psephenidae	4	
Psychodidae	1	
Ptilodactylidae	2	
Pyralidae	2	
Simuliidae	3	
Tipulidae	1	
Glossiphoniidae	1	
TOTAL	229	162
EPT TOTAL ÷ ABUNDANCIA TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	$162 \div 229 = 0,70$ $0,70 \times 100 = 70\%$

Calidad de Agua

75 - 100%	Muy buena
50 - 74%	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Mala

Hoja de campo 2: Índice de sensibilidad (Ejemplo)

Sitio de colección: RÍO ARRIBA O ÁREA DE CONTROL

Nombre del río o estero: Cachaco

Fecha de colección: 6 de abril de 1998

Personas que colectaron: Nabor Paspuel y Edison Molina

CLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD	PRESENCIA
Anisoptera	8	
Bivalvia	?	
Baetidae	7	7
Ceratopogonidae	3	
Chironomidae	2	2
Corydalidae	6	6
Elmidae	6	6
Ethyplociidae	9	
Gastropoda	3	
Glossosomatidae	7	7
Gordioidea	3	
Hirudinea	3	
Hydrachnidae	10	
Hydrobiosidae	9	
Hydropsichidae	5	5
Leptoceridae	9	9
Leptohiphidae	7	7
Leptophlebiidae	9	9
Naucoridae	7	7
Oligochaeta	1	
Oligoneuridae	10	
Perlidae	10	10
Philopotamidae	8	8
Psephenidae	10	10
Ptilodactylidae	10	10
Pyralidae	5	
Simuliidae	8	
Tipulidae	3	
Turbelaria	5	
Veliidae	8	
Zygoptera	8	
Otros grupos	?	
TOTAL		103

Calidad de Agua	
101 - 145	Muy buena
61 - 100	Buena
36 - 60	Regular
16 - 35	Mala
0 - 15	Muy mala

Hoja de campo 2: Índice de sensibilidad (Ejemplo)

Sitio de colección: RÍO ABAJO O ÁREA AFECTADA

Nombre del río o estero: Cachaco

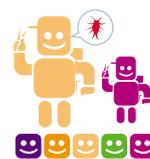
Fecha de colección: 7 de abril de 1998

Personas que colectaron: Nabor Paspuel y Edison Molina

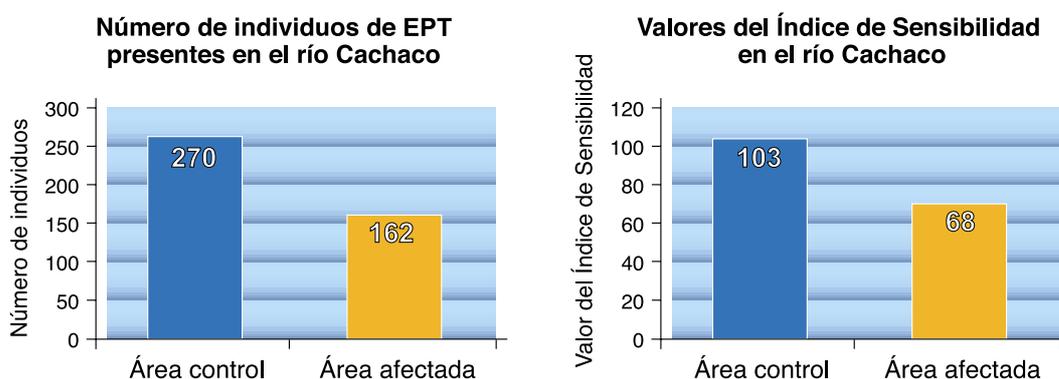
CLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD	PRESENCIA
Anisoptera	8	
Bivalvia	?	
Baetidae	7	7
Ceratopogonidae	3	3
Chironomidae	2	2
Corydalidae	6	6
Elmidae	6	6
Euthyplociidae	9	
Gastropoda	3	
Glossosomatidae	7	
Gordioidea	3	
Hirudinea	3	
Hydrachnidae	10	
Hydrobiosidae	9	
Hydropsichidae	5	5
Leptoceridae	9	
Leptohiphidae	7	7
Leptophlebiidae	9	9
Naucoridae	7	7
Oligochaeta	1	
Oligoneuridae	10	
Perlidae	10	
Philopotamidae	8	
Psephenidae	10	
Ptilodactylidae	10	
Pylalidae	5	5
Simuliidae	8	8
Tipulidae	3	3
Turbelaria	5	
Veliidae	8	
Zygoptera	8	
Otros grupos	?	
TOTAL		68

Calidad de Agua	
101 - 145	Muy buena
61 - 100	Buena
36 - 60	Regular
16 - 35	Mala
0 - 15	Muy mala

Luego de comprobar que la calidad del agua se redujo de muy buena (75%) a buena (70%), de acuerdo con el Índice EPT, y de muy buena (103) a buena (68) según el Índice de Sensibilidad, entre el área de control y el área afectada; Nabor y su equipo decidieron realizar una reunión para contar a la comunidad lo que habían encontrado y tomar decisiones para remediar el problema.



Para poder explicar a su comunidad y a otras personas interesadas, Nabor y su equipo prepararon los siguientes gráficos:



Recomendaciones

La primera acción para evitar el impacto de esta actividad fue cambiar su práctica: en lugar de seguir lavando en el río, decidieron hacerlo en estanques, y arrojar los desechos a la tierra, ya no directamente al río. De esta forma evitarían su contaminación y lo recuperarían para su uso doméstico y la pesca.

La segunda acción fue repetir el monitoreo, observar con más atención las prácticas que podrían afectar al río, y comprobar si las medidas tomadas con la cabuya estaban dando resultado.



El monitoreo con macroinvertebrados: paso a paso

El monitoreo con macroinvertebrados: paso a paso

Una manera de comprobar si el agua de su río es o no saludable, si está o no contaminada, es mediante el monitoreo biológico, que consiste en tomar información, en varias ocasiones, de las plantas y animales que viven en el río o sus alrededores, y al menos en dos áreas diferentes.

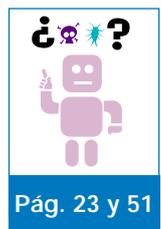
En este caso, el monitoreo se realiza con insectos y otros animales, denominados macroinvertebrados acuáticos, que viven en ríos y esteros. Se utilizan estos animales porque son sensibles a los cambios producidos en el agua; es decir, algunos de ellos desaparecen si la calidad del agua es mala; mientras otros, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación.

Para que el monitoreo sea efectivo debe hacerse antes y después de cualquier acción humana en la naturaleza; por ejemplo, antes y después de la extracción de madera. Otra opción es realizarlo en áreas afectadas y no afectadas; por ejemplo, si hay un derrame de petróleo, debe monitorearse en el lugar del accidente y un sitio río arriba, antes del área contaminada. De este modo se pueden comparar y analizar los resultados obtenidos.

Los siguientes pasos resumen de una manera simple y rápida la forma de hacer monitoreo biológico. Las figuras que se incluyen a continuación indican las páginas donde puede encontrar información más amplia de los distintos temas.

Ubique el problema, explique las causas y lo que se va a hacer

- Converse con los miembros de la comunidad sobre el estado del agua en su sector. ¿Qué enfermedades se presentan entre los pobladores? ¿Creen que estas enfermedades tienen que ver con la calidad del agua? ¿Estará el agua contaminada? ¿Cuáles pueden ser las causas de su contaminación?
- Explique claramente a su comunidad qué es, para qué sirve y cómo se hace el monitoreo.



Invite y organice al grupo

- Invite a participar en el monitoreo a personas de la comunidad que muestren interés en el tema.
- Forme un grupo de trabajo con gente de la comunidad. Procure, en lo posible, que el mismo equipo que comience el trabajo sea el que lo termine o, si cambian sus miembros, que se mantenga el número de integrantes hasta el final.



- Si lo hace con gente externa a la comunidad, busque personas del lugar que lo guíen. Mientras trabaja, explique cómo se hace el monitoreo para que la gente de la comunidad lo pueda hacer en el futuro.

Seleccione las áreas que va a monitorear



Pág. 32 y 52

- Realice un recorrido a lo largo del río y observe las condiciones en que se encuentra. Esto le permitirá elegir por lo menos dos áreas en las que realizará el monitoreo: un área de control, donde el río sea saludable, sin alteraciones, con buena vegetación en sus orillas; donde el agua sea transparente y los peces y otros animales sean fácilmente visibles. Y un área afectada, donde existan cambios notorios como derrames, malos olores, falta de vegetación en la orilla y escasez de animales.

Planifique el comienzo del monitoreo



Pág. 35 y 51

- Realice una reunión con todos los miembros del equipo para distribuir las responsabilidades. Cada uno debe tener tareas precisas como: medir el tiempo, llevar los materiales, medir el área, coleccionar e identificar los macroinvertebrados, tomar los datos, escribir los resultados, preparar el informe, etcétera.
- Escoja el día, la hora y los sitios para coleccionar macroinvertebrados. Dependiendo del problema, esta actividad puede tomar uno o varios días.

Elija la técnica adecuada



Pág. 35,
36 y 38

- De acuerdo con sus necesidades y con las condiciones que presente el río, decida con los miembros del equipo la técnica a utilizar.
- Para hacer monitoreo existen diferentes técnicas. Para explicar este caso usaremos como ejemplo la llamada **Red de Patada**.



Revise la lista de materiales

- Compruebe que tenga todo lo necesario y que se encuentre en buenas condiciones.



Pág. 40

Delimite las áreas

- Diríjase a las áreas seleccionadas anteriormente, mida con la cinta métrica la extensión en que va a realizar el muestreo (ésta puede ser de unos 30 metros de largo) y marque con las estacas los límites de cada área.

Colecte las muestras

- Para capturar los macroinvertebrados ponga la red en la parte más correntosa del río, en la estaca que se encuentra río abajo, y empiece a caminar río arriba. Su compañero, de espaldas a la corriente, debe "patear" el fondo. Los bichos serán arrastrados junto con el sedimento hacia la red.
- Continúe hasta completar los 30 metros, o hasta que la malla sea difícil de manejar por el peso del sedimento.
- Coloque todo el sedimento en un balde con agua. Vierta el sedimento en la bandeja, en pequeñas cantidades, y con abundante agua limpia.
- Separe los macroinvertebrados del sedimento y guárdelos en frascos con alcohol, con su respectiva etiqueta.
- Repita exactamente este procedimiento en la otra área seleccionada.



Pág. 35, 37,
39 y 52

Identifique los grupos presentes (orden, familia)

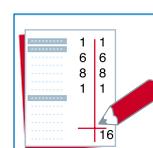
- Saque los macroinvertebrados, agrupe los que se parecen entre sí e identifique el orden y la familia a la que pertenecen con la ayuda de la lámina que se adjunta a este manual.



Pág. 40,
41 y 52

Analice los macroinvertebrados colectados

- Cunte los macroinvertebrados de cada familia, llene la Hoja de Campo 1: Índice EPT, realice las sumas y divisiones, calcule los porcentajes correspondientes y compare los resultados con el cuadro que indica la calidad del agua.



Pág. 42,
44 y 52

- Llene la Hoja de Campo 2: Índice de Sensibilidad. Copie los números de Sensibilidad de los grupos que haya encontrado en el muestreo, sume estos valores y compárelos con el cuadro que indica la calidad del agua.
- Repita estos análisis en el área afectada y compare sus resultados con los del área de control.

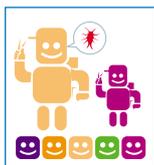
Haga un Informe



Pág. 46 y 57

- Puede hacer dos tipos de informes: uno corto y sencillo para el público en general, y otro técnico, con todos los detalles del estudio para las autoridades y empresas involucradas en el problema.

Comparta la información, analice y busque soluciones



Pág. 46 y 57

- Presente los resultados del estudio y analice algunas acciones que se podrían tomar en beneficio de su comunidad y del ambiente. Es importante lograr la participación activa de la mayoría de los miembros de la comunidad en favor de la salud de todos los seres vivos que dependen del agua del río.
- Algunas de estas acciones pueden ser: cortar los árboles sin abusar, para que el bosque nativo se recupere; proteger y mantener la vegetación que se encuentra en las orillas de ríos y quebradas; evitar arrojar basura en los ríos; pescar sólo con caña y anzuelo, arpón o atarraya; controlar que las empresas mineras, petroleras, madereras y otras industrias disminuyan los impactos ambientales negativos.
- El beneficio de estas y otras acciones sólo se notará a mediano o largo plazo. Para saber si la situación ha mejorado, debe continuar monitoreando el río por lo menos dos veces al año.

Si queremos que nuestros hijos e hijas vivan en un mundo mejor, debemos actuar ahora para proteger el lugar donde todos vivimos.

Términos utilizados

Agallas:	Las aberturas que tienen los peces a cada lado y que les sirven para respirar.
Antenas:	Cada uno de los filamentos que tienen en la cabeza muchos animales. Ejemplo: la cucaracha tiene antenas largas que le sirven para buscar alimento.
Cabecera:	Lugar donde nace un río. Ejemplo: la cabecera del río Guayas está en las nieves del Chimborazo.
Cauce:	Lugar por donde corren las aguas de ríos y esteros.
Contaminación:	Alteración, daño de la pureza de una sustancia o el estado de alguna cosa. Ejemplo: cuando se derrama petróleo se está contaminando la pureza del agua o del suelo.
Degradar:	Acción de reducir o desgastar las condiciones propias de una cosa o lugar. Ejemplo: las máquinas, al pasar por los esteros, están desgastando el suelo y eliminando los seres que viven en ellos.
Diversidad:	Variedad de cosas o seres vivos distintos entre sí. Ejemplo: diferentes grupos de insectos como Ephemeropteros, Plecópteros y Dípteros.
Drenaje:	Acción de sacar, vaciar o pasar el agua de un lugar a otro. Ejemplo: cuando el estero Potico envía sus aguas al río Santiago.
Larvas:	Animal en estado de desarrollo que ya ha abandonado su cubierta de huevo y es capaz de nutrirse por sí mismo, pero aún no ha adquirido la forma y organización propia de los adultos de su especie.
Ojo de malla:	Cada uno de los espacios de la red o malla. Ejemplo: una red de pesca tiene unos seis centímetros de ojo de malla.
Segmentos:	Porción o parte cortada de una cosa. Cada una de las partes que forma el cuerpo de insectos y lombrices de tierra. Ejemplo: las lombrices de tierra tienen en su cuerpo varios segmentos que parecen anillos.

Literatura consultada

- Dohner, E., Markowitz, A., Barbour, M., Simpson, J., Byrne, J., Dates, G., y Mayo, A. 1997. **Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual**. United States Environmental Protection Agency. Office of Water 4503F EPA 841-b-97-003. <http://www.epa.org/owow/monitoring/vol.html> 11/26/2000.
- EPA. 1989. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers. Benthic Macroinvertebrates and Fish**. United States Environmental Protection Agency. Washington DC.
- Laidlaw, T., Jackson, T., Ramírez, A. y Juárez, J. **Adopte una Quebrada**.
- Mitchell, M., Stapp, W. y Bixby, K. 1993. **Manual de campo de Proyecto del Río**. Una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. Impresora del Valle. Las Cruces, Nuevo México.
- Roldán, G. 2001. **Los macroinvertebrados y su uso como indicadores de la calidad del agua**. Memorias del taller "Medidas de la biodiversidad en Biología y Paleobiología", págs. 20-32.
- Roldán, G. 1992. **Fundamentos de Limnología Neotropical**. Editorial de la Universidad de Antioquia. Medellín.
- Roldán, G. 1988. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia**. FEN Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia. Medellín.
- Sangfors, O., Flachier, A., Astorga, A. y Páez, C. 2000. **La Salud de Nuestros Ríos "Manual y método simple de evaluación de la calidad del agua de los ríos"**. Ministerio de Energía y Minas, PRODEMİNCA. Quito.
- Terrell, C. y Bytnar, P. 1989. **Water Quality Indicators Guide: Surface Waters**. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Washington D.C.

Hoja de campo 1: Índice EPT

Sitio de colección:

Nombre del río o estero:

Fecha de colección:

Personas que colectaron:

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (Número de Individuos)	EPT PRESENTES
Anisoptera		
Bivalvia		
Baetidae		→
Ceratopogonidae		
Chironomidae		
Corydalidae		
Elmidae		
Euthyplociidae		→
Gastropoda		
Glossosomatidae		→
Gordioidea		
Hirudinea		
Hydrachnidae		
Hydrobiosidae		→
Hydropsichidae		→
Leptoceridae		→
Leptohyphidae		→
Leptophlebiidae		→
Naucoridae		
Oligochaeta		
Oligoneuridae		→
Perlidae		→
Philopotamidae		→
Psephenidae		
Ptilodactylidae		
Pyralidae		
Simuliidae		
Tipulidae		
Turbelaria		
Veliidae		
Zygoptera		
Otros grupos		
TOTAL		
EPT TOTAL ÷ ABUNDANCIA TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> ÷ = x 100 = % </div>

Calidad de Agua

75 - 100%	Muy buena
50 - 74%	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Mala

Hoja de campo 2: Índice de sensibilidad

Sitio de colección:

Nombre del río o estero:

Fecha de colección:

Personas que colectaron:

CLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD	PRESENCIA
Anisoptera	8	
Bivalvia	?	
Baetidae	7	
Ceratopogonidae	3	
Chironomidae	2	
Corydalidae	6	
Elmidae	6	
Ethyplociidae	9	
Gastropoda	3	
Glossosomatidae	7	
Gordioidea	3	
Hirudinea	3	
Hydrachnidae	10	
Hydrobiosidae	9	
Hydropsichidae	5	
Leptoceridae	9	
Leptohyphidae	7	
Leptophlebiidae	9	
Naucoridae	7	
Oligochaeta	1	
Oligoneuridae	10	
Perlidae	10	
Philopotamidae	8	
Psephenidae	10	
Ptilodactylidae	10	
Pyralidae	5	
Simuliidae	8	
Tipulidae	3	
Turbelaria	5	
Veliidae	8	
Zygoptera	8	
Otros grupos	?	
TOTAL		

Calidad de Agua

101 - 145	Muy buena
61 - 100	Buena
36 - 60	Regular
16 - 35	Mala
0 - 15	Muy mala

EcoCiencia

Es una entidad científica ecuatoriana, privada y sin fines de lucro, fundada en 1989, cuya misión es conservar la diversidad biológica mediante la investigación científica, la recuperación del conocimiento tradicional y la educación ambiental, impulsando formas de vida armoniosas entre el ser humano y la naturaleza.

SUBIR

Es un proyecto integrado de conservación y desarrollo concentrado en las zonas de influencia de varias áreas protegidas del Ecuador. El proyecto pretende probar que la conservación de la biodiversidad a largo plazo puede ser efectivamente combinada con un desarrollo comunitario autosostenido. SUBIR es un proyecto de CARE en coordinación con el Ministerio del Ambiente, comunidades y ONG locales (Jatun Sacha y EcoCiencia), y Wildlife Conservation Society (WCS), financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y donantes particulares.

The John D. & Catherine T. MacArthur Foundation

Es una institución privada e independiente de los Estados Unidos que apoya iniciativas de grupos o individuos, suministrando fondos para proyectos que mejoren las condiciones de vida de los seres humanos. La Fundación entrega estas donaciones dentro de ocho programas: Iniciativas Comunitarias, Educación, Salud, Miembros (Fellows), Paz y Cooperación Internacional, Población, Ambiente y Recursos Mundiales.

El monitoreo biológico es una herramienta que utiliza seres vivos, para indicar los cambios ocurridos en el ambiente. Entre estos seres, los macroinvertebrados acuáticos son los más utilizados para conocer la calidad del agua.

Manejada adecuadamente, esta herramienta se puede convertir en un sistema para alertar sobre problemas en la salud de los ríos. De esta forma, los seres humanos que dependemos de sus aguas tomaremos mejores decisiones para el manejo del agua dulce, un recurso cada vez más escaso y contaminado.

Aquí se presenta en forma didáctica la información imprescindible para un monitoreo efectivo de la calidad del agua, con técnicas sencillas y de fácil aplicación, en ríos y esteros tropicales.

Este manual se ha validado con comuneros del noroccidente de la provincia de Esmeraldas y está complementado con una lámina de identificación de las familias de macroinvertebrados más comunes para los trópicos americanos.

Aun cuando el manual puede requerir de una labor de capacitación para que actores locales se involucren en estas actividades, confiamos en que muchas personas y grupos se comprometerán en este proceso de protección del ambiente y sus recursos, en el corto y mediano plazo.



**THE JOHN D. AND CATHERINE T.
MACARTHUR FOUNDATION**

