

Protocolo de Macroinvertebrados de Agua Dulce



Objetivo General

Mostrar, identificar y contar los macroinvertebrados en el Sitio de Estudio de Hidrología

Visión General

El alumnado recopilará, clasificará, identificará y contará los macroinvertebrados de los hábitats del Sitio de Estudio.

Objetivos Didácticos

El alumnado aprenderá a:

- Identificar macroinvertebrados en su Sitio de Estudio.
- Entender la importancia de las muestras representativas.
- Utilizar la biodiversidad y otras medidas en la investigación (avanzada) de macroinvertebrados.
- Revisar las razones de los cambios en la colonia de macroinvertebrados en el Sitio de Estudio (avanzado)
- Compartir los resultados del proyecto con otros centros GLOBE;
- Colaborar con otros centros GLOBE (del propio país o de otros).
- Compartir observaciones mediante la presentación de datos en el archivo de GLOBE.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Los suelos tienen propiedades de color, textura y composición; también sustentan el crecimiento de muchos tipos de plantas.

Los suelos están formados por rocas erosionadas y materia orgánica descompuesta.

Ciencias de la Vida

Los organismos tienen necesidades básicas

Los organismos sólo pueden sobrevivir en medios donde sus necesidades están cubiertas.

La tierra tiene diversos tipos de ambientes que mantienen diferentes combinaciones de organismos.

Las funciones de los organismos están relacionadas con su ambiente.

Los organismos cambian el medio ambiente en el que viven.

El ser humano puede cambiar el entorno natural.

Los ecosistemas demuestran la naturaleza complementaria de estructura y función.

Todos los organismos deben ser capaces de obtener y utilizar los recursos mientras viven en un entorno en cambio constante.

Todas las poblaciones que viven conjuntamente y los factores físicos con los que interactúan, constituyen un ecosistema.

Las poblaciones de organismos pueden ser clasificadas por la función que realizan en el ecosistema.

Los sistemas vivos requieren una entrada continua de energía para mantener su organización química y física.

La interacción de los organismos ha evolucionado conjuntamente a lo largo del tiempo.

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y conducir investigaciones científicas

Utilizar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones adecuadas utilizando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas

Comunicar los procedimientos y explicaciones.

Tiempo

De 3 a 6 horas para recoger muestras, contar, identificar y conservar los ejemplares.

El tiempo puede variar según la abundancia y la diversidad de los organismos.

Nivel

Medio y Avanzado

Frecuencia

2 veces al año

Materiales y Herramientas*Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados*

El equipamiento utilizado para recoger agua para las medidas químicas en el Sitio de Estudio de Hidrología (opcional).

Guantes de látex

Varios tarros de plástico (0,5 a 3 l)

Varios frascos pequeños de plástico

De uno a cuatro frascos lavadores o pulverizadores (1 a 2 l)

Muchas jeringuillas de 20 ml (el extremo debe ser de aproximadamente 5 mm de diámetro).

Varios cuentagotas (el extremo deber ser de aproximadamente 2 mm de diámetro)

Pinzas pequeñas y grandes, de plástico o de metal.

Varias lupas.

De 2 a 6 cubos blancos de 5 l.

Bandejas blancas

Bandeja de muestras (opcional)

2 cedazos: uno de 0,5 mm (o más pequeño), y otro entre 2-5 mm.

Claves de identificación de macroinvertebrados aplicable en la zona.

Calzado apropiado

Botes para los ejemplares con una solución de conservación (70% etanol) y tapas bien ajustadas (opcional).

Cuadrante de 1x1 m. (opcional)

Para sustratos rocosos en el Protocolo de Agua Corrientes:

- Red de retroceso (0,5 mm de malla)
- Cronómetro o reloj
- Un cuadrado de tejido resistente blanco (de 110 cm por 110 cm)

Para el hábitat de agua dulce del Protocolo de Macroinvertebrados:

- Red en forma de D (0,5 mm de malla)
- Pala

Preparación

Practicar la identificación de macroinvertebrados utilizando claves.

Fabricar o comprar una red adecuada para el Sitio de Estudio de Hidrología.

Recoger dibujos o libros que ilustren los macroinvertebrados locales.

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolo de Descubrimiento de Macroinvertebrados – Introducción

Los Macroinvertebrados son pequeños animales sin columna vertebral que pueden ser vistos sin necesidad del microscopio. Viven alrededor de la vegetación viva o muerta, en la superficie o en los sedimentos de los cuerpos de agua. Incluyen a muchas larvas e insectos, como mosquitos, libélulas, etc que comienzan su vida en el agua antes de convertirse en insectos de tierra cuando maduran. Otros ejemplos de macroinvertebrados comunes serían los crustáceos (como el cangrejo), los caracoles, lombrices y sanguijuelas. Los macroinvertebrados pueblan estanques y arroyos en enormes cantidades – siendo a veces miles en un metro cuadrado. Son una parte importante de la cadena alimenticia.

Los macroinvertebrados nos dicen cosas sobre las condiciones dentro de un cuerpo de agua. Muchos macroinvertebrados son sensibles a los cambios de pH, de oxígeno disuelto, de temperatura, salinidad, turbidez y otros cambios en su hábitat. El hábitat es el lugar que cuenta con todo lo que el animal necesita para vivir y crecer. Esto incluye recursos alimenticios, características físicas del ambiente, así como lugares y materiales para construir nidos, cuidar a las crías y mantenerlas a salvo de los predadores. El hábitat incluye rocas, ramas, vegetación en descomposición y otros organismos vivos como las plantas.

Para el Protocolo de Macroinvertebrados de agua dulce queremos medir la biodiversidad, examinar la ecología de los cuerpos de agua y explorar las relaciones entre la composición química del agua y los organismos del Sitio de Estudio de Hidrología. La mayoría de las veces es imposible

contar todos los individuos de cada especie presente en un hábitat. Por ello se toman muestras de organismos en el hábitat, y se calcula la diversidad encontrada en estas muestras para estimar la verdadera biodiversidad en el hábitat. La biodiversidad es el número de especies diferentes de organismos en un ecosistema y el número de individuos de cada especie. A menudo la biodiversidad se obtiene de los datos de las especies, pero puede ser también el número de categorías más amplias, como por ejemplo los diferentes tipos de artrópodos.

Los científicos a menudo utilizan las mediciones para aprender sobre la ecología del cuerpo de agua. Las medidas derivan del recuento de organismos en las muestras de los diferentes Sitios de Estudio. Una simple medida es el número de organismos. Los organismos pueden colocarse en grupos por porcentajes según las estrategias de alimentación (fitófagos, filtradores y predadores), o por el porcentaje de los que tienen una vida más larga o más corta.

Tomar medidas químicas de un cuerpo de agua es como mirar una fotografía de lo que está pasando en el agua en este momento. Tomar medidas biológicas es como ver una película de cosas que pasan a lo largo del tiempo en el agua, en una sola visita. Los macroinvertebrados dejan constancia de la historia de los cuerpos de agua porque muchos son sésiles o permanecen en un área reducida y viven uno o más años mientras el agua fluye alrededor. Los cambios en el hábitat (incluyendo la composición química del agua) muy probablemente causarán cambios en el conjunto de los macroinvertebrados.

Apoyo al Profesorado

Preparación Previa

Muchos profesores y alumnos tienen poca formación en el estudio e identificación de los macroinvertebrados, y pueden ser reacios a comenzar un proyecto como éste. Esto no es un problema, en cuanto los alumnos encuentran estos “bichos” tan fascinantes comienzan a aprender ellos mismos y a enseñarse unos a otros. Además, hay muchos expertos a los que se puede consultar. A menudo, los monitores de grupos están deseando trabajar con los alumnos. Esta gente puede, por ejemplo, ayudar con la identificación de las familias de especies (que es recomendable, pero opcional) y con la discusión de los indicadores de especie, así como las especies propias de una zona. Las claves de identificación de macroinvertebrados están disponibles en Internet o en libros y manuales. Hay que seleccionar una clave de identificación que sea aplicable en la localidad.

Contacte con expertos en esta área para asegurarse de que no está tomando muestras en un Sitio de Estudio donde otra gente ha realizado investigaciones o donde hay especies en peligro de extinción.

Para que el alumnado se familiarice con los macroinvertebrados, antes de ir al campo pueden traer macroinvertebrados de su entorno para identificarlos en clase.

Delimitación del Sitio de Estudio y Trazado del Mapa

Es necesario seleccionar una sección de 50 metros del río, estanque o lago donde se tomarán muestras de macroinvertebrados de agua dulce. Hay que seleccionar los Sitios de Estudio que pueden ser accesibles y donde se pueda tomar muestras sin peligro.

Es importante realizar un mapa de la sección de 50 metros que incluya todas las características importantes de los alrededores y dentro de los cuerpos de agua en particular, los tipos de hábitats donde se han tomado las muestras de macroinvertebrados (ver *Protocolo de Delimitación del Sitio de Estudio y Trazado del Mapa de Hidrología*). Hay que representar todos los hábitats en el mapa aunque algunos hábitats no sean accesibles. La descripción del hábitat y la realización del mapa son importantes para entender e interpretar los datos.

Cada vez que se visite el Sitio de Estudio y se recojan macroinvertebrados, es necesario describir los hábitats en el Sitio de Estudio a la vez que se toma la muestra. Tiempo después, el hábitat puede cambiar en el Sitio de Estudio y esto puede afectar a cuáles son los macroinvertebrados que se encuentran. Además, si se utiliza el *Protocolo de Macroinvertebrados* la cantidad y tipo de hábitats en el Sitio de Estudio, determinará la estrategia para tomar muestras. Un mapa actualizado permitirá calcular cuántas muestras se deben recoger en cada hábitat en proporción para cubrir todos los hábitats accesibles.

Aquí hay algunas preguntas para reflexionar y ayudar a identificar los hábitats donde viven los invertebrados.

1. ¿Fluye el agua o está estancada? Si tienen lugar ambas opciones, hay que identificar dónde.
2. Si el agua fluye, ¿dónde consideras que lo hará de una manera más rápida y dónde más lenta (al menos en relación con otros lugares dentro del Sitio de Estudio)?
3. ¿Qué son y dónde están los sustratos – rocas erosionadas, cantos rodados, guijarros, arena o lodo?
4. ¿Crecen las plantas en el cuerpo de agua?
5. ¿Tienen vegetación las orillas?
6. ¿Qué áreas han sido erosionadas?
7. ¿Dónde están los troncos, ramas y raíces?
8. ¿Proporciona sombra la vegetación de los alrededores al agua?

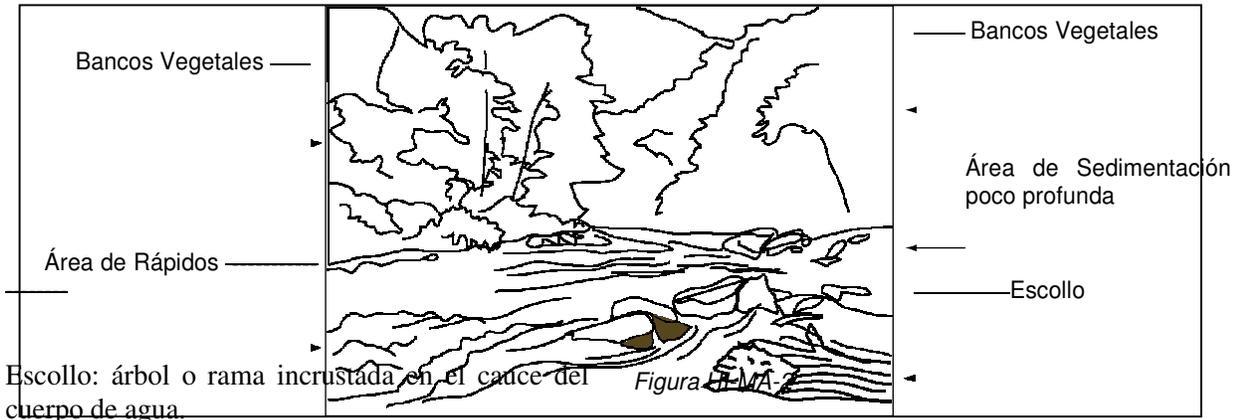
Si tu Sitio de Estudio tiene agua que se mueve y piedras, se indica hábitats de rápidos, hábitats de corriente, hábitats de poza y sustrato: rocas, cantos rodados o grava. Otros posibles hábitats en aguas corrientes o aguas estancadas y pantanos son: bancos de vegetación, vegetación sumergida, ramas, troncos, raíces, lodo, arena y grava.

Zona de aguas tranquilas (Poza): una región profunda con aguas de movimiento lento y sedimentos pequeños.

Zona de aguas rápidas (Ripples): área poco profunda con agua de rápida afluencia y sedimentos de gran tamaño.

Zona de aguas corrientes: una categoría intermedia entre la poza y los rápidos. El agua no tiene las turbulencias del área de rápidos, pero fluye con más velocidad que en la poza.

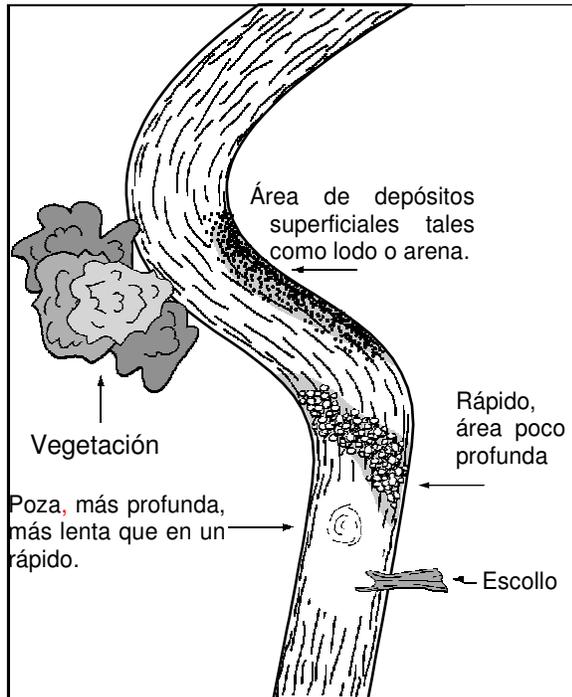
Figura HI-MA-1



Protocolo a Utilizar: Sustratos de Roca en el Agua Corriente o Multi-Hábitat

Si el Sitio de Estudio de Hidrología es un cuerpo de agua visiblemente corriente, con menos profundidad de 90 cm, con un sustrato rocoso, hay que utilizar el *Protocolo de Sustrato Rocosos en Agua Corriente para Macroinvertebrados de Agua Dulce*.

Si el agua es más profunda de 90 cm o si hay muchos hábitats distintos, hay que utilizar el *Protocolo de Multi-Hábitat para Macroinvertebrados*. Al realizar el mapa, hay que prestar especial atención para identificar todos los hábitats acuáticos presentes y estimar el área cubierta por cada hábitat. La proporción que cubre cada hábitat accesible determinará el número de muestras tomadas en cada uno de ellos en el *Protocolo de Multi-Hábitat de Macroinvertebrados*.



Cuándo Tomar las Muestras

Se deberán tomar muestras dos veces al año en diferentes estaciones.

Estación Cálida/Fría: Si tienen lugar estaciones cálidas/frías, hay que tomar muestras en Primavera y Otoño. Las muestras en Primavera deberán darse alrededor del tiempo en que se echan los brotes. Las muestras de Otoño deben ser tomadas alrededor del comienzo de la caída de las hojas, y antes de las heladas. El florecimiento y la caída de las hojas están explicadas en la *Investigación de Fenología*. Si se espera hasta ver muchos insectos volando en primavera, muchos de los insectos habrán pasado su etapa acuática y habrán dejado el agua, así que no estarán en la muestra. Si se toma la muestra muy pronto, los organismos

pueden ser demasiado pequeños y pasar a través de la malla de la red o ser difíciles de identificar.

Estaciones húmedas/secas: Si las estaciones se alternan entre húmeda y seca, elija una fecha en la segunda parte de la estación húmeda y otra fecha en la estación seca, seis meses después de la primera muestra, a ser posible (o antes de que los cuerpos de agua se sequen completamente). Si no hay cambios cíclicos marcados, hay que preguntar a los expertos para averiguar cuando se debe tomar muestras para encontrar la máxima abundancia y diversidad de macroinvertebrados en el agua. Habrá que tomar la muestra en este momento y seis meses después.

Tomar muestras más de dos veces al año no es recomendable ya que puede perturbar o dañar el hábitat de los macroinvertebrados y otros organismos que viven en el agua.

Protocolos de Apoyo

Hidrología: El alumnado puede explorar las relaciones entre las medidas de agua y los tipos de macroinvertebrados que se encuentran en su Sitio de Estudio.

Cobertura Terrestre/ Biología: El alumnado puede examinar las relaciones entre los tipos de macroinvertebrados que encuentre y los tipos de cobertura terrestre alrededor del Sitio de Hidrología y en las cuencas.

Preparación para el Campo

Hay dos métodos para tomar muestras. Puede ser una buena idea seleccionar un sitio antes del día de la muestra y determinar qué método se va a utilizar para tomar muestras. El método de muestreo determinará qué tipo de red a utilizar.

Algunos o todos los alumnos estarán en el agua. Aquellos que lo hagan, necesitarán una vestimenta apropiada, especialmente el calzado. Los alumnos necesitarán botas de agua. Si llevan calzados deportivos o algo parecido, deberán llevar otro par de zapatos para ponérselos después de tomar la muestra. Los alumnos también pueden necesitar cambiarse de ropa.

Si es posible, se pueden coger mesas plegables o pupitres para los alumnos, de modo que éstos puedan tener mayores facilidades para contar las muestras en el campo.

Llevar a los Alumnos al Campo

Si la clase es grande, los estudiantes trabajarán en grupos. Los alumnos y alumnas de un grupo pueden ser responsables de diferentes tareas. Por ejemplo, dos alumnos pueden manejar la red, un alumno puede sostener el cubo, otro puede leer las instrucciones en alto, etc.

Las tareas que conllevan más tiempo son clasificar e identificar los organismos. Para ahorrar tiempo, un grupo puede recoger la muestra y comenzar la clasificación e identificación de los organismos utilizando *El Protocolo de la Guía de Laboratorio de Identificación de Macroinvertebrados*. Mientras este grupo está clasificando e identificando, otro equipo puede estar recogiendo una segunda muestra.

Un tercer grupo puede tomar una tercera muestra. Si se están recogiendo en zonas de aguas rápidas o muy rápidas, solamente se necesitan tres muestras. Para ambientes con multi-hábitats, habrá que recoger más muestras. Cuantos más grupos haya, más cubos y más equipamientos serán necesarios. Mientras el alumnado trabaja, hay que mirar los tarros con los distintos organismos clasificados para verificar que todos los alumnos identifican los organismos de la misma forma. Si no es así, hay que juntar a los alumnos, comentar estas diferencias y determinar un sistema correcto común.

Después de que todos los organismos han sido clasificados por los grupos, en distintos frascos, para cada clase, se forma una comisión de alumnos para asegurarse de que la identificación es correcta. Después, se procede a contar los organismos de cada clase y se registran los datos en una de las hojas de datos. Se recogerán tres especímenes de referencia de cada clase, y el resto de organismos se devolverán al agua.

Procedimiento de Medida

No se deben tomar muestras en hábitats a los que no se acceda de manera segura. Si los alumnos están tomando muestras con el método utilizado en los multi-hábitats, hay que determinar en qué hábitats se pueden tomar muestras de forma segura y evaluar el porcentaje de cobertura de cada hábitat. Hay que anotar en los metadatos en qué hábitats no se pueden tomar muestras.

Cuando se vierte agua que contiene macroinvertebrados en un cedazo o en cubos, hay que hacerlo lentamente para que los macroinvertebrados no resulten dañados ni mueran. Hay que sostenerlos cuidadosamente con pinzas, con los dedos o con jeringuillas.

Los alumnos sólo deben clasificar y contar los macroinvertebrados. Peces pequeños, renacuajos y otros organismos deben ser devueltos al agua.

Sólo hay que contar los macroinvertebrados que estén vivos. Para averiguar si los bivalvos y gasterópodos están vivos, hay que fijarse en el tejido blando del cuerpo o si la concha está firmemente cerrada (un signo de que el animal está y se protege). Si hay muchas conchas de animales muertos, se puede informar en la sección de observaciones y en la Web. No hay que contar los exoesqueletos de los artrópodos. Si hay muchos y parece como si los animales acabaran de salir del agua o muchos estuvieran

mueertos, informe de esto en la sección de observaciones y en la Web.

Los organismos se pueden romper mientras se están procesando. Hay que contar primero todos los organismos, descartar aquellos que parezcan parcialmente descompuestos. Con los fragmentos restantes emparejar las mitades de gusanos o contar sólo, por ejemplo, las cabezas de los insectos. Siendo cuidadoso con el cedazo saque los sustratos más pesados, y a la vez que se echa un chorro de agua cuidadosamente se irán encontrando la mayoría de los organismos intactos.

Para todos las taxones, se utiliza la *Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados* para informar del número de individuos desde 0 hasta 100. En el caso de que haya muchos animales para contar en el tiempo del que se dispone, se puede anotar > 100 o se puede tomar una sub-muestra para contar. Sobre como tomar sub-muestras, consulte en la sección de *Protocolos*. Si se tiene suficiente tiempo, se pueden contar todos los individuos de la muestra. Un recuento más preciso del número de individuos en cada clase, permite una mejor estimación de la biodiversidad y otros análisis del alumnado y de los científicos.

En el *Protocolo Multi-hábitat de Macroinvertebrados*, los alumnos pueden combinar las muestras recogidas de todos los hábitats y registrar el total de las cuentas para cada clase, o pueden examinar los macroinvertebrados que se encuentran en cada hábitat por separado. Mediante el examen de los tipos de hábitat de forma separada, los alumnos pueden comparar la recopilación de invertebrados entre los tipos de hábitats. Se pueden introducir los datos en la Web GLOBE, como las cantidades totales de cada taxón para todos los hábitats juntos, o el total de cada taxón por cada tipo de hábitat.

Los especímenes de referencia no son obligatorios, pero pueden ayudar a enseñar a los alumnos cómo identificar debidamente los macroinvertebrados antes de ir al campo, también, mediante la recogida de ejemplares de referencia cada vez, estos pueden ser comparados para asegurarse de que las identificaciones se están haciendo correctamente. Los especímenes se conservan en soluciones de 70% de etanol.

Uso del Equipo y Mantenimiento

Todos los materiales para tomar muestras, están disponibles en los comercios, pero el alumnado

puede entretenerse fabricándolos siguiendo las

instrucciones que se muestran en la sección de *Construcción de Instrumentos*. También se puede comprar algunas partes y fabricar otras, por ejemplo se puede comprar una malla de 0,5 mm de repuesto para la red y fabricar el palo. Esto es más barato que comprar todo el dispositivo.

Los cedazos son muy útiles para quitar restos y limpiar los organismos para concentrarlos de una gran cantidad de agua a una cantidad pequeña de agua, en el cubo. Estos organismos pueden ser transferidos después a una bandeja o tarro para clasificarlos e identificarlos. Los cedazos están disponibles en los comercios, pero uno mismo puede construirlo fácilmente (ver sección de *Construcción de Instrumentos*). Si no puede encontrar una pequeña cantidad de malla de 0,5 mm para los cedazos, se puede utilizar un trozo de tela que tenga una malla más pequeña que la muestra de la red (que tiene 0,5 mm). Un tamaño menor de la malla puede causar un mayor atasco, por lo que habrá que verter agua lentamente y controlarlo más a menudo para asegurarse de que el agua no cae por encima del cedazo. Los atascos pueden ocurrir con más frecuencia si la muestra tiene arena o barro.

No es necesario utilizar el cuadrante y además se puede hacer con materiales distintos de tuberías de PVC. Las instrucciones para realizar un cuadrante se encuentran en la sección de *Construcción de Instrumentos*. El cuadrante asegura que se recogen muestras en un área de 1 m².

Después de cada uso, las redes y cedazos se lavan y se secan al aire. Hay que asegurarse de que todos los restos se han quitado y no queda nada atrapado. Es importante examinar las redes y cedazos antes de cada uso para asegurarse de que la malla está intacta. Las piezas que van apretadas hay que aflojarlas. Hay que reparar o reemplazar cualquier pieza del equipo que se rompa o se pierda.

No hay que utilizar lejía para limpiar las redes, cubos, cedazos ni nada con lo que los macroinvertebrados puedan tener contacto. La lejía, aún en pequeñas cantidades, puede dañar o matar a los macroinvertebrados.

Consejos Útiles

Como los científicos, el alumnado debe tomar notas de los procedimientos para informar de todo lo que se hace y de si hay desviaciones del plan. También es interesante hacer un diario fotográfico del viaje, e invitar a los padres o alumnos mayores de GLOBE como mentores. Es divertido aprender acerca de la diversidad de los animales en el mundo que nos rodea.

El alumnado debe trabajar en grupos para tomar las muestras, clasificar e identificar más rápidamente. Para trabajar en grupos, hay que tener en cuenta que hace falta un mayor equipamiento, como cubos, pulverizadores, botes, bandejas y lupas.

Las bandejas de hielo se pueden utilizar para clasificar macroinvertebrados en lugar de los frascos.

Los alumnos pueden utilizar palos para marcar los límites del área de un metro cuadrado cuando se toman muestras en suelos con barro. Llevar un metro de madera para medir las distancias de 1 metro.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Pueden las plantas de los alrededores influir en cuáles son los macroinvertebrados que se encuentran en el Sitio de Estudio de Hidrología?

¿Hay alguna relación entre las muestras de macroinvertebrados y las medidas de hidrología?

¿Cómo pueden afectar los suelos de los alrededores al hábitat de los macroinvertebrados en el agua?

¿Hay variaciones estacionales que afectan a la abundancia y a la diversidad de macroinvertebrados en el Sitio de Estudio? Si es así, comente cuáles pueden ser las razones.

¿A qué temperatura, oxígeno disuelto y rangos de pH se encuentra un mayor porcentaje del taxón Insectos?

¿Hay tipos de cuerpos de agua que tienen mayor diversidad de macroinvertebrados que otros?

Protocolo de Macroinvertebrados en Sustrato Rocoso en Aguas Corrientes.

Guía de Campo

Actividad

Hay que recoger tres muestras de macroinvertebrados. El lugar de muestreo depende de la disponibilidad del Sitio de Estudio.

Seleccionar las áreas de muestreo en el siguiente orden:

1. 3 zonas de rápidos diferentes
2. 2 zonas de rápidos diferentes, 1 zona de corriente.
3. 2 zonas de corriente diferentes, 1 rápido

Si no hay combinaciones posibles entre los tres diferentes rápidos y corrientes, se incluye un hábitat que tenga pozas que contengan sustratos rocosos. Si las pozas y otros hábitats están presentes, se utiliza el *Protocolo de Multi- Hábitat de Macroinvertebrados*.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Identificación de Macro- Invertebrados
- Pinzas
- Protocolo de la Guía de Laboratorio para Clasificar, Identificar y contar Macroinvertebrados
- Cronómetro o reloj
- Mapa del Sitio de Hidrología
- Guantes de látex
- Equipamiento y Hoja de Datos de Hidrología para recoger medidas químicas del agua (opcional)
- Red de retroceso
- Cuadrado de tela blanca resistente (por lo menos de 110 cm por 110 cm)
- Cedazo (0,5 mm o menor)
- Cubos blancos de 2 a 5 l
- Cuadrante de 1 x 1 metro
- De 1 a 4 pulverizadores (de 1 a 2 l)

En el Campo

1. Hay que localizar las áreas donde se recopilarán las tres muestras en el mapa y en el agua.
2. Si se toman medidas químicas del agua, hay que realizarlas antes de recoger los macroinvertebrados. Hay que tener cuidado de no alterar las áreas donde después se recogerán macroinvertebrados.
3. Llenar un cubo con agua del Sitio de Estudio.
4. Mientras se sostiene el cedazo sobre un segundo cubo, hay que verter agua a través de él. El agua que se filtra se utiliza para rellenar las bandejas de plástico o los pulverizadores. Hay que mantener el agua filtrada a la sombra.
5. Hay que lavar la parte de abajo del cedazo donde se ha tomado la muestra
6. Se comienza tomando muestras del área más lejana. Los grupos de trabajo son de 3 ó 4. Se sitúa el cuadrado de 1x1 en el fondo del río para que ambas partes sean perpendiculares a la corriente de agua.

7. Entre dos sujetarán la Red de retroceso verticalmente en la columna de agua, perpendicular a la corriente de agua. Se presiona la red firmemente contra el fondo del lecho de la corriente, alineado con el cuadrante y a un metro aguas abajo del cuadrante. El agua no debe pasar por encima o por debajo de la red.
8. Se comienza a trabajar en la parte del cuadrante más alejada de la red. Otros dos alumnos dan la vuelta y raspan la parte inferior de las rocas y madera encontradas en el cuadrado. Las rocas y la madera deben situarse fuera del cuadrado hasta que la muestra se ha recogido. Los crustáceos y moluscos grandes se sitúan directamente en el cubo. Si algún organismo grande escapa fuera del cuadrante, toma nota mentalmente de su identificación y número para anotarlo en la *Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados* más tarde.
9. Después de apartar las rocas y madera, utilizar los pies, las manos o palos para agitar la parte del fondo debajo del cuadrado durante exactamente 3 minutos. Un estudiante controla el tiempo mientras un alumno o más golpean o dan patadas.
10. Se levanta la red del agua moviendo la parte del fondo de la montura hacia delante como si fuera una pala, para que no escape nada de la red.
11. Se vuelve a la orilla con la red
12. Sitúe la red encima del cuadrado de tela blanca.
13. Cuidadosamente, se quitan los organismos grandes y los restos con las manos o con pinzas y se ponen en una bandeja que se llena por la mitad con el agua filtrada del sitio de estudio.
14. Dos alumnos levantan la red, mientras que otros echan un chorro de agua para concentrar todos los organismos y pequeños restos en una esquina de la red.
15. Se coloca la esquina de la red con la muestra en un cubo. Se inclina la red y se echa un chorro de agua para que todo el contenido caiga dentro del cubo.
16. Se enjuaga el cuadrado de tela blanca en el cubo para asegurarse de que todos los macroinvertebrados se encuentran en la muestra.
17. Se sitúa el cubo a la sombra hasta que se comienza a clasificar, identificar y contar los organismos.
18. Repetir los pasos 6 al 17 para las otras dos muestras.
19. Utilizar el *Protocolo de Guía de Laboratorio de Clasificación, Identificación y Recuento de Macroinvertebrados* para clasificar, identificar y contar los macroinvertebrados que se han recogido.

Protocolo de Macroinvertebrados en Multi-Hábitat

Guía de Campo

Actividad

Recoger muestras de macroinvertebrados de uno o más tipos de hábitats: bancos vegetales, vegetación sumergida, ramas, troncos, raíces, barro, arena o grava. El número de muestras para cada tipo de hábitat es proporcional al área que cubre el tipo de hábitat en el Sitio de Hidrología. Se recoge un total de 20 muestras.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados
- Mapa del Sitio de Hidrología
- Equipamiento y Hoja de Datos de Hidrología para recoger medidas químicas del agua (opcional)
- De 1 a 4 pulverizadores (1 a 2 l)
- De 2 a 6 cubos blancos de 5 l
- Un cuadrante de 1 x 1 metro (para los hábitats de barro, arena o grava)
- Cedazo (0,5 mm o más pequeños)
- Guantes de látex
- Pala o paleta
- Red en forma de D
- Calculadora (opcional)

En el Campo

1. Localizar las áreas donde se recogerán las muestras en el mapa y en el agua.
2. Estimar la proporción de cada hábitat accesible dentro del sitio de estudio.
3. Utilizar la *Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados* para calcular el número de muestras recogidas en cada tipo de hábitat para un total de 20 muestras.
4. Si se recogen medidas de la composición química del agua, hay que hacerlo antes de recoger macroinvertebrados. Tener cuidado de no perturbar las áreas donde se van a recoger los macroinvertebrados.
5. Llenar un cubo con agua del Sitio de Estudio.
6. Mientras se sostiene el cedazo sobre un segundo cubo, se vierte agua a través del cedazo. Se utiliza el agua filtrada para rellenar los pulverizadores. Es necesario mantener el agua filtrada a la sombra.
7. Lavar el cedazo aguas abajo del sitio de muestreo (o en otro sitio alejado donde no corra el agua)
8. Se comienza tomando muestras aguas abajo y se va subiendo mientras se van recogiendo muestras de diferentes tipos de hábitats. Si el agua no se mueve de forma visible, se recogen las muestras en el orden que minimice las consecuencias de sacar una muestra sobre la recogida de las demás.

9. Se utiliza la *Guía de Campo* para recoger muestras en:

- Vegetación sumergida
- Bancos de vegetación o bancos alrededor de escollos, troncos y raíces.
- El fondo embarrado y
- Grava y arena

10. Anotar el número de muestras, tomadas en cada hábitat, en la *Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados*. El total debe ser de 20 muestras. Si el número de muestras de cada hábitat es diferente de lo que estaba planificado, hay que explicar por qué, en la sección de observaciones.

Técnicas de Muestreo de Macroinvertebrados

Para Vegetación Sumergida

Guía de Campo

En el Campo

1. Poner la **red en forma de D** en el agua hasta que casi alcance la parte más baja en frente de la vegetación. Hay que asegurarse de que la red se desdobra hacia fuera desde la abertura y está lista para tomar muestras.
2. Empujar la red en D, horizontalmente en la vegetación rebotando dos veces en los sedimentos.
3. Sacar verticalmente la red a través de la vegetación a una velocidad constante hasta que alcance la superficie del agua.
4. Levantar lentamente la red fuera del agua. Según el agua fluya a través, hay que asegurarse de que los organismos no escapan escalando por la red. Esta es una muestra.
5. El agua filtrada que está en la botella se utiliza para concentrar a todos los organismos y restos, al fondo de la red.
6. La parte de abajo de la red se sostiene y se le da la vuelta cuidadosamente para echar todo su contenido en el cubo. Asegurarse de que todos los organismos y demás restos caen al cubo echando chorros del agua con la botella.
7. Se sitúa el cubo o cubos a la sombra hasta que se comienza a clasificar, contar e identificar los organismos.
8. Se repiten los pasos 1 al 7 hasta que se han recogido el número de muestras necesarias para este tipo de hábitat.

Técnicas de Muestreo de Macroinvertebrados

Para Bancos de Vegetación, Troncos, Leña o Raíces Alrededor

Guía de Campo

En el Campo

1. Hay que sostener la red en el aire hasta que se extienda y esté preparada para recoger la muestra.
2. En un movimiento constante, hay que sumergir la red en el agua, y moverla en el banco de vegetales, o alrededor de los troncos, leños y raíces en dirección al fondo.
3. Rebotar la red en los sedimentos dos veces.
4. Sacar la red del agua.
5. Levantar lentamente la red fuera del agua. Según el agua fluya a través, hay que asegurarse de que los organismos no escapan escalando por la red. Esta es una muestra.
6. El agua filtrada de la botella se utiliza para concentrar a todos los organismos y restos en el fondo de la red.
7. La parte de abajo de la red se sostiene y se le da la vuelta cuidadosamente para echar todo su contenido en un cubo. Asegurarse de que todos los organismos y demás restos caen al cubo echando chorros del agua con la botella.
8. Se sitúa el cubo/s a la sombra hasta que se comienza a clasificar, contar e identificar los organismos.
9. Se repiten los pasos 1-8 hasta que se han recogido el número de muestras necesarias para este tipo de hábitat.

Técnicas de Muestreo de Macroinvertebrados

Para los Fondos de Lodo

Guía de Campo

En el Campo

1. Utilizar un cuadrante para calcular un cuadrado de 1 x 1 m.
2. Situar la boca de la **red en D** dentro de uno de los lados del cuadrado (aguas abajo si el agua está en movimiento) y por debajo de 4 cm dentro de los sedimentos.
3. Mover la red sobre el cuadrado de 1x 1 y después, lentamente levantar la red parcialmente fuera del agua.
4. Mover la parte de abajo de la red hacia atrás y hacia delante en el agua para lavar algunos de los sedimentos.
5. Levantar la red fuera del agua. Según el agua fluya a través, hay que asegurarse de que los organismos no escapan escalando por la red. Un alumno deberá sujetar la red por abajo ya que puede pesar mucho. Esta es una muestra.
6. El agua filtrada de la botella se utiliza para concentrar a todos los organismos y restos al fondo de la red.
7. La parte de abajo de la red se sostiene y se le da la vuelta cuidadosamente para echar el contenido en un cubo. Asegurarse de que todos los organismos y demás restos caen al cubo echando chorros del agua con la botella.
8. Colocar el cubo a la sombra hasta que se comienza a clasificar, contar e identificar los organismos.
9. Se repiten los pasos del 1 al 8 hasta que se han recogido el número de muestras necesarias para este tipo de hábitat

Técnicas de Muestreo de Macroinvertebrados

Para Fondos de Grava y Arena

Guía de Campo

En el Campo

1. Colocar el cuadrante sobre la arena o la grava y situar la **red en forma de D** aguas abajo (si el agua está en movimiento) dentro y a lo largo de uno de los lados del cuadrante.
2. Un alumno sostendrá la red mientras que otro utilizará una pala o una paleta para levantar los 4 cm de la parte superior y colocar la red. Después hay que mover la red cerca de donde el alumno va a cavar hasta que se han tomado muestras del total del cuadrante.
3. Lentamente se levanta una parte de la red fuera del agua. Se mueve la parte de debajo de la red hacia atrás y hacia delante para eliminar los sedimentos más finos.
4. Sacar la red fuera del agua. Según el agua fluya a través, hay que asegurarse de que los organismos no escapen escalando por la red. Un alumno deberá sujetar la red por abajo para evitar que se rompa, ya que puede pesar mucho. Esta es una muestra.
5. El agua filtrada de la botella se utiliza para concentrar a todos los organismos y restos en el fondo de la red.
6. La parte de abajo de la red se sostiene y se le da la vuelta cuidadosamente para echar todo el contenido en el cubo. Asegurarse de que todos los organismos y demás restos caen al cubo echando chorros del agua con la botella.
7. Se coloca el cubo a la sombra hasta que se comienza a clasificar, contar e identificar los organismos.
8. Se repiten los pasos 1 al 7 hasta que se han recogido el número de muestras necesarias para este tipo de hábitat

Protocolo de Clasificación, Identificación y Recuento de Macroinvertebrados

Guía de Laboratorio

Actividad

Clasificar macroinvertebrados en grupos taxonómicos.

Contar o estimar el número de individuos en cada taxón.

Conservar tres especímenes de referencia de macroinvertebrados para cada taxón (opcional)

Qué se Necesita

- Varias jeringuillas (20 ml y el extremo de aproximadamente 5 mm de diámetro)
- Pinzas grandes de plástico
- Pinzas pequeñas
- Varias lupas
- Botes transparentes de plástico (0,5 a 3 l) etiquetados con el nombre de cada taxón.
- Varios cuentagotas (3 ml y el extremo de aproximadamente 2 mm de diámetro)
- De 1 a 4 pulverizadores (1 – 2 l)
- Como mínimo dos bandejas blancas
- Dos cedazos (0,5 mm, o más pequeño, y otro entre 2 y 5 mm) (opcional)
- De 2 a 6 cubos
- Varios frascos pequeños de plástico
- Botes pequeños para los especímenes etiquetados, y llenos con etanol 70% con tapas selladas o cubiertas con parafina.
- Rotuladores permanentes
- Guantes de látex
- Lápices
- Claves de identificación de Macroinvertebrados
- Hoja de Datos de Identificación de Macro Invertebrados.*

En el Laboratorio

1. Rellenar la parte superior de *La Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados*.
2. Ponerse los guantes.
3. Utilizar una jeringuilla o una pinza para sacar los organismos grandes de los cubos. Poner estos organismos en una bandeja.

Nota: Existe la opción de juntar todas las muestras para clasificar, identificar o mantener las muestras separadas por tipo de hábitat.

4. Si hay rocas en la muestra, sacarlas del cubo y utilizar el pulverizador para lavarlas sobre la muestra antes de deshacerse de ellas.

5. Si el agua de los cubos está limpia, no tiene restos, y hay una cantidad bastante pequeña, se vierten las muestras en una bandeja para clasificarla. Ir al paso 13.
6. Si hay mucha agua, sedimentos o restos, se vierte la muestra a través del cedazo. Se sitúa el cedazo con el tamaño más fino de la malla debajo del otro cedazo. Se sostienen los cedazos en la parte de arriba de un cubo limpio.
7. Lenta y cuidadosamente, se vierte el agua del cubo que contiene los organismos en los cedazos. Si uno de los cedazos se obstruye, suavemente golpear en la parte de abajo del cedazo atascado para permitir que el agua pase.
8. Con cierta frecuencia, se transfiere y se lava el contenido de los cedazos en las bandejas utilizando un pulverizador. Otros alumnos pueden comenzar a clasificar organismos en las bandejas.
9. Quitar las ramitas de los cedazos.
10. Poner las ramitas en una bandeja con agua y examinar si hay macroinvertebrados.
11. Lavar el cubo varias veces con el pulverizador y verter agua en los cedazos.
12. Dar la vuelta a cada cedazo sobre una bandeja y echar un chorro de agua en la parte de atrás del cedazo para que caiga el contenido.
13. Se trabaja en grupos. Se utilizan claves de identificación para identificar los especímenes con el mayor grado de detalle posible (Filum, Clase, u Orden requerido, Familia, Género o Especie, si es posible). Hay que tener en cuenta que apéndices como patas o antenas se pueden perder porque se pueden romper en la red o en los cedazos.
14. Se utilizan los frascos para clasificar organismos en los diferentes taxones. Si no se conoce el taxón de un organismo, se deja en un frasco separado para examinarlo más tarde mediante una disección o con la ayuda de un experto.
15. Si los organismos son grandes y están pegados a los restos, hay que utilizar las pinzas para dejarlos libres cuidadosamente. Si flotan o nadan, se puede utilizar una jeringa o un cuentagotas para capturarlos.
16. Si hay diferentes grupos que están clasificando e identificando organismos, se pueden juntar los frascos del mismo taxón. Se realiza esto mismo para todos los taxones.
17. Para contar el número de individuos en cada taxón, se aíslan los organismos durante un tiempo, utilizando pinzas, un cuentagotas o una jeringuilla y se llevan a otro tarro. Hay que llevar la cuenta en un papel.
18. Contar los macroinvertebrados de cada taxón hasta los cien individuos. Si hay más de 100 individuos, se puede hacer una de estas tres cosas:
 1. Anotar > 100,
 2. Continuar contando,
 3. Utilizar la *Guía de Campo de Muestreo de Macroinvertebrados* para estimar el número total de organismos en esta categoría.

Nota: Si es posible, se cuentan todos los individuos ya que es más preciso que tomar sub-muestras, aunque hacer sub-muestras es más informativo que anotar > 100.

19. Según se va contando, hay que mirar rigurosamente a los individuos para asegurarse de que no hay fallas en la identificación. Si hay algún individuo que pertenece a un taxón distinto, hay que informar de esto al alumno que está contando ese grupo y pasarle el organismo.
20. Anotar el número total de organismos encontrados para cada taxón en la *Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados*. Hay que incluir los organismos contados en el Sitio de estudio pero que no fueron recogidos porque escaparon.
21. Opcional: Por cada taxón que se identifica, hay que conservar tres individuos de la muestra como futura referencia. Poner los tres organismos en un frasco de especímenes que contenga una solución de etanol al 70%.
22. Se etiqueta la botella con:

Nombre del Sitio de la Muestra

Fecha

Filum, Clase, Orden (Familia, Género y Especie, si se conoce)

70% etanol

23. Devolver los macroinvertebrados que quedan al agua.

Sub-Muestreo de Macroinvertebrados de Agua Dulce

Guía de Campo

Actividad

Recoger el 20% de la muestra original para cada taxón.

Qué se Necesita

- Cuadrícula de sub-muestreo con nivel.
- Sombrero o bolsa
- Trozos de papel con los números de la cuadrícula
- Vaso de Precipitación de 500 ml

En el Campo

1. Anotar el volumen de la cuadrícula en la *Hoja de Datos*.
2. Anotar el número total de cuadrados de la cuadrícula en la *Hoja de Datos*.
3. Multiplicar el número total de cuadrados por 0,2 para calcular en cuantos hay que contar la muestra. (p.e. si hay 20 cuadrados, al multiplicar por 0,2 obtenemos que hay que contar los organismos de la muestra en 4 cuadrados de la cuadrícula)
4. Escribir los números de la cuadrícula en trozos de papel y ponerlos en la bolsa o en el sombrero. Elegir suficientes para que constituyan el 20%. Los macroinvertebrados se tomarán de esos cuadrados de la cuadrícula.
5. Poner todos los organismos del taxón para hacer el sub-muestreo en el vaso de precipitación. El volumen de agua más los organismos debe ser igual que el de la cuadrícula.
6. Ajustar la cuadrícula de sub-muestreo para que esté perfectamente nivelada.
7. Preparar la muestra y verterla sobre la cuadrícula, extendiendo la muestra sobre ella. Si está nivelada y el volumen es correcto, los organismos estarán contenidos en su propia “poza” formada por las líneas en relieve de la cuadrícula.
8. Si la cuadrícula es estable y el número de organismos en cada “pozita” es pequeño, los organismos en los cuadrados seleccionados al azar pueden ser contados en la cuadrícula. Si no, se puede utilizar una jeringuilla para sacarlos de los cuadrados seleccionados y pasarlos a un bote y contarlos después.
9. Calcular el número total de individuos en cada categoría. Si se cuenta el 20% de los cuadrados, se multiplica el número de organismos que se han contado por 5 para calcular el número total de individuos para esta categoría.
10. Anotar el porcentaje de cuadrados de los que se ha tomado muestra y el número total estimado de individuos que se han muestreado para esta categoría en la *Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados*.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Hay que utilizar una red de 0,5 mm de malla?

Sí. Si se utiliza una malla más grande, los macroinvertebrados pequeños pueden perderse de la muestra. Todo el mundo tiene que utilizar el mismo tamaño de la malla para las redes, para que los datos sean comparables entre todos los sitios de estudio.

2. ¿Por qué hay que tomar muestras del mayor número de hábitats posible?

Para conseguir todos los organismos presentes que sea posible. La variabilidad de los organismos encontrados puede ser mayor entre hábitats que entre años. Mediante el muestreo de muchos hábitats, nos hacemos una mejor idea de la biodiversidad y salud de un ecosistema.

3. ¿Qué haremos si queremos identificar macroinvertebrados a nivel de Familia, Género o Especie?

Se recomienda hacerlo utilizando libros, claves, guías de campo, y expertos que puedan ayudar. Se puede escribir la información en la *Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados*, y en hojas adicionales si hace falta más espacio. Se pueden registrar estos datos en la página de entrada de datos de la Web de GLOBE.

4. ¿Por qué no contamos protistas y otros grupos como los pertenecientes al Filo Gastrotricos?

Estos organismos también juegan un importante papel en el ecosistema acuático. Sin embargo, la mayoría de las especies son muy pequeñas. Sólo unas pocas están ligeramente por encima de los 0,5 mm; no se consideran macroinvertebrados.

5. ¿Por qué hay diferentes niveles de identificación para los diferentes grupos de animales?

Las clasificaciones son muy útiles para organizar los objetos, los pensamientos y el mundo. Sin embargo, no todos los organismos encajan claramente en un grupo. Está identificando muchos organismos al nivel taxonómico de Orden. Para algunos grupos, ese nivel de identificación requeriría un amplio conocimiento de características externas e internas que son poco claras, o la utilización de un microscopio de gran resolución para observar la forma de rasgos como pelos diminutos. El nivel taxonómico que sugerimos es más fácilmente accesible con una potencia baja de aumento.



Si disfruta de esta parte, y quiere identificar organismos en los niveles de Familia, Género o Especie, hágalo y registre los datos en la web.

6. ¿Qué deberíamos hacer si el cuadrante se hunde en el barro y no lo podemos ver?

Se pueden sujetar flotadores al cuadrante o calcular sólo un área de 1 x 1 m.

Lecturas y Webs sugeridas:

A Guide to Common Freshwater Invertebrates of North America. J. Reese Voshell, Jr. The McDonald & Woodward Publishing Company. Blacksburg, Virginia. 2002

An Introduction to the Aquatic Insects of North America. R. M. Merritt and K. W. Cummins (eds). Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa 1996.

Aquatic Entomology: The Fishermen's and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives. W. P. McCafferty. Jones and Bartlett Publishers. Sudbury, Massachusetts. 1998.

Fresh-Water Invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca. R.W. Pennak. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1989

Save Our Stream (SOS). http://www.sosva.com/download_the_field_sheets_for_th.htm

ECOSTRIMED protocol: Bioassessment to define river's ecological status:

<http://geographyfieldwork.com/ECOSTRIMED%20Protocol%20Procedure.htm>

Dos buenas guías para macroinvertebrados de Norte América se pueden conseguir en la Universidad de Wisconsin, en el Departamento de Recursos Naturales, y se puede reproducir con fines educativos y sin ánimo de lucro. Una de ellas es "Key to Macroinvertebrate Life in the River" y la otra, es "Key to Life in the Pond".

<http://clean-water.uwex.edu/wav/otherwav/>

<http://clean-water.uwex.edu/wav/otherwav/riverkey.pdf>

<http://clean-water.uwex.edu/wav/otherwav/pondkey.pdf> (contiene algunos vertebrados)

Protocolo de Macroinvertebrados— Interpretando los Datos

¿Son razonables los datos?

Cuando se observan los tipos de taxones registrados, hay que asegurarse de que esas categorías se encuentran en esa región. Por ejemplo, si quien viva en latitudes altas, donde la temperatura del agua es relativamente fría, registra un taxón que sólo vive en aguas cálidas, habrá de revisar si se ha identificado correctamente. Para verificar la identificación, se revisa el espécimen de referencia.

Revisar si el tipo de macroinvertebrados que se ha recogido se encuentra en los sustratos en los que se han tomado muestras. Si se toman muestras en un lago con un fondo embarrado y se encuentran principalmente plecópteros que suelen vivir en sustratos rocosos, habría que revisar los especímenes de referencia para asegurarse.

También, si se encuentra una gran abundancia de un taxón poco común, habrá que revisar de nuevo los especímenes de referencia. Si se está convencido de que el taxón ha sido identificado correctamente, habrá que ponerse en contacto con algún experto del gobierno o de la universidad porque puede ser una información muy valiosa.

¿Qué buscan los científicos en los datos?

Los científicos buscan en los datos de macroinvertebrados diferentes tipos de organismos (biodiversidad). Hay muchos tipos de macroinvertebrados. Ciertos tipos de macroinvertebrados se encuentran más comúnmente en un tipo de hábitat que en otro. Por ejemplo los *Oligoquetos* (gusanos segmentados) suelen ser más abundantes en un medio como una laguna embarrada que en un arroyo pedregoso mientras que la abundancia de *Plecópteros* será menor.

Los científicos pueden comparar los datos químicos del agua y los datos de macroinvertebrados para ver qué tipos de pautas se encuentran y relacionarlo con las condiciones del hábitat, tales como las propiedades del agua medidas en GLOBE. Los científicos comparan diferentes sitios de estudio para ver tendencias entre los sitios de estudio, y observar el mismo sitio de estudio para ver qué cambios tienen lugar

durante las estaciones y a lo largo de los años.

Estimación de la Biodiversidad

Para estimar la biodiversidad, los científicos observan tanto el número de organismos como el número de taxones. El número de taxones diferentes se denomina *riqueza*. El número de organismos se denomina *abundancia*. Los científicos también observan la abundancia relativa de las categorías; a esta lo denominaremos *regularidad*. Una riqueza alta y una regularidad alta son generalmente consideradas por los científicos como indicadores de una alta biodiversidad. El ejemplo siguiente ilustra por qué tanto el número de categorías diferentes como el número de individuos de cada categoría son necesarios para estimar la biodiversidad. Los alumnos recogieron datos de tres arroyos:

<u>Arroyo 1</u>	<u>Arroyo 2</u>	<u>Arroyo 3</u>
50 lombrices	25 lombrices	45 lombrices
50 sanguijuelas	25 sanguijuelas	50 sanguijuelas
100 en total	<u>25 larvas de libélula</u>	<u>2 larvas de libélula</u>
	15 larvas de frigánea	2 larvas de frigánea
	10 larvas de escarabajo	1 larva de escarabajo
	100 en total	100 en total

Los tres arroyos tienen un total de 100 organismos, pero su diversidad es diferente. La biodiversidad es mayor en los arroyos 2 y 3 porque hay 5 tipos diferentes de organismos (categorías), mientras que sólo hay dos categorías en el Arroyo 1. Sin embargo, el Arroyo 3 tiene más lombrices y sanguijuelas y sólo unas pocas larvas de libélulas, frigáneas y escarabajos. El Arroyo 2 tiene incluso una mayor distribución de las cantidades encontradas de cada categoría. En este ejemplo, el Arroyo 2 tiene la mayor biodiversidad ya que tiene una mayor regularidad que el Arroyo 3.

La única forma que tenemos de conocer la biodiversidad exacta de un arroyo, un lago o una laguna es contar todos los organismos. Generalmente, esto es imposible, por lo tanto, los científicos toman muestras, identifican y cuentan las diferentes categorías dentro de la muestra, tal y como se ha hecho, y utilizan ecuaciones matemáticas para calcular la biodiversidad en la muestra. El valor de la biodiversidad de la muestra se usa como una estimación total de la biodiversidad en los cuerpos de agua.

Hay diferentes fórmulas matemáticas para hallar la biodiversidad de una muestra de organismos. El índice de Shannon-Weiner (que se muestra abajo) es una fórmula utilizada habitualmente. Combina la regularidad y la riqueza y alcanza su máximo valor cuando todas las especies están uniformemente distribuidas. Los valores del índice de Shannon-Weiner, así como otros índices de biodiversidad, se pueden comparar entre diferentes cuerpos de agua para evaluar cuál tiene la mayor diversidad de organismos. En general, una mayor diversidad indica un ecosistema más robusto cuando se comparan sitios de estudio parecidos. Por ejemplo, una comparación de dos pequeños arroyos en la misma cuenca de agua.

Índice de biodiversidad de Shannon-Weiner:

$$BI = -\sum_{i=1}^k x_i \log_2 x_i$$

Donde:

k = número de taxones encontrados,

x_i = el porcentaje del taxón i

\log_2 = logaritmo en base 2

Comparemos, entonces, la biodiversidad de los tres arroyos.

Arroyo 1

Categoría	Cantidad	x = Porcentaje (Cantidad/total)	$\log_2 x$	$x \log_2 x$
Lombrices	50	50/100 = 0,5	-1	-0,5
Sanguijuelas	50	50/100 = 0,5	-1	-0,5

$$BI = -\sum_{i=1}^k x_i \log_2 x_i =$$

$$= -(-0,5 + -0,5) = 1$$

Arroyo 2

Categoría	Cantidad	x = Porcentaje (Cantidad/total)	$\log_2 x$	$x \log_2 x$
Lombrices	25	0,25	-2	-0,5
Escarabajos	25	0,25	-2	-0,5
Larvas de libélula	25	0,25	-2	-0,5
Larvas de frigánea	15	0,15	-2,74	-0,41
Larvas de escarabajo	10	0,1	-3,32	-0,33

$$BI = -\sum_{i=1}^k x_i \log_2 x_i =$$

$$= -(-0,5 + -0,5 + -0,5 + -0,41 + -0,33) = 2,24$$

Arroyo 3

Categoría	Cantidad	x = Porcentaje (Cantidad/total)	log ₂ x	xlog ₂ x
Lombrices	45	0,45	-1,15	-0,52
Sanguijuelas	50	0,5	-1,00	-0,50
Larvas de libélula	2	0,02	-5,64	-0,11
Larvas de frigánea	2	0,02	-5,64	-0,11
Larvas de escarabajo	1	0,01	-6,64	-0,07

$$BI = -\sum_{i=1}^k x_i \log_2 x_i =$$

$$= -(-0,52 + -0,53 + -0,11 + -0,11 + -0,07) = 1,31$$

Por lo tanto, el índice de biodiversidad del Arroyo 2 es el mayor, 2,24; seguido del Arroyo 3 con un valor de 1,31 y después el Arroyo 1 con un valor de 1, lo que confirma nuestra hipótesis inicial.

Utilizando los Macroinvertebrados para Indicar el Estrés de los Cuerpos de Agua:

Los científicos que estudian los sistemas ecológicos a menudo están interesados en qué le ocurre a los organismos cuando están expuestos a diferentes tipos de estrés. El estrés puede estar causado por acontecimientos naturales o por la actividad del ser humano.

Un ejemplo de estrés natural en un sistema acuático es una gran tormenta que causa grandes inundaciones. Muchos macroinvertebrados pueden morir o ser arrasados. La inundación puede formar barro al depositarse en áreas con grava. Esto provocará un cambio en el tipo de macroinvertebrados que pueden vivir allí.

Las medidas de macroinvertebrados se utilizan a menudo para examinar los tipos de estrés que afectan a los cuerpos de agua. Las medidas definen características fácilmente calculables de los datos de macroinvertebrados que responden al estrés de una forma predecible. Las medidas son designadas para evaluar las respuestas de la comunidad de macroinvertebrados hacia los factores que afectan su hábitat. Mediante la combinación de datos de abundancia de diferentes taxones, con características como el papel ecológico de ese taxón en el ecosistema, y la tolerancia al estrés, se puede aprender mucho sobre el ecosistema acuático.

Para describir el cuerpo de agua y ver en que medida los macroinvertebrados pueden vivir en un hábitat que ha sufrido algún tipo de estrés, los científicos analizan los datos de macroinvertebrados para obtener medidas de diferentes categorías.

Estas incluyen:

- Medidas de la riqueza.
- Medidas de la composición.
- Medidas de tolerancia o intolerancia al estrés.
- Medidas de la alimentación.
- Medidas del hábito.
- Medidas del ciclo vital.

Más abajo hay explicaciones del uso de estas medidas. Hay muchas más que se pueden encontrar en libros y revistas.

Medidas de la Riqueza

Una medida comúnmente utilizada para evaluar la riqueza de los ríos o arroyos es el número de *Ephemeroptera*, *Trichoptera* o *Plecoptera* que se encuentran en un sitio de estudio. En los pantanos, a menudo, los científicos observan el número de *Hemiptera* (mosca de agua), *Coleoptera* (escarabajos de agua), y *Odonata* (odonatos y libélulas). Se espera que la abundancia de esos taxones disminuya al aumentar el estrés.

Medidas de Composición

En ríos y arroyos, se utiliza el porcentaje de macroinvertebrados presentes en las muestras que son *Ephemeroptera+Trichoptera+Plecoptera* (%EPT). En los pantanos, los científicos observan el porcentaje de *Ephemeroptera*, *Trichoptera*, *Sphaeriidae* y *Odonata* (%ETSD). Los porcentajes más bajos indicarán un medio ambiente estresado. Sería interesante ver qué les ocurre a estos porcentajes durante y después de un año seco.

Los científicos también miden el % de *Diptera* (mosquitos, moscas) o el % *Chironomida*. Los estudios han mostrado que ambos tienden a incrementarse con el aumento del estrés, por ejemplo, si aumentan los depósitos de barro o disminuye el contenido de oxígeno disuelto.

El % del taxón Dominante (%TD) es el número de organismos del taxón más abundante en relación al número total de organismos en la muestra. Los valores más altos pueden indicar un ambiente más estresado donde sólo una categoría puede prosperar.

Medida de la Tolerancia / Intolerancia

Se puede comparar el porcentaje de taxones que se consideran tolerantes a la perturbación con el porcentaje de taxones que son intolerantes. Un ratio muy alto de % tolerancia / % intolerancia indica un ambiente más estresado.

Medidas de la Alimentación

Podemos aprender mucho sobre los ecosistemas observando cómo se alimentan los organismos. En aguas de movimiento rápido, el porcentaje de recolectores, filtradores, omnívoros o carroñeros a menudo se incrementa con el estrés, como la sequía, que puede dar como resultado aguas de movimiento lento y descenso de los niveles de oxígeno disuelto, pero pueden representar totalmente la diversidad de la comunidad de los pantanos. Un cambio de los herbívoros y filtradores a carroñeros, tales como las lombrices, puede indicar que está teniendo lugar un proceso de sedimentación.

Medida del Hábito

La medida del hábito que se utiliza a menudo es el porcentaje de organismos que viven pegados al sustrato. Los ejemplares de estos taxones tienen un repliegue o accesorio que permite que permanezca en su sitio en aguas corrientes. Su número disminuye con el estrés.

Medida del Ciclo Vital

La medida del ciclo vital se refiere a los organismos que se desarrollan rápidamente y viven un corto tiempo o aquellos que tienen una larga vida. Algunos taxones de corta vida se incrementan cuando aumenta el estrés mientras que los organismos de larga vida disminuyen. Algunos de los taxones de vida corta, tienen un comportamiento altamente estacional.

Como se puede ver, los datos permiten explorar y aprender mucho sobre el medio acuático.

Un Ejemplo de Investigación de los Estudiantes.

Dos centros educativos en la misma cuenca decidieron realizar un proyecto de colaboración. Querían aprender acerca de los tipos de macroinvertebrados en los arroyos cercanos y ver cómo varían los tipos y abundancia de macroinvertebrados entre dos sitios de estudio dentro de la misma cuenca. Predijeron que los datos de macroinvertebrados debían ser similares entre los sitios de estudio. Los alumnos estaban a la expectativa de ver las diferencias que se encontrarían entre las muestras de otoño y primavera en el mismo sitio de estudio. Predijeron que los tipos de taxones de macroinvertebrados serían diferentes entre las muestras de otoño y las de primavera, pero que el valor de la biodiversidad debería ser similar.

Se eligieron los sitios de estudio, dentro de la cuenca, que pudieran ser accesibles al alumnado de cada centro. Los alumnos coordinaron la obtención de datos, de tal forma que ambos centros recogieron macroinvertebrados el mismo día y aproximadamente a la misma hora del día.

Las muestras se recogieron tanto en otoño como en primavera, y los estudiantes compartieron sus datos. Cada centro analizó los datos separadamente y compararon los resultados. Aquí está lo que hicieron los alumnos del centro educativo 1.

En el centro educativo 1, los alumnos recogieron 270 organismos de 13 taxones diferentes en otoño y 225 organismos de 10 taxones diferentes en primavera (tabla 1). En otoño, la muestra contenía muchos *Tricoptera*, *Chironomidae* y *Oligochaeta*, y muchas otras categorías que sólo tenían 1 o 2 individuos en cada una. La muestra de primavera, sin embargo, contenía una gran cantidad de *Chironomidae* y muchos *Plecoptera*, *Ephemeroptera* y *Tricoptera*. La muestra de otoño contenía más organismos en total.

Tabla HI-MA-1: Abundancia de Macroinvertebrados, Número Total de Taxones y Número Total de Organismos que Recogieron los Alumnos en Otoño y Primavera en Ambos Centros Educativos.

	Centro Educativo 1		Centro Educativo 2	
	Otoño	Primavera	Otoño	Primavera
<i>Plecoptera</i> (plecópteras)	4	37		
<i>Odonata</i> (libélulas)	0	1		
<i>Ephemeroptera</i> (efímeras)	2	36		
<i>Psephenidae</i> (peniques de agua)	2	0		
<i>Tricoptera</i> (frigánea)	51	31		
<i>Chironomidae</i> (mosquitos)	126	96	29	100
<i>Oligochaeta</i> (gusanos segmentados)	80	20	80	74
<i>Turbellaria</i> (planaria)	1	1		
<i>Hirudinea</i> (sanguijuelas)	1	0		
<i>Gastropoda</i> (caracoles)	1	1	200	356
<i>Pelecypoda</i> (almejas)	1	1		
<i>Nematomorpha</i> (gusano de la crin)	1	0		
<i>Amphipoda</i> (camarón de agua dulce)	0	1		
Total nº organismos	270	225	309	530
Nº taxones	13	10	3	3

Cuando los alumnos del centro 1 observaron los datos del centro 2, rápidamente vieron grandes diferencias con los suyos. A pesar de que el número total de organismos recogidos en otoño y primavera eran mayores en el centro 2, la muestra tenía sólo 3 categorías. Además, se encontraron las mismas categorías: *Oligochaeta*, *Chironomidae* y *Gastropoda*, en las muestras tanto de otoño como de primavera. Por ello, decidieron comparar la biodiversidad.

Utilizando la ecuación de biodiversidad de Shannon-Weiner, los alumnos calcularon una estimación de la biodiversidad de 1.83 en otoño y una biodiversidad de 2.25 en primavera para el centro 1. Ver tabla HI-MA-2. Metieron los datos

en una hoja de cálculo y realizaron los cálculos. Los valores de -1.83 y -2.25 son los totales en esas columnas. Multiplicando esos valores por -1 obtenemos los valores de la biodiversidad.

Se quedaron muy sorprendidos de haber recogido unos pocos más individuos de más taxones en otoño que en las muestras que tomaron en primavera, y más sorprendidos aún de obtener una mayor estimación de biodiversidad en primavera. Volvieron a revisar los cálculos para asegurarse de que no se habían cometido fallos.

Tabla HI-MA-2: Cálculo de la Biodiversidad de los Datos Recogidos en el Centro Educativo 1.

Centro 1 Taxón	Otoño				Primavera			
	Cantidad	Porcentaje	Log ₂ (%)	%log ₂ (%)	Cantidad	Porcentaje	Log ₂ (%)	%log ₂ (%)
<i>Plecoptera</i>	4	0,01	-6,08	-0,09	37	0,16	-2,60	-0,42
<i>Odonata</i>					1	0,004	-7,81	-0,03
<i>Ephemeroptera</i>	2	0,01	-7,08	-0,05	36	0,16	-2,64	-0,42
<i>Psephenidae</i>	2	0,01	-7,08	-0,05				
<i>Tricoptera</i>	5	0,19	-2,40	-0,45	31	0,14	-2,86	-0,39
<i>Chironomidae</i>	126	0,47	-1,10	-0,51	96	0,43	-1,23	-0,52
<i>Oligochaeta</i>	8	0,30	-1,75	-0,52	20	0,09	-3,49	-0,31
<i>Turbellaria</i>	1	0,004	-8,08	-0,03	1	0,004	-7,81	-0,03
<i>Hirudinea</i>	1	0,004	-8,08	-0,03				
<i>Gastropoda</i>	1	0,004	-8,08	-0,03	1	0,004	-7,81	-0,03
<i>Bivalva</i>	1	0,004	-8,08	-0,03	1	0,004	-7,81	-0,03
<i>Nematomorpha</i>	1	0,004	-8,08	-0,03				
<i>Amphipoda</i>					1	0,004	-7,81	-0,03
Total				-1,83				-2,25

Los alumnos observaron los datos del centro educativo 2 para ver si tenían un patrón similar. Se sorprendieron al encontrar un mayor número de individuos recogidos en primavera que en otoño (una tendencia contraria a la que esperaban), y sólo se encontraron 3 taxones diferentes en ambas ocasiones (Tabla HI-MA-3). El valor de la biodiversidad del centro educativo 2 no varía significativamente entre primavera y

otoño (1,23 y 1,24) y el valor de la biodiversidad de 1,24 es mucho menor que 1,83 o que 2,01, que son la biodiversidad calculada por el centro educativo 1 para cada estación. Estos resultados hicieron que se preguntaran por qué había tanta diferencia entre ambos sitios de estudio dentro de una misma cuenca.

Tabla HI-MA-3: Cálculos Biodiversidad para los Datos Recogidos por la Escuela 2

Centro educativo 2	Otoño				Primavera			
	Cantidad	Porcentaje	Log2(%)	%log2(%)	Cantidad	Porcentaje	Log2(%)	%log2(%)
<i>Chronomidae</i>	29	0,09	-3,41	-0,32	100	0,19	-2,41	-0,45
<i>Oligochaeta</i>	80	0,26	-1,95	-0,50	74	0,14	-2,84	-0,40
<i>Bivalve</i>	200	0,65	-0,63	-0,41	356	0,67	-0,57	-0,39
Total				-1,23				-1,24

Para ver qué factores podían explicar las diferencias entre los sitios de estudio y las estaciones, los alumnos observaron las mediciones químicas del agua tomadas a la vez que realizaron el muestreo de macroinvertebrados. La tabla HI-MA-4 muestra los datos de pH, temperatura, y oxígeno disuelto.

Tabla HI-MA-4: Datos de pH, OD, y Temperatura Recogidos Cuando se Tomaron las Muestras de Macroinvertebrados

	Centro educativo 1		Centro educativo 2	
	Otoño	Primavera	Otoño	Primavera
Ph	6,8	7	8,7	9,6
Temperatura	11° C	14° C	10° C	16° C
Oxígeno Disuelto	8,5 ppm	8 ppm	7 ppm	5,7 ppm

Los valores del pH en el centro educativo 2 fueron mayores que los del centro 1. El valor del pH del centro 1 estaba cerca del valor neutro 7, mientras que los valores del centro 2 eran básicos. Los valores de la temperatura de otoño y primavera eran similares en ambos sitios de estudio. Sin embargo, un alumno observó que la diferencia de temperatura entre primavera y otoño era mayor en el centro 2. El rango de temperatura en el centro 1 era de 3° C y en el centro 2, era de 6° C. Otro alumno se preguntó si la diferencia de temperatura se debía a que las muestras eran recogidas a diferentes horas del día, pero entonces recordó que ambos centros

habían tenido cuidado en tomar la muestra al mismo tiempo. Para el oxígeno disuelto, los alumnos se dieron cuenta de que el OD contenido era menor en el centro 2, tanto en otoño como en primavera.

Para ayudar en la interpretación de los datos químicos, observaron el registro de pH, temperatura y oxígeno disuelto necesario para la supervivencia de los macroinvertebrados (ver Tabla HI-MA-5, 6 y 7). Decidieron también observar dos medidas, % Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera (EPT) y % del taxón dominante (TD).

Tabla HI-MA-5: Rango de pH Requerido para los Macroinvertebrados Seleccionados

TAXÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Efímera				XXXXX										
Mosca de la piedra				XXXXX										
Frigánea				XXXXX										
Caracoles				XXXXXXXXXX										
Almejas				XXXXXXXXXX										
Mejillones				XXXXXXXXXX										

* Los registros de pH 1-6 y 10-14 son poco apropiados para la mayoría de macroinvertebrados Tabla HI-MA-6: Rango de Temperatura Requerida para los Macroinvertebrados Seleccionados

TAXÓN	Rango Frío < 12,8° C	Rango Medio 12,8 - 20° C	Rango Cálido > 20° C
Frigánea	x	X	x
Mosca de la piedra	x	X	
Efímera	x	X	
Penique de agua	x		
Escarabajos		X	
Zapateros		x	
Libélulas		x	x

Tabla HI-MA-7: Rango de Oxígeno Disuelto para los Macroinvertebrados Seleccionados.

TAXÓN	Rango alto 8 - 10 ppm	Rango medio 4 - 8 ppm	Rango bajo 0 - 4 ppm
Mosca de la piedra	X		
Penique de agua	X		
Frigánea	X	X	
Algunas efímeras	X	X	
Caballito del diablo		X	
Chinches		X	
Libélulas		X	
Mosquitos			X
Mosquito enano			X
Lombrices			X
Caracoles pulmonados			X
Gusano cola de rata (rattailed maggot)			X

Compararon los valores de pH de los macroinvertebrados que se muestran en la Tabla HI-MA-4 con los datos recogidos por los dos centros educativos. El pH es mayor que el pH requerido por efímeras, frigáneas y moscas de la piedra en el arroyo del que tomó muestras el centro 2. Además, observaron que el pH del arroyo que muestreó el centro 1 está en el extremo más bajo que necesitan las almejas para vivir y se preguntaron si esa era la razón de que hubiera pocas almejas allí y por el contrario, el otro arroyo tuviera muchas almejas y también un alto pH.

Cuando se comparan los datos de temperatura con los rangos requeridos para ciertos macroinvertebrados, los alumnos no pueden encontrar muchas razones que ayuden a explicar por qué hay tanta diferencia en la recopilación de macroinvertebrados. Quizá las altas temperaturas en los arroyos explican por qué los alumnos sólo encontraron una libélula en primavera en el centro educativo 1.

Tabla HI-MA-8: Cálculo del Porcentaje de TD y EPT.

	Centro educativo 1		Centro educativo 2	
	Otoño	Primavera	Otoño	Primavera
Taxón dominante	<i>Chironomidae</i>	<i>Chironomidae</i>	<i>Gastropoda</i>	<i>Gastropoda</i>
Nº taxón dominante	126	96	200	356
Número Total	270	225	309	530
% TD	$(126/270) \times 100$ = 47%	$(96/225) \times 100$ = 43%	$(200/309) \times 100$ = 65%	$(356/530) \times 100$ = 67%
E + P + T	56	74	0	0
% EPT	$(56/270) \times 100$ = 21%	$(74/225) \times 100$ = 32%	0	0

Basándose en lo que les dijo un experto local, los valores bajos de %EPT y los valores altos de %TD son indicativos de hábitats que están sufriendo algún tipo de estrés, por lo que se preguntaron si el arroyo del que tomó muestras el centro educativo 2 estaba sometido a estrés. Esto también se sostiene por la baja diversidad encontrada allí. De los datos químicos, pensaron que el alto valor de pH, en concreto, era la principal razón de que sólo unos pocos organismos se hubieran encontrado allí. Tenían curiosidad por saber por qué los valores de pH eran tan básicos y si la gran diferencia entre los valores de pH entre los arroyos se debía a causas naturales o a la actividad humana.

Los alumnos entonces, examinaron el contenido de oxígeno disuelto. Se dieron cuenta de que los bajos valores de OD que se encontraron en el centro educativo 2 podían explicar por qué no se encontraron plecópteros ni peniques de agua (larva de coleóptero). Estos dos taxones requieren concentraciones de OD de 8 ppm o mayores y los valores del OD en el arroyo eran de 7 ppm y 5,7 ppm.

Por último, los alumnos observaron dos medidas, % taxón dominante (%TD) y % Ephemeroptera+Plecoptera+Tricoptera (%EPT). La Tabla 7 muestra el resultado de los cálculos. El arroyo en el que tomó muestras el centro educativo 2 tenía un 0% EPT y un mayor % de TD de 65% y 67%. En la muestra tomada en primavera, el centro educativo 1 tenía un valor del 47% TD y el centro educativo 2 tenía un valor del 43%.

Estaban impacientes por preguntar a los alumnos del centro educativo 2.

Decidieron examinar los datos químicos del agua recogidos a lo largo del año para buscar cualquier patrón o tendencia. Asimismo, tenían curiosidad por ver qué pautas, si es que alguna lo hacía, aparecería con las muestras recogidas en el siguiente otoño y primavera.