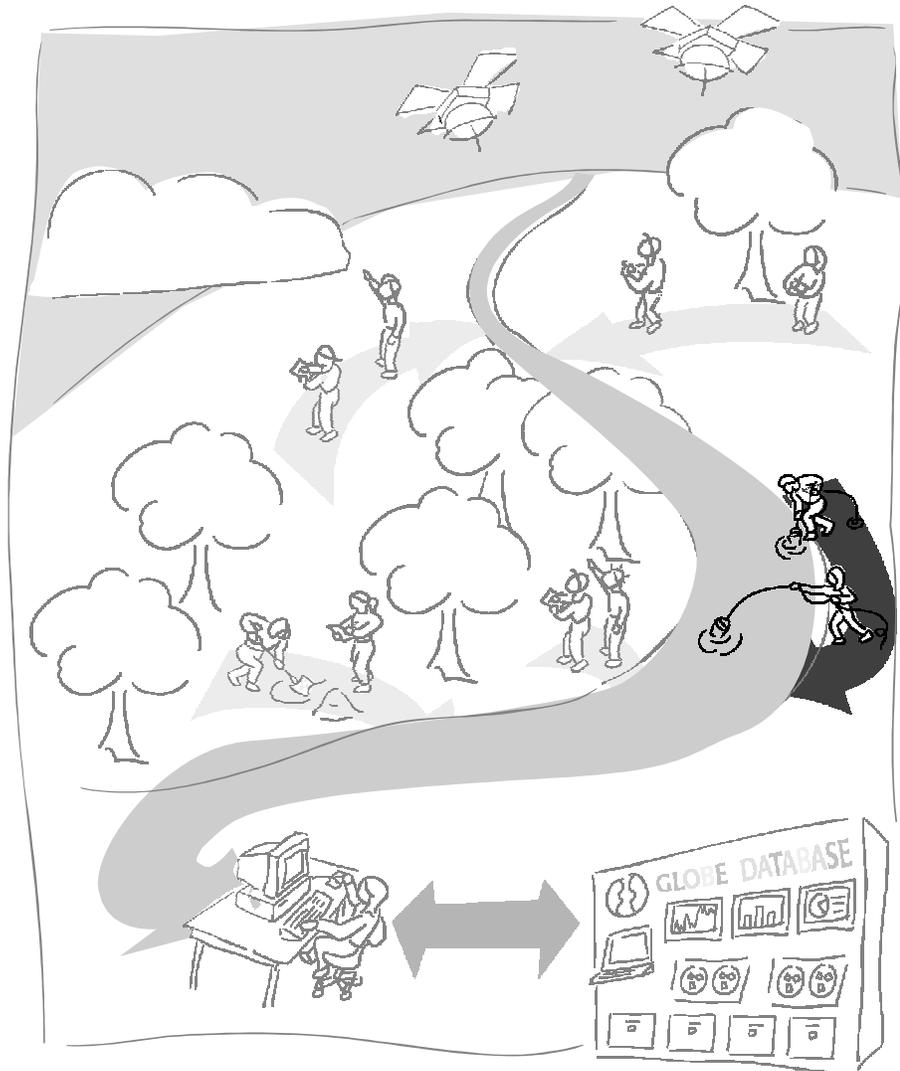


Investigación de Hidrología



Una Investigación de Aprendizaje GLOBE



Un Vistazo a la Investigación de Hidrología



Protocolos

Mediciones semanales

Básicas:

(semanalmente)

Transparencia

Temperatura del agua

Oxígeno disuelto

Conductividad Eléctrica

Salinidad

pH

Alcalinidad

Nitratos

Mediciones opcionales

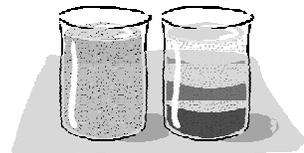
Titulación o Valoración de la Salinidad

Macroinvertebrados de agua dulce

(Dos veces al año)

Secuencia de Actividades Propuestas

- Leer la Introducción, especialmente las secciones *¿Qué Mediciones se Toman?* y *Comenzando*.
 - La actividad de aprendizaje *El Camino del Agua* crea el marco para desarrollar un conocimiento básico y un centro de interés sobre el Sitio de Estudio de Hidrología.
 - La actividad de aprendizaje *Modelando una Cuenca* proporciona la posibilidad de ver en una imagen de la divisoria de aguas de su región y del sitio de Estudio de Hidrología.
 - Conviene *Hacer el Mapa de Sitio de Estudio de Hidrología* al principio del estudio, como parte de la definición del sitio de estudio, y una vez cada año a partir de entonces, volver a realizar un mapa del Sitio de Hidrología y fotografías para enviar a GLOBE.
- La Actividad de Aprendizaje de *Practicando los Protocolos* guía a los estudiantes a través del uso de instrumentos y el seguimiento de los protocolos para recoger datos fiables.
- Iniciar el muestreo de campo. Ir al sitio de estudio y empezar las mediciones semanales de agua.
 - Utilizar la sección *Observando los Datos* al final de cada protocolo como guía para examinar los datos, hacer preguntas e interpretar lo que se obtiene. Empezar a relacionar los datos de agua con otras medidas GLOBE.
 - Centrarse en Ideas Científicas Claves para desarrollar las siguientes Actividades de Aprendizaje.
 - *Detectives del Agua y Juego del pH*, que introduce al alumnado a adecuar las variables químicas del agua con la necesidad de utilizar instrumentos para tomar ciertas medidas.
 - *El Modelo de Balance Hídrico* permite que los estudiantes investiguen como usar sus datos para realizar un modelo.



Índice

Introducción

¿Por qué Investigar las Aguas Superficiales?.....	Introducción 1
La Gran Imagen.....	Introducción 2
Mediciones GLOBE	Introducción 3
Comenzando.....	Introducción 7

Protocolos

Construcción de Instrumentos, Selección del Sitio de Estudio, Documentación del Sitio y Elaboración del Mapa y Procedimientos para la Toma de Muestras.

Protocolo de Transparencia del Agua

Protocolo de Temperatura del Agua

Protocolo de Oxígeno Disuelto

Protocolo de Conductividad Eléctrica

Protocolo de Salinidad

Protocolo de pH

Protocolo de Alcalinidad

Protocolo de Nitratos

Protocolos Opcionales:

Protocolo de Macroinvertebrados de Agua Dulce*

Sustrato Rocoso en Aguas Corrientes.

Multi-hábitat (muestreo en un lago, estanque o arroyo con fondo arenoso o fangoso)

Protocolo de Titulación de la Salinidad*

Actividades de Aprendizaje

El Camino del Agua

Modelando una Cuenca de Captación

Detectives del Agua

El Juego del pH

Practicando los Protocolos de Hidrología

Modelo de Balance Hídrico

Modelo de Divisoria de Aguas

Apéndice

Hoja de Definición del Sitio de Hidrología.....Apéndice 2

Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad.....Apéndice 4

Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología

Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados

de Agua Dulce.....Apéndice 9

Mapa del Sitio de Hidrología..... Apéndice 11

Glosario

Apéndice 12

* Ver la versión electrónica completa de la *Guía del Profesor* disponible en la Web de GLOBE y en CD-ROM.

Introducción



¿Cuáles son las condiciones de muchas de las aguas superficiales de la Tierra: arroyos, ríos, lagos y aguas costeras? ¿Cómo varían esas condiciones a lo largo del año? ¿Cambian esas condiciones de un año a otro?

A través de la investigación de Hidrología de GLOBE, usted puede ayudar a conocer estos aspectos analizando las aguas cercanas a su centro escolar. Nuestro conocimiento de las tendencias globales en las mediciones de agua está basado en el muestreo de varios sitios. Este muestreo generalmente se ha hecho pocas veces. Por ejemplo, nuestra información de muchos lagos está basada en el muestreo que se hizo una o dos veces hace más de diez años.

Para evaluar los cambios del agua, necesitamos acceder a información fidedigna en condiciones actuales y pasadas. Si los cambios están teniendo lugar, comparar varios sitios en diferentes áreas puede ayudarnos a entender lo que está pasando.

¿Por qué Investigar las Aguas Superficiales?

Nosotros no sólo bebemos agua; somos agua. El agua constituye del 50 al 90 % del peso de todos los seres vivos. Es una de las sustancias más abundantes e importantes de la Tierra. El agua sustenta la vida de las plantas y de los animales, juega un papel clave en la formación del clima, actúa sobre la superficie del planeta modelándola con la erosión y otros procesos. Aproximadamente el 70% de la superficie de la Tierra está cubierta de agua.

Las mediciones de oxígeno disuelto y pH indican directamente la habitabilidad de un cuerpo de agua para la vida acuática. Es interesante seguir anualmente los parámetros del ciclo del agua, así como el oxígeno disuelto, la alcalinidad y el pH para luego hacer comparaciones entre diferentes cuerpos de agua. Podemos plantearnos cuestiones como: ¿Están los niveles de oxígeno disuelto siempre al máximo permitido por la temperatura del agua, o están por debajo durante parte del año? Si son bajos, queremos saber la causa. Podemos ver si el

pH empieza a disminuir justo después de una lluvia o cuando hay mucha agua de deshielo entrando a un lago o arroyo. Si encontramos una disminución en el pH, es de esperar que esa agua tenga bajo nivel de alcalinidad. De hecho, esperaríamos que aguas con una baja alcalinidad tuvieran un descenso de pH tras las lluvias o el deshielo en la zona. Debemos tomar las medidas para confirmar si esto pasa realmente o no. Desarrollar una base de datos de mediciones de agua nos permitiría responder a tales cuestiones.

A pesar de su abundancia, no podemos usar más agua de la Tierra. Si representamos el agua de la Tierra como 100 litros, 97 de ellos serían agua de mar y la mayoría de los tres litros restantes sería hielo. Solo alrededor de 3 ml del total de los 100 litros sería agua dulce que podríamos consumir; esta agua potable es bombeada desde el subsuelo o tomada de ríos o lagos de agua dulce.

En la mayoría de los países, los actuales programas de medición cubren sólo pocos cuerpos de agua y pocas veces al año. Esperamos que las mediciones que se tomen con GLOBE ayuden a cubrir ese hueco y mejoren nuestro entendimiento de las aguas naturales de la Tierra. Este conocimiento puede ayudarnos a tomar decisiones más inteligentes sobre el uso y gestión de este recurso.

La Gran Imagen

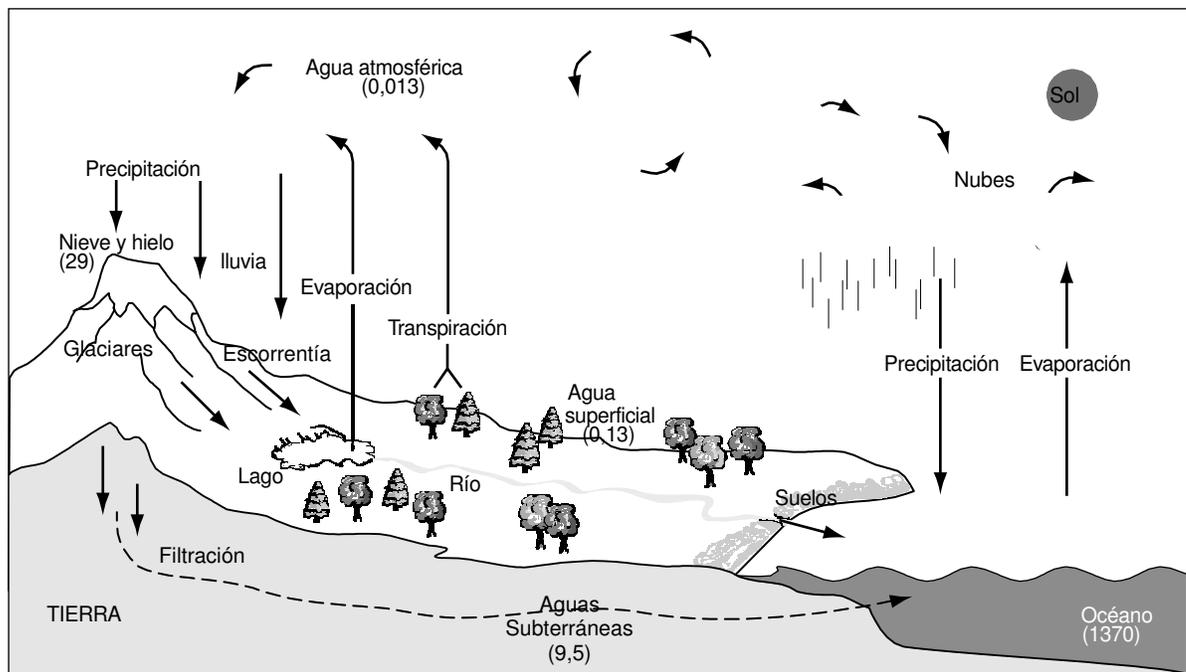
El Ciclo Hidrológico

El agua circula continuamente entre la superficie de la Tierra y la Atmósfera en lo que es llamado “ciclo hidrológico”, también denominado “ciclo del agua”, y es uno de los procesos básicos de la naturaleza. Como respuesta al calor procedente del sol y a otras influencias, el agua de los océanos, ríos, lagos, suelos y vegetación se evapora en el aire en forma de vapor de agua. El vapor de agua asciende a la atmósfera, se enfría y se transforma en agua líquida o hielo formando nubes. Cuando las gotas de agua o los cristales de hielo son suficientemente grandes, caen sobre la superficie como lluvia o nieve. Una vez sobre el terreno el agua se filtra en el suelo y es, o bien absorbido por las plantas, o filtrado hacia abajo hasta los acuíferos. Si el agua no se filtra discurre por la superficie hasta arroyos y ríos o en alguna ocasión hasta los océanos, mientras parte de él se evapora.

Las aguas en un lago, la nieve en la montaña, la humedad en el aire o las gotas del rocío en la mañana son todas parte del mismo sistema. El total de pérdida anual de agua de la superficie terrestre es igual a la precipitación anual. Cambiar alguna parte del sistema, tal como la cantidad de vegetación en una región o la cobertura terrestre, afecta al resto del sistema.

El agua participa en muchas reacciones químicas importantes y es un buen disolvente. El agua completamente pura es difícil de encontrar en la naturaleza porque arrastra impurezas en su viaje a través del ciclo hidrológico. La lluvia y la nieve capturan aerosoles del aire. El agua ácida disuelve lentamente las rocas, arrastrando en el agua los sólidos disueltos. Pequeños pero visibles fragmentos de rocas y suelos también pueden ir en suspensión en el agua y contribuir a la turbidez de la misma. Cuando el agua se filtra hacia el interior del terreno más minerales disueltos se incorporan. Las impurezas disueltas o en suspensión determinan la composición química del agua.

Figura HI-I-1: Ciclo Hidrológico – Los Números en Paréntesis son las Reservas de Agua Disponible en 10^3 Km³.



After Mackenzie and Mackenzie 1995, and Graedel and Crutzen, 1993

Mediciones GLOBE

¿Qué medidas se toman?

En estas investigaciones el alumnado realizará las siguientes mediciones del agua:

- Transparencia
- Temperatura del agua
- Oxígeno disuelto
- Conductividad Eléctrica
- Salinidad
- pH
- Alcalinidad
- Nitratos
- Opcional (Protocolos en la guía electrónica de GLOBE): Titulación de Salinidad
- Macroinvertebrados de agua dulce

Mediciones Individuales

Transparencia

La luz, esencial para el crecimiento de las plantas verdes, alcanza más profundidad en las aguas claras que en las aguas turbias que contienen sólidos en suspensión o en aguas coloreadas. La transparencia es el grado en el que la luz penetra dentro del agua. Hay dos métodos comúnmente utilizados para medir la transparencia son: el disco Secchi y el tubo de transparencia. El disco Secchi fue el primero en usarse para medir la transparencia, en 1865, por el Padre Pietro Angelo Secchi, consejero científico del Papa. Esta simple y ampliamente utilizada medida es la profundidad a la cual un disco blanco y negro, de 20 cm. de diámetro, sumergido en el agua, desaparece de la vista y aparece nuevamente cuando es ascendido. Una alternativa para medir la transparencia es echar agua en un tubo con un dibujo similar al del disco Secchi en el fondo y anotar la altura de la columna de agua en el tubo cuando el patrón desaparece de la vista. El disco Secchi se utiliza en aguas profundas y tranquilas. El tubo de transparencia puede usarse con aguas tranquilas o agitadas y sirve para sitios con aguas poco profundas o para medir la transparencia de la capa superficial de sitios de aguas muy profundas.

Temperatura del Agua

La temperatura del agua está muy influida por la cantidad de energía solar absorbida, así como por el suelo y el aire que le rodea. El mayor calor del sol conduce a temperaturas más altas del agua.

El agua usada en la industria llega al cuerpo de

agua estudiado pudiendo también aumentar su temperatura. La evaporación superficial en un cuerpo de agua puede bajar su temperatura pero sólo en una capa muy fina de la superficie.

La temperatura del agua puede ser un indicador de su lugar de origen. La temperatura del agua cerca de su fuente será similar a la temperatura de ésta (por ejemplo, el agua procedente de deshielo se encontrará a una temperatura muy fría, mientras que la que procede del interior es templada). La temperatura del agua lejos de su origen está muy influida por la temperatura atmosférica.

Otros parámetros, tales como la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto dependen de la temperatura del agua y son factores muy importantes para evaluar la habitabilidad de un cuerpo de agua.

Oxígeno Disuelto

El agua es una molécula formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, H₂O. Sin embargo, mezcladas con las moléculas de agua hay moléculas de gas de oxígeno (O₂) que se han disuelto en el agua. El oxígeno disuelto es una impureza natural del agua. Animales acuáticos, tales como peces y el zooplancton del que se alimentan no respiran el oxígeno atómico de las moléculas de agua sino el oxígeno molecular disuelto en el agua. Con niveles insuficientes de oxígeno en el agua los seres vivos acuáticos se asfixiarían. Niveles de oxígeno disuelto por debajo de 3 mg/l son críticos para la mayoría de los organismos acuáticos.

pH

El pH es una medida del contenido ácido del agua. El pH del agua influye en la mayoría de sus procesos químicos. El agua pura, sin impurezas (y sin estar en contacto con el aire) tiene un pH de 7. El agua con impurezas tendrá un pH de 7 cuando su contenido en ácidos y bases sea exactamente igual y estén en equilibrio. En valores de pH por debajo de 7 hay exceso de ácido, y en niveles por encima 7 hay exceso de bases en el agua.

Conductividad Eléctrica

El agua pura es un mal conductor de la electricidad. Son las impurezas iónicas (con carga) del agua, tales como sales disueltas, las que permiten la conductividad eléctrica del agua. Ya que no disponemos de tiempo ni dinero para analizar cada sustancia presente en el agua, hemos descubierto que la conductividad eléctrica es un buen indicador del nivel total de impurezas.

La conductividad eléctrica mide el paso de la corriente eléctrica a través del agua. Cuanta más cantidad de sales disueltas haya en el agua mayor es la conductividad eléctrica.

Salinidad

El agua de los mares y océanos es salada y tiene mayor contenido de sólidos disueltos que el agua dulce de lagos, arroyos y estanques. La salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas y se mide en partes de impureza por mil partes de agua. El valor medio de la salinidad de los océanos es 35 partes por mil (o lo que es lo mismo 3,5% de sal). El sodio (Na) y el Cloro (Cl), los componentes de la sal común o de mesa (NaCl), son los que más contribuyen a la salinidad. En bahías y estuarios podemos encontrar un amplio rango de valores de salinidad, ya que esas son las zonas en las que el agua dulce y el agua de mar se mezclan. La salinidad de esas aguas salobres está entre la del agua dulce que tiene una media de 0,5 ppmil y la del agua de mar.

La tierra continental también tiene lagos interiores que son salinos. Algunos de los más destacados ejemplos son el Mar Caspio en Asia central, el Gran Lago Salado en Norte América y muchos lagos en el Valle del Gran Rift en África. Algunos de ellos son incluso más salados que el agua de mar. El agua adquiere salinidad porque los ríos transportan sales que se originaron por el efecto de los elementos o por disolución de las rocas. Cuando el agua se evapora las sales quedan atrás, originando una acumulación de material disuelto. Cuando el agua empieza a estar saturada con sales, estas precipitan (convertidas en sólidos). Mientras que la salinidad del océano cambia lentamente, en varios milenios, la salinidad de las aguas interiores puede cambiar más rápidamente, alrededor de unas horas o décadas, cuando varían los patrones de lluvias o de deshielos.

Alcalinidad

La alcalinidad es una medida de la resistencia del agua a disminuir su pH cuando se le añaden ácidos. La adicción de ácidos generalmente proviene de la lluvia o de la nieve, aunque en algunas áreas también son importantes las aportaciones del suelo. La alcalinidad es generada por la acción del agua cuando disuelve rocas que contienen carbonato cálcico, tales como la calcita y las calizas.

Cuando un lago o arroyo tiene baja alcalinidad, por debajo de 100 mg/l de CaCO₃, una gran

entrada de ácido procedente de las lluvias o de un episodio de rápido deshielo (al menos temporalmente) puede bajar el pH del agua a niveles nocivos para anfibios, peces y zooplancton.

Nitratos

Las plantas tanto en aguas dulces como salinas requieren tres nutrientes principales para su desarrollo: Carbono, Nitrógeno y Fósforo. De hecho la mayoría de las plantas necesitan estos tres elementos en la misma proporción y no pueden crecer si uno de ellos está en poca cantidad. El carbono es relativamente abundante en el aire como dióxido de carbono. El dióxido de carbono se disuelve en agua y por eso la falta de nitrógeno o de fósforo generalmente limita el crecimiento de las plantas acuáticas. En algunos casos, trazas de nutrientes como hierro pueden también limitarla. La luz del sol también es un factor limitante del crecimiento. El nitrógeno está presente en los cuerpos de agua en distintas formas: Nitrógeno molecular disuelto (N₂), compuestos orgánicos, ión amonio (NH₄⁺), nitritos (NO₂⁻) y nitratos (NO₃⁻). De todos ellos el nitrato es normalmente el más importante para el desarrollo de las plantas.

Macroinvertebrados de Agua Dulce

Millones de pequeñas criaturas habitan en las aguas dulces de lagos, ríos, arroyos y pantanos. Los macroinvertebrados son un conjunto de insectos y sus larvas, crustáceos, moluscos, gusanos y otros pequeños animales invertebrados que viven en el fango, la arena o la grava del sustrato o en el interior de plantas y troncos. Ellos desempeñan un papel crucial en el ecosistema. Constituyen un importante eslabón en la cadena alimenticia y son la fuente de alimento de muchos animales de mayor tamaño. macroinvertebrados tales como el mejillón de agua dulce ayudan a filtrar el agua. Otros son carroñeros y se alimentan de material en descomposición en el agua, mientras que ciertos macroinvertebrados se alimentan de organismos más pequeños. Los macroinvertebrados pueden decirnos mucho sobre las condiciones del cuerpo de agua. Muchos son sensibles a cambios de pH, de oxígeno disuelto, de temperatura, de salinidad, de transparencia y a otros cambios en el hábitat. Un hábitat es un lugar que incluye todo lo que un animal necesita para vivir y desarrollarse.

Una muestra de macroinvertebrados nos permite estimar la biodiversidad, estudiar la ecología del cuerpo de agua y explorar las relaciones entre las mediciones de los parámetros químicos y los organismos en el Sitio de Estudio de Hidrología.

¿Dónde se Hacen las Mediciones?

Todas las mediciones de hidrología hay que hacerlas en el sitio de estudio. Este puede ser cualquier superficie de agua que pueda ser visitada y estudiada con regularidad desde el centro escolar, aunque son preferibles las aguas naturales.

En orden de preferencia los sitios de estudios pueden ser:

1. Arroyos o ríos
2. Lagos, embalses, bahías u océanos.
3. Estanques, lagunas
4. Acequias u otros cuerpos de agua si ninguno de los anteriores es posible.

¿Cuándo se Hacen las Mediciones?

La toma de datos del agua debe hacerse cada semana, aproximadamente a la misma hora. Si el sitio de muestreo se hiela en invierno o se seca, asegúrese de indicar esta información cada semana hasta que haya de nuevo agua superficial que fluya libremente para poder tomar mediciones adecuadamente.

Nota: Ciertos momentos del año suministran medidas más llamativas. Cuando en primavera llegan a los ríos los restos del deshielo, se incrementa la corriente y los sedimentos cambiarán drásticamente los valores de las mediciones. Una o más veces al año, los lagos pueden remover sus aguas quedando totalmente mezcladas, esto puede ocurrir en primavera después de que se derritan los hielos. Este movimiento puede producir cambios sorprendentes en los resultados de las mediciones. Hay que estar pendiente de los cambios estacionales y mensuales. Utilice la sección *Comentarios de Datos GLOBE* e introduzca en esa página las observaciones anotadas que puedan ayudar a otros a interpretar sus datos de hidrología.

La toma de datos de macroinvertebrados de agua dulce se realiza dos veces al año, una en primavera y otra al final del verano o principios

del otoño, antes de las primeras heladas. Si las estaciones alternan entre húmeda y seca, elija una fecha en la segunda mitad de la estación húmeda y una fecha de la estación seca, si es posible seis meses después de la primera muestra. Si no conoce los cambios cíclicos de la zona, pregunte a algún experto local cuándo se puede encontrar un pico de mayor abundancia y diversidad de macroinvertebrados en el agua, y tome una muestra en ese momento y otra seis meses más tarde.

¿Cuántos Alumnos Pueden Estar Implicados?

Las mediciones deben hacerse en grupos de 2 ó 3 estudiantes. Las tareas dentro de cada grupo incluyen: toma de muestras, procesamiento de la muestra, y anotación de los datos. Resulta muy útil tener varios grupos analizando cada parámetro (por ejemplo, tres grupos midiendo oxígeno disuelto. Esto permite que más alumnado esté implicado y sirve como método de “control de calidad”. Los grupos de estudiantes que llevan el mismo análisis deberían comparar los resultados entre ellos para determinar si los datos son similares. Si hay diferentes resultados para la misma muestra, deberán revisar todo el proceso y repetir el análisis para averiguar cuál es la causa de la diferencia. Los datos del control de calidad serán una parte importante de la experiencia científica y del aprendizaje.

Tabla HI-I-1: Mediciones de Hidrología, Niveles y Tiempo Aproximado Requerido

Nivel	Medición	Tiempo (minutos)
<i>Principiantes</i>	Transparencia	10
	Temperatura	10
	pH (papel)	10
	Conductividad	10
	Salinidad	10
<i>Intermedio o Avanzado</i>	Oxígeno disuelto	20
	pH-metro	10
	Alcalinidad	15
<i>Opcional</i>	Nitrato	20
	Titulación de salinidad	10
	Macroinvertebrados de agua dulce	3-6 horas

¿Cuánto Tiempo Necesitamos para Tomar las Medidas?

El tiempo para hacer las mediciones dependerá de la distancia a su Sitio de Estudio de Hidrología, la destreza del alumnado y la organización del grupo. Si cada miembro del grupo realiza todas las medidas les llevará más tiempo realizar el trabajo, que si cada pequeño grupo se responsabiliza de diferentes equipos de medición cada semana.

Comenzando

Para los protocolos semanales de agua, los estudiantes tomarán muestras de un cuerpo de agua seleccionado, procesarán la muestra para determinar su composición y analizarán los datos para entender mejor el agua y su impacto en el ambiente. Cada año a los estudiantes se les pide que hagan un mapa de su sitio de estudio y que lo fotografíen. Uno de los más importantes factores que limita el uso de los datos es la falta de documentación sobre el sitio de estudio.

Para el protocolo de macroinvertebrados de agua dulce, los estudiantes muestrearán sus sitios de hidrología dos veces al año para determinar el número relativo de invertebrados y los tipos. Los estudiantes compararán esos datos con los datos químicos del agua, datos históricos y otros índices para entender el modelo y la tendencia del agua que ellos están estudiando.

Objetivos Educativos

Los estudiantes que participan en las actividades de este capítulo deberán adquirir habilidades investigadoras y comprensión de algunos conceptos. Estas habilidades incluyen el uso de una variedad de instrumentos específicos y técnicas de toma de datos y análisis de los resultados con un enfoque investigador general. Las *Habilidades de Investigación Científica* enunciadas en el apartado de fondo gris están desarrolladas asumiendo que el profesorado ha completado todo el protocolo incluida la sección de *Mirando los Datos*. Si no se usa esta sección no se cubrirán todas las destrezas investigadoras. Los *Conceptos Científicos* incluidos están recogidos en los Estándares Nacionales de Educación en Ciencias de los Estados Unidos como recomienda el Consejo de Investigación Nacional e incluyen otros temas sobre la Tierra, Ciencias del Espacio y Ciencias Físicas. Los *Conceptos de Geografía* están recogidos en los Estándares Nacionales de Geografía preparados por el Proyecto de Estándares Nacionales de Educación. Conceptos específicos adicionales para las mediciones de hidrología también han sido incluidos. La página con fondo gris, al principio de cada protocolo o actividad de aprendizaje, indica los conceptos clave y habilidades científicas investigadoras que se desarrollan. Las siguientes tablas ofrecen un resumen de qué conceptos y qué habilidades son cubiertos con cada protocolo o actividad de aprendizaje.

Bibliografía

T.E. Graedel y P.J. Crutzen (1993) *Atmospheric Change: An Earth System Perspective*. W.H. Freeman and Company, New York

F.T. Mackenzie y J.A. Mackenzie (1995) *Our Changing Planet: An Introduction to Earth System Science and Global Environmental Change*. Prentice Hall, New Jersey.

Estándares Nacionales de Educación en Ciencias de los Estados Unidos	Protocols						
	Trans.	Temp.	Dis. Oxygen	pH	E. Cond.	Salinity	Sal. Titration
Earth and Space Sciences							
Properties of Earth Materials (K-4)							
Earth materials are solid rocks, soils, water and the atmosphere	■	■	■	■	■	■	■
Soils have properties of color, texture and composition; they support the growth of many kinds of plants							
Soils consist of weathered rocks and decomposed organic matter							
Changes in the Earth and Sky (K-4)							
The surface of the Earth changes (Erosion, weathering, etc.)							
Structure of the Earth System (5-8)							
Landforms are the result of destructive and constructive forces							
Soil consists of weathered rocks and decomposed organic matter							
Water circulates through the biosphere, lithosphere, atmosphere and hydrosphere (water cycle)							
Water is a solvent	■		■	■	■	■	■
Energy in the Earth System (9-12)							
The sun is the major source of energy at Earth's surface							
Solar insolation drives atmospheric and ocean circulation							
Geochemical Cycles (9-12)							
Each element moves among different reservoirs (biosphere, lithosphere, atmosphere, hydrosphere)			■	■	■	■	■
Physical Sciences							
Properties of Materials (K-4)							
Objects have observable properties	■	■	■	■	■	■	■
Life Sciences							
The Characteristics of Organisms (K-4)							
Organisms have basic needs.							
Organisms can only survive in environments where their needs are met		■	■	■	■	■	■
Earth has many different environments that support different combinations of organisms		■	■	■	■	■	■
Organisms and their Environments (K-4)							
Organisms' functions relate to their environment							
Organisms change the environment in which they live	■		■	■			
Humans can change natural environments	■	■	■	■	■	■	■
Structure and Function of Living Systems (5-8)							
Ecosystems demonstrate the complementarily nature of structure and function							
Regulation and Behavior (5-8)							
All organisms must be able to obtain and use resources while living in a constantly changing environment	■	■	■	■	■	■	■

Actividades de Aprendizaje								
Alkalinity	Fresh water macro-invertebrates	Nitrate	Water Walk	Model Watershed	Water Detective	pH Game	Practice Protocols	Model Balance
■		■						
	■		■	■				■
	■							
			■	■				
			■	■				■
			■	■				■
■		■	■	■	■	■	■	
■		■	■	■		■	■	
■		■			■	■		
	■							
■	■	■	■				■	
■	■	■	■				■	
	■							
■	■	■	■				■	

			Learning Activities					
Alkalinity	Fresh water macro-invertebrates	Nitrate	Water Walk	Model Watershed	Water Detective	pH Game	Practice Protocols	Model Balance
	■							
	■							
	■							
	■							

PROTOCOS



Construcción de Instrumentos, Selección del Sitio de Estudio, Documentación y Mapeo del Sitio de Estudio , y Procedimientos para la Toma de Muestras.

Se ofrecen instrucciones para la construcción de algunos equipos. También se dan instrucciones de cómo seleccionar, describir y hacer el mapa del Sitio de Estudio de Hidrología. Se indica a los estudiantes cómo tomar la muestra para analizarla.

Protocolo de Transparencia del Agua

El alumnado medirá la transparencia del agua en su sitio de estudio inalterado, usando un tubo de transparencia o un disco Secchi.

Protocolo de Temperatura del Agua

El alumnado medirá la temperatura del agua.

Protocolo de Oxígeno Disuelto

El alumnado medirá el oxígeno disuelto en el agua, en su sitio de estudio, usando un kit de análisis o una sonda de oxígeno disuelto.

Protocolo de Conductividad Eléctrica

El alumnado medirá la conductividad eléctrica del agua en los sitios de estudio de hidrología de agua dulce.

Protocolo de Salinidad

El alumnado medirá la salinidad de una muestra de agua salada o salobre utilizando un hidrómetro y un termómetro.

* Ver la versión electrónica completa de la Guía del Profesor disponible en la Web de GLOBE y en el CD-ROM.

Protocolo de pH

El alumnado medirá el pH del agua usando *papel indicador de pH* o un *medidor de pH*.

Protocolo de Alcalinidad

El alumnado medirá la alcalinidad del agua utilizando un kit de alcalinidad.

Protocolo de Nitratos

El alumnado medirá el contenido de nitrógeno, en forma de nitratos, del agua utilizando un kit de nitratos.

Protocolo de Macroinvertebrados de Agua Dulce*

El alumnado recogerá, identificará y contará macroinvertebrados en los sitios de estudio de agua dulce de hidrología.

Protocolo de Titulación de Salinidad *

El alumnado medirá la salinidad del agua salada usando un kit de titulación (valoración) de salinidad.

* Ver la versión electrónica completa de la Guía del Profesor disponible en la Web de GLOBE y en el CD-ROM.

Construcción de Instrumentos

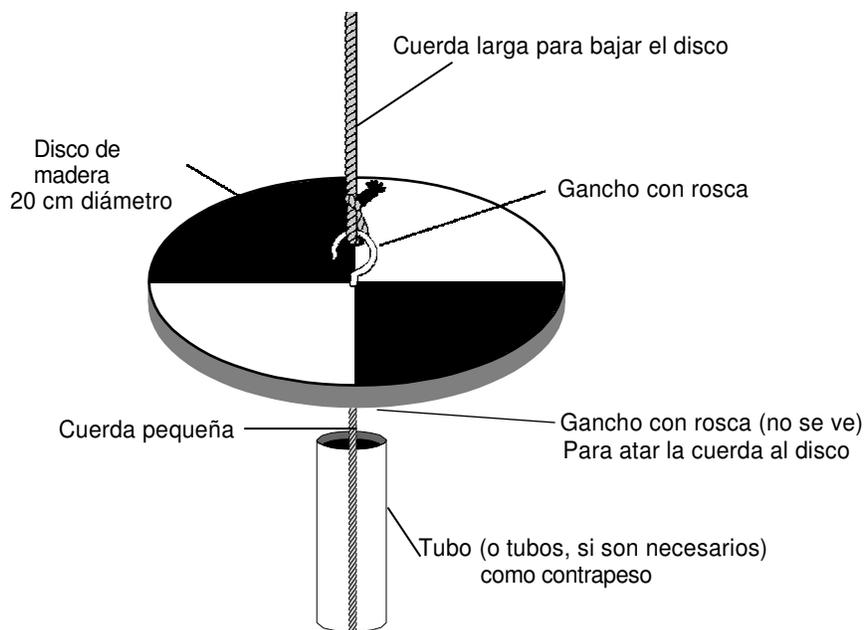
Instrucciones para Fabricar un Disco Secchi para Medir la Transparencia del Agua

Materiales

- q Disco de madera (20 cm diámetro)
- q Pintura (blanca y negra)
- q 2 ganchos o armellas con rosca (2-3 cm)
- q Tubo o pieza de plomo para contrapeso
- q 5 metros de cuerda (o más, dependiendo de la profundidad del cuerpo de agua)
- q Metro de madera
- q Rotuladores resistentes al agua (negro, rojo y azul)
- q Trozo de cuerda (aproximadamente 50 cm-1 m)

Pasos a Seguir para la Construcción

1. Dividir la parte superior del disco de madera en 4 cuadrantes iguales. Marcar suavemente con un lápiz las líneas que se cruzan con un ángulo de 90 grados para identificar los cuadrantes.
2. Pintar dos cuadrantes opuestos en negro y los otros dos en blanco.
3. Atornillar un gancho en el centro de la parte superior y en el centro de la parte inferior. Atar la cuerda de 5 m a través del gancho en la parte superior del disco.
4. Atar la pieza de cuerda corta a través del gancho de la parte inferior del disco. Pasar la cuerda a través del tubo de plomo. Hacer un nudo grande en la parte inferior del tubo de tal forma que no pueda caerse cuando cuelgue verticalmente debajo del disco.
5. Medir y marcar la cuerda larga cada 10 cm. con un rotulador permanente negro.
6. Medir y marcar cada 50 cm desde el disco con un rotulador azul y cada metro con un rotulador rojo.



Construcción de Instrumentos

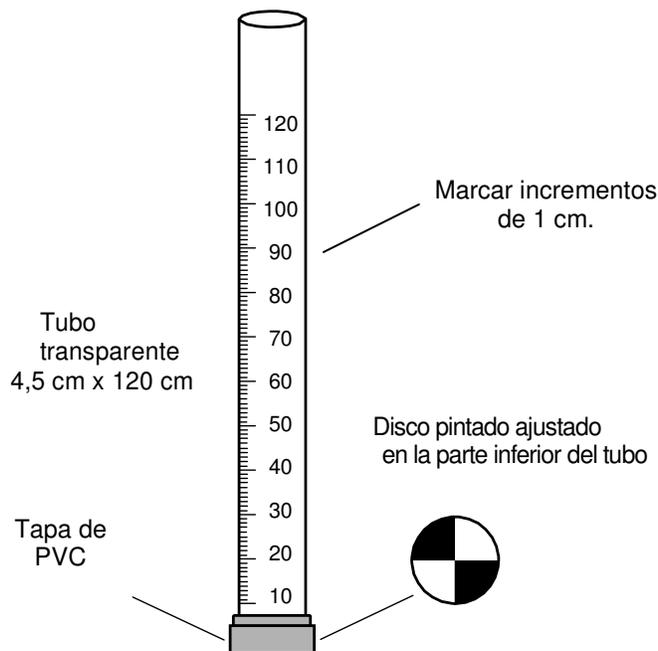
Instrucciones para Hacer un Tubo de Transparencia para Medir la Transparencia del Agua.

Materiales

- q Tubo transparente (aproximadamente de 4,5 cm x 120 cm)
- q Rotulador permanente negro.
- q Tapa de PVC (para ajustar bien en uno de los extremos del tubo)
- q Metro de madera

Pasos a Seguir para la Construcción.

1. En el fondo de la parte interior de la tapa de PVC, pintar el diseño de un disco Secchi (alternando cuadrante blanco y negro) con el rotulador negro.
2. Poner la tapa de PVC sobre uno de los extremos del tubo. La tapa debe ajustar perfectamente para evitar que el agua se filtre.
3. Usar el rotulador y el metro de madera para dibujar una escala en el tubo. El fondo del interior de la tapa de PVC, donde está dibujado el disco Secchi, será 0 cm. Marca cada cm. por encima de este punto.



Construcción de Instrumentos

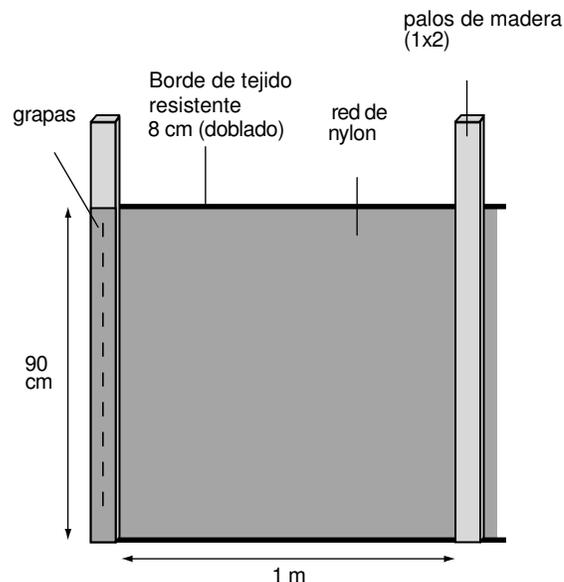
Instrucciones para Fabricar una Red de Retroceso para Colectar Macroinvertebrados de Agua Dulce.

Materiales

- | | |
|---|--|
| q Una pieza de 95 cm x 132 cm. de nylon de 0,5 mm. de malla. | q Grapas |
| q Una pieza de 120 cm. x 150 cm. (o mayor) de nylon (0,5 mm. de malla) para un embudo (opcional). | q 2 piezas de tela vaquera u otro tejido resistente (8 cm. x 132 cm. cada uno) |
| q 2 listones de madera (132 cm largo, 4 a 5 cm de lado) | q Aguja e hilo o cinta adhesiva resistente al agua. |

Pasos a Seguir para la Construcción

1. Doblar cada una de las tiras de tejido resistente de 8 x 132 cm sobre cada uno de los bordes largos de la pieza de nylon de 0,5 mm de malla. Sujetarlos cosiéndolos o uniéndolos con cinta adhesiva.
2. Unirlo a los listones con grapas. La red debe llegar hasta la parte inferior de los listones, y en la parte de arriba quedará un margen libre para poder agarrarlos.
3. Girar los palos de tal manera que la red vaya envolviéndolos hasta que quede un ancho de red de un metro y grapar de nuevo.
4. Opcional: * En el centro cortar un cuadrado de 30 x 30 cm para coser una red en forma de embudo. Esto no es necesario pero puede ser muy útil para concentrar organismos y pasarlos a un cubo.
* Si se tiene más malla de 0,5 mm, se podría también hacer una red completa en forma de bolsa o de embudo, con los bordes de 90 cm x 100 cm y terminada como un cazamariposas.



Construcción de Instrumentos

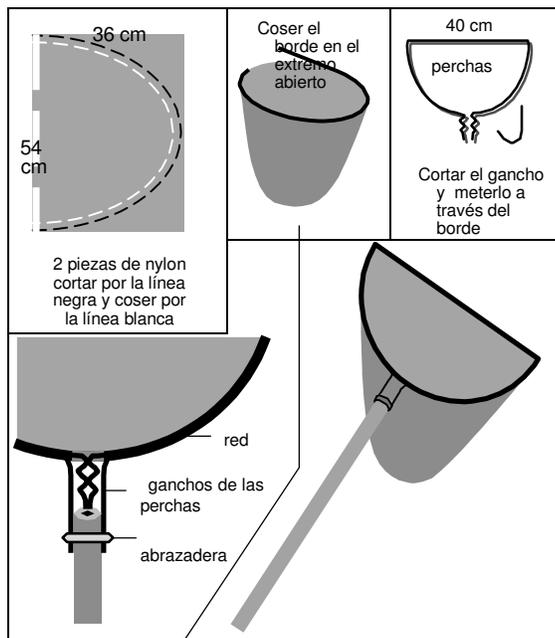
Instrucciones para Fabricar la Red en Forma de D para Colectar Macroinvertebrados de Agua Dulce.

Materiales

- q 2 piezas de nylon (36 x 53 cm) de 0,5 mm de malla.
- q 1 metro de alambre muy resistente o 3 ganchos resistentes de perchas
- q Tejido resistente (8 x 91 cm.) (por ejemplo tela vaquera)
- q Aguja e hilo y cinta adhesiva resistente al agua
- q Listón de 152 cm. (por ejemplo el palo de una escoba o de un rastrillo)
- q Abrazadera de 4 cm.

Pasos a Seguir para la Construcción

1. Estirar las 2 piezas de nylon una sobre otra. Cortar la forma de la red (ver diagrama) y coserlas juntas.
2. Dar la vuelta a la red de tal manera que la costura quede por dentro. Coser la tira de material resistente (8 x 91 cm.) en el borde del extremo abierto de la red, dejando una abertura para insertar los ganchos.
3. Dar forma de "D" al alambre fuerte, el lado recto de la D debe medir alrededor de 40 cm. Si se usan perchas, cortar los ganchos y estirar el alambre, dándole forma de "D".
4. Meter el alambre a través del tejido resistente del contorno y retorcer los extremos juntos en la abertura. Usar cinta adhesiva resistente al agua para dejar los ganchos juntos.
5. Taladrar un agujero en el extremo del mango de suficiente profundidad como para insertar los extremos de los alambres.
6. Insertando los extremos del alambre en el agujero hecho en la parte de arriba del palo. Enganchar un trozo pequeño de alambre en el marco de la red y sujetar los extremos al palo con una abrazadera para asegurar la red al palo.



Construcción de Instrumentos

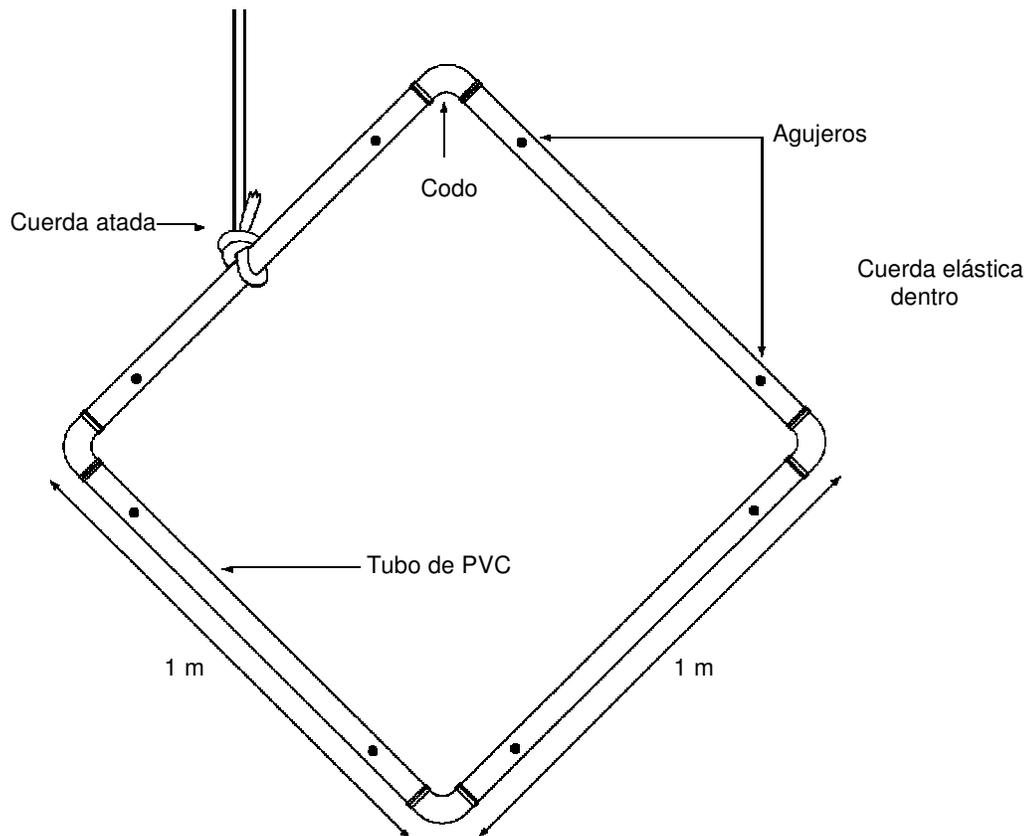
Instrucciones para Fabricar el Cuadrante Usado en la Colecta de Macroinvertebrados de Agua Dulce.

Materiales

- q Cuatro tubos de PVC (100 cm de largo)
- q 4 codos de PVC
- q 3,5 metros de cuerda elástica
- q 3 metros de cuerda (más larga si es necesario)

Pasos a Seguir para la Construcción

1. Unir los cuatro tubos con los codos y ajustar exactamente a 1x1 metro el interior del marco.
2. Hacer agujeros en los cuatro tubos para permitir que el agua entre y el cuadrante se hunda.
3. Meter la cuerda elástica dentro de los tubos y atar los dos extremos con un nudo. Esta cuerda permitirá mantener el cuadrante unido en el agua y se podrá desmontar cuando no se use.
4. Atar una cuerda al cuadrante que se usa para sacar el cuadrante del agua después del muestreo.



Construcción de Instrumentos

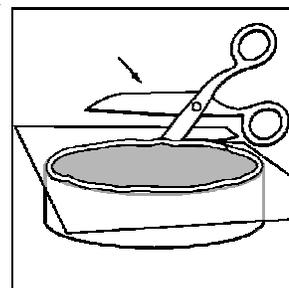
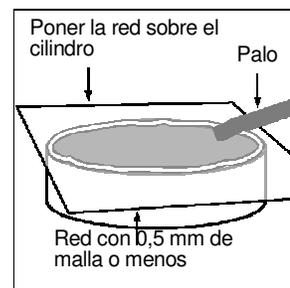
Instrucciones para Fabricar un Tamiz para Usarlo en la Colecta de Macroinvertebrados de Agua Dulce.

Materiales

- q Una pieza de nylon, algodón o red metálica de 25 x 25 cm (0,5 mm de malla o menor)
- q Un cilindro de plástico o metal, 5 cm. de alto y alrededor de 20 de diámetro (esas dimensiones pueden variar ya que el tamiz no se usa para cuantificar la muestra)
- q Pegamento resistente al agua
- q Palito o espátula
- q Tijeras

Pasos a Seguir para la Construcción

1. El cilindro debe estar abierto en ambos lados. Añadir pegamento al borde inferior del cilindro.
2. Poner la pieza cuadrada de red sobre el pegamento y usar un palito o espátula para presionar la red sobre el pegamento.
3. Añadir pegamento alrededor del mismo borde pero por encima de la red.
4. Permitir que el pegamento seque completamente (siguiendo las instrucciones del envase del pegamento)
5. Una vez que el pegamento esté seco, cortar la red sobrante alrededor del borde.



Construcción de Instrumentos

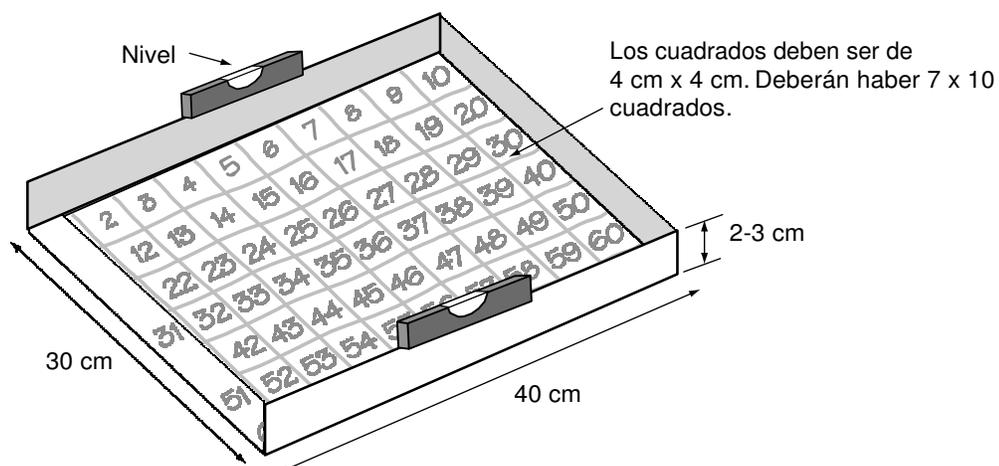
Instrucciones para Fabricar la Cuadrícula de Submuestreo Usada para Contar Macroinvertebrados de Agua Dulce.

Materiales

- q Pieza de plástico duro, tabla o bandeja (30 x 40 cm) con un borde alrededor de al menos 2-3 cm de altura o bandeja de plástico o metal blanco poco profunda, (30 x 40 cm) con fondo plano (una tapa de plástico blanco con el fondo plano de almacenar cajas o láminas de metal pueden servir)
- q Pintura no tóxica blanca y resistente al agua (si la lámina de la cuadrícula no es blanca)
- q Regla
- q Rotulador resistente al agua para dibujar sobre la cuadrícula de muestreo
- q Dos niveles pequeños
- q Bote de silicona, para sellar, resistente al agua
- q Probeta

Pasos a Seguir para la Construcción

1. Si se usa una lámina de plástico o tabla, cortar el tamaño correcto, después pintar la lámina con pintura no tóxica, resistente al agua y de color blanco. Los bordes externos de la bandeja deberán tener altura suficiente para contener 2 ó 3 cm. de agua en ella..
2. Dibuje una cuadrícula en una hoja o en el fondo de la bandeja. Los cuadrados deberán ser de 4 cm. x 4 cm.
3. Usar el sellador de silicona para resaltar el perfil de cada cuadrado con una altura de unos de 5 mm.
4. Numerar los cuadrados consecutivos.
5. Pegar los dos niveles sobre lados opuestos de la cuadrícula.
6. Medir el volumen de agua necesario para cubrir el total de la cuadrícula de tal manera que cada cuadrado tenga agua casi hasta la línea de 5 mm. Este contendrá los macroinvertebrados vivos en su cuadrado de sub-muestra.
7. Anotar este volumen de la parrilla y el número de cuadrados en la *Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados de Agua Dulce*.
8. Practicar extendiendo el volumen de agua uniformemente sobre la cuadrícula, llenando todos los cuadrados.



Preguntas Frecuentes

1. ¿Cuánto peso se necesita poner en el disco Secchi?

Hay que poner suficiente peso como para que el disco entre en el agua verticalmente.

2. ¿Qué longitud debe tener la cuerda del disco Secchi?

La longitud de la cuerda dependerá de lo clara que esté el agua y desde dónde se haga la medición. Si se está midiendo desde un muelle o puente, por ejemplo, será necesaria cuerda extra para alcanzar la superficie del agua. Si el agua tiende a ser turbia y se mide desde cerca de la superficie no se necesitará más de un par de metros de cuerda.

3. ¿Dónde se puede encontrar un tubo largo y transparente para fabricar el tubo de transparencia?

Muchos almacenes de ferretería usan tubos largos para proteger los fluorescentes. Estos tubos no son caros y son excelentes tubos de transparencia. Si no se dispone de ellos, cualquier tubo largo, de plástico transparente de las dimensiones adecuadas puede servir. La longitud del tubo es más importante que el diámetro.

4. ¿Qué se puede hacer si el tubo pierde agua alrededor de la tapa?

Si el tubo pierde agua, utilice silicona resistente al agua para sellar alrededor de la tapa.

5. ¿Se puede hacer un pequeño agujero en el tubo de transparencia cerca del fondo, llenar el tubo con agua y después lentamente soltar agua hasta que aparezca el disco del fondo?

Este método es aceptable siempre que la medición se haga nada más echar el agua. Las partículas se depositan en el fondo rápidamente, especialmente si se han removido al sacar agua del fondo. La lectura debe ser hecha antes de que las partículas se depositen y oscurezcan el disco. A estos tubos hay que vaciarlos y lavarlos entre lectura y lectura para asegurarse de que no queden partículas en el fondo que afecten a la próxima lectura.

6. ¿Puede ser un tubo de transparencia más largo o más corto de 120 cm?

El tubo debe ser de unos 120 cm, como el estándar. Algunos centros escolares deben analizar aguas que nunca tienen transparencia mayor de 20 cm y por eso no es necesario un tubo más largo de esa altura. Otros centros miden aguas que están siempre por encima de 120 cm y necesitan un tubo más largo para indicar una transparencia mayor. La distancia estándar del ojo al disco es 120 cm, deberá mantenerse para poder estandarizar la medición.

Selección del Sitio

Lo ideal es que el Sitio de Estudio de Hidrología esté localizado dentro del área de estudio GLOBE de 15 Km x 15 Km. En esta área se selecciona un sitio en el que las medidas de hidrología (temperatura del agua, transparencia, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad, conductividad eléctrica o salinidad, nitratos o macroinvertebrados de agua dulce) puedan ser tomadas. Se debe elegir también un cuerpo de agua de especial interés en el sitio de estudio GLOBE. Los cuerpos de agua cuyos resultados pueden resultar más interesantes son (en orden de preferencia):

1. Arroyos o ríos
2. Lagos, embalses, bahías, u océanos
3. Estanques, lagunas
4. Acequias u otro cuerpo de agua diferente, en el caso de que ninguno de los anteriores sea accesible o no existan en el sitio de estudio GLOBE.

Se deben recoger todas las muestras de agua desde el mismo lugar dentro del Sitio de Estudio de Hidrología, cada vez. Este lugar se denomina *el sitio de Muestreo*.

Si el sitio es un cuerpo de agua en movimiento como arroyos o ríos (águas lólicas o corrientes), localizar el *Sitio de Muestreo* en un área de aguas agitadas (un lugar donde el agua es turbulenta y se mueve pero no demasiado rápido) a diferencia de aguas tranquilas o de rápidos. Si el sitio de estudio es un cuerpo de aguas tranquilas como un lago o embalse (aguas lénticas o estancadas), encuentre un *Sitio de Muestreo* cerca del área de salida o en el medio del cuerpo de agua, pero evite tomar las muestras cerca de la entrada de aguas. Un puente o un muelle son buenas elecciones.

Si el agua salobre o salada está afectada por las mareas, se necesitará saber la hora de la marea alta y de la marea baja en la localidad tan próxima como sea posible al *Sitio de Estudio de Hidrología*

El muestreo de los macroinvertebrados de agua dulce se debe hacer en lugares próximos al Sitio de Muestreo de Calidad, ya que diferentes criaturas viven en diferentes hábitats, los sitios de muestreo dependen del tipo o tipos representados cerca del sitio de estudio. Los protocolos indicarán la manera de hacer la selección y muestreo de diferentes hábitats

Si hay otras personas haciendo investigaciones en el mismo Sitio de Estudio de Hidrología contactar con ellos antes de tomar las medidas para evitar que los estudiantes interfieran con las investigaciones de otros. Los estudiantes deben ser capaces de contribuir a las investigaciones en curso, tomando mediciones.

Documentando el Sitio de Estudio de Hidrología

La información sobre el sitio de Hidrología GLOBE es esencial para que los estudiantes y los científicos interpreten los datos de agua de cada centro escolar. Los estudiantes necesitan mantener actualizado y con exactitud su Cuaderno de Ciencias, informar de inusuales descubrimientos, e intentar entender los datos que han recogido espacial y temporalmente. Esto significa entender lo que hay en toda la cuenca y la forma en la que su área cambia a lo largo del tiempo. Los estudiantes encontrarán patrones estacionales y también pueden encontrar cambios o tendencias en periodos mayores.

Se ofrecerá información sobre el sitio de estudio por tres vías: A través de comentarios escritos, fotografías y un mapa de campo.

Comentarios Escritos

A los estudiantes se les pide información específica cuando definen el sitio de estudio, relleno la *Hoja de Definición del Sitio de Hidrología*.

Además para suministrar esta información, se debe observar y anotar otras cosas que pueden afectar al agua del sitio seleccionado. Por ejemplo, se pueden observar aves migratorias en un estanque o laguna, una gran tormenta puede haber tirado árboles que han caído sobre la corriente o se está construyendo un puente nuevo muy próximo al lugar del muestreo. Se pueden recoger otros datos GLOBE tales como precipitaciones, pH del suelo, o cobertura terrestre que pueden afectar al agua. El profesorado puede apoyar esos esfuerzos ayudando a los estudiantes a encontrar otras fuentes de información tales como mapas, informes de otros grupos de seguimiento o de agencias gubernamentales, expertos locales, y otras personas que han tenido especial relevancia dentro de la historia de la Comunidad.

Como se pide en la *Hoja de Definición de Sitio de Hidrología*, hay que indicar la empresa y el nombre del modelo de los kits de análisis. Si se cambia el tipo de kit hay que actualizarlo en la información sobre definición de sitio.

Todas las observaciones deberán estar documentadas en los Cuadernos de Ciencias. Deberán también ser anotadas en la *Hoja de Definición de Sitio de Hidrología* en el apartado de *Comentarios*, e informarlo a GLOBE.

Fotografías

Una vez cada año, hay que sacar fotografías del Sitio de Estudio de Hidrología y enviarlas a GLOBE. Tome cuatro fotografías, una en cada dirección cardinal (Norte, Sur, Este, y Oeste) desde el punto en el que normalmente se toma la muestra de agua. Imprima dos copias de las fotos, una para los archivos del centro y otra para GLOBE. Etiquete cada foto con el nombre del centro educativo y la dirección, el nombre del sitio de estudio de Hidrología y la orientación. Enviar las copias etiquetadas de las fotografías a GLOBE por correo a la dirección que se indica en la *Guía de Implementación*.

Mapa de Campo

Dibuje y represente un mapa de campo del Sitio de Hidrología cada año, siguiendo las instrucciones de la *Guía de Campo para Hacer un Mapa del Sitio de Hidrología*. El mapa de campo ayudará a familiarizarse con el sitio e identificar micro hábitats, así como la cobertura terrestre de los alrededores que pueden afectar al agua.

Apoyo al Profesorado

Cada vez que se establece un nuevo Sitio de Estudio de Hidrología los estudiantes deberán rellenar una *Hoja de Definición de Sitio de Hidrología*, nueva, hacer fotografías del sitio, y realizar un mapa siguiendo las guías de campo de *Documentando el Sitio de Estudio de Hidrología* y la *Guía para Hacer un Mapa del Sitio de Estudio de Hidrología*. Después de la descripción inicial del sitio, se deberá actualizar la información y hacer nuevas fotografías creando un nuevo mapa, y enviándolo a GLOBE una vez al año. De forma ideal debería hacerse al inicio del año escolar. Si hay un grupo nuevo de estudiantes tomando las mediciones se puede aprovechar esta oportunidad para hablarles del Sitio de Estudio de Hidrología. Si es el mismo grupo se puede aprovechar la oportunidad para explorar y documentar cualquier cambio que haya tenido lugar desde el año anterior. Mantener la información de la definición del sitio de estudio, aportando fotografías actuales y un mapa del sitio una vez al año, es esencial para la interpretación de los datos de Hidrología por el propio alumnado, por otros estudiantes y científicos igualmente.

Cuando haga el mapa del Sitio de Estudio de Hidrología seleccione un tramo de al menos 50 metros a lo largo de la orilla en el que esté incluido el lugar donde se hacen las mediciones de Hidrología, así como una variedad de hábitats. La *Guía de Campo para Hacer un Mapa del Sitio de Estudio de Hidrología* lleva a los estudiantes a caminar a lo largo de 50 metros que ellos están representando en su esquema. Solo podrán hacerlo si es seguro para ellos. Si el Sitio es un río o un arroyo, probablemente los hábitats que se puedan encontrar son:

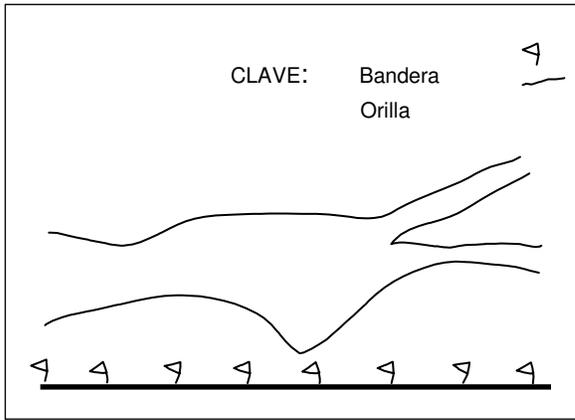
- Áreas de corriente – donde el agua fluye libremente y no hay turbulencias.
- Áreas de aguas tranquilas (pozas) – donde el agua está estancada o quieta, los sedimentos más finos se pueden depositar aquí.
- Área de aguas agitadas – donde hay obstrucciones de rocas en el lecho dando lugar a turbulencias; aquí se depositan rocas.

- Barras de grava – depósitos de grava dentro de la corriente, por encima del nivel normal del agua.
- Bancos de arena - depósitos de arena dentro de la corriente, por encima del nivel normal del agua.

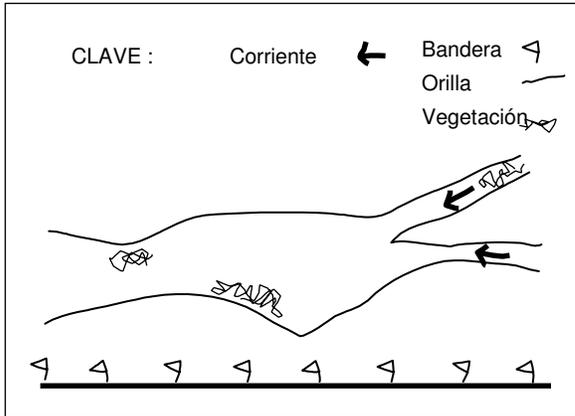
Si el sitio de estudio es un lago, estanque, embalse, bahía, océano, etc., probablemente los hábitats que se encontrarán son:

- Bancos de vegetación: áreas donde la vegetación crece o cuelga dentro del agua;
- Troncos o materiales flotando (escollos): áreas donde parcial o totalmente, troncos sumergidos, ramas u otro tipo de vegetación forman áreas de hábitat;
- Vegetación acuática: áreas donde crecen plantas sumergidas; y
- Grava, arena o sal: áreas sin plantas o de escombros.

Lo siguiente es un ejemplo ilustrativo de creación de un mapa de campo del Sitio de Estudio de Hidrología.

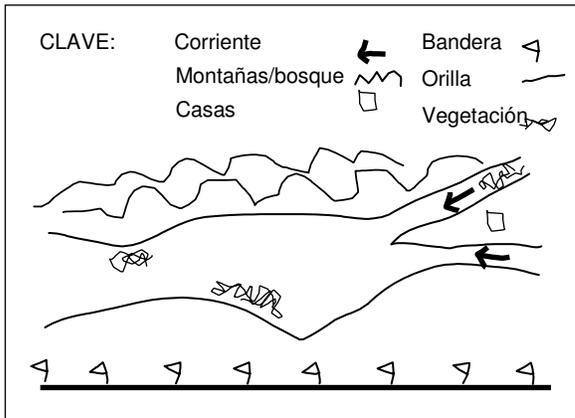


Empezar trazando un recorrido recto y marcando cada 3 metros con banderas. Cada cuadrado del papel representará el área entre dos banderas. Dibujar el perfil del río midiendo desde el recorrido hasta la orilla. Si la orilla opuesta está demasiado lejos para que quepa en el dibujo se indica con una flecha y la distancia aproximada.

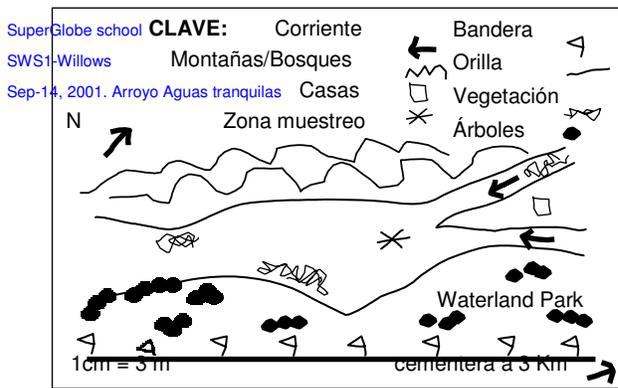


Añadir características al sitio de agua. Mostrar áreas de diferentes hábitats, materiales flotando, diques, puentes, bancos de arena, etc. Utilizar símbolos diferentes en la clave para representar cada característica.

Indicar la dirección del agua o si es un lugar de entrada o de salida del agua, si se sabe.



Añadir características de las zonas de alrededor, tales como áreas residenciales, árboles, bosques, praderas, áreas recreativas o agrícolas. zonas de aparcamiento, etc.



Añadir otras características a lo largo del sitio de agua que puedan ayudar a identificarlo o a interpretar los datos, tales como acantilados, árboles grandes, muelles, afloramientos de calizas, depósitos de arcillas, etc.

Importantes características que no se muestran en el mapa, tales como industrias o diques aguas arriba, se pueden indicar con una flecha y la distancia aproximada.

Incluir el nombre del centro escolar y del Sitio de Estudio, el nombre del cuerpo de agua, una flecha indicando el Norte y la fecha.

Documentando el Sitio de Estudio de Hidrología

Guía de Campo

Actividad

Describir y ubicar el Sitio de Estudio de Hidrología.

Qué se Necesita

- | | |
|--|------------------------------|
| Q Hoja de Definición del Sitio de Hidrología | Q Receptor de GPS |
| Q Guía de Campo del Protocolo de GPS | Q Cámara |
| Q Bolígrafo o lápiz | Q Cuaderno de Ciencias GLOBE |
| Q Brújula | |

En el Campo

1. Rellenar la información en la parte superior de la *Hoja de Definición de Sitio de Hidrología*.
2. Nombrar el sitio creando una única denominación que describa su ubicación.
3. Ubicar el Sitio de Estudio de Hidrología siguiendo la *Guía de Campo del Protocolo de GPS*.
4. Anotar el nombre del cuerpo de agua que se está muestreando, utilizando el nombre comúnmente usado en los mapas. Si el cuerpo de agua no tiene nombre común, entonces se asigna el nombre del cuerpo de agua del que procede o al que fluye. Por ejemplo, arroyo sin nombre, afluente del Río Grande; arroyo sin nombre desemboca en la Laguna Negra; Arroyo sin nombre, nace del Lago del Oso y es afluente del Arroyo Negro.
5. Anotar si el agua es salada o dulce.
6. Si el sitio de hidrología es agua en movimiento, anote si es un arroyo, un río u otro cuerpo de agua, y su anchura aproximada en metros.
7. Si el sitio de estudio son aguas quietas, anote si es un estanque, un lago, un embalse, una bahía, acequia, océano u otros, y si es más grande o más pequeño o aproximadamente igual a 50 m x 100 m de área. Si se sabe, indicar el área aproximada en Km² y la profundidad en metros.
8. Anotar si el lugar de muestreo es la orilla, una zona de salida del agua, un puente, una barca, una zona de entrada de agua, un muelle o embarcadero.
9. Anotar si se puede ver el fondo.
10. Anotar el material del que están hechos las orillas, el cauce o el canal.
11. Anotar el tipo de roca si se sabe.
12. Anotar la empresa y el número del modelo de cada kit para análisis químico que se use, en su caso.

13. Anotar en la sección de *Comentarios* cualquier información que pueda ser importante para entender el sitio de estudio

Algunas posibles observaciones podrían ser:

- a. Algún río o arroyo, aguas arriba, descarga en el cuerpo de agua.
 - b. Si la corriente o el nivel del agua esta regulado o es natural (por ejemplo; la corriente está regulada río abajo por una presa).
 - c. Tipos de plantas y animales observados.
 - d. Cantidad de vegetación en el arroyo
 - e. Usos humanos del agua: pesca, natación, agua para consumo humano, para regadío, navegación, etc.
 - f. Otra información sobre por qué fue seleccionado este sitio específico.
14. Desde el lugar de toma de muestra, se hacen cuatro fotografías del área de muestreo, una hacia cada punto cardinal. Utilizar la brújula para determinar la dirección.
 15. Imprimir dos juegos de fotografías y etiquetar cada foto con el nombre del centro escolar y la dirección, el nombre del Sitio de Estudio de Hidrología, la dirección cardinal. Guardar uno de estos juegos para el archivo del centro.
 16. Enviar el otro juego a GLOBE por correo a la dirección que se especifica en la *Guía de Implementación*

Hacer un Mapa del Sitio de Estudio de Hidrología

Guía de Campo

Actividad

Hacer un mapa de campo, a escala, del Sitio de Hidrología.

Materiales

Q Hoja para Hacer un Mapa del Sitio de Hidrología
(papel cuadriculado de 1 cm)

Q Banderas(18)

Q Cinta métrica (50 m)

Q Lápiz /Goma de borrar

Q Brújula

En el Campo

1. Seleccionar una sección de la orilla de al menos 50 metros de longitud como área de estudio, si es posible. Se puede considerar todo el cuerpo de agua como sitio de estudio si es suficientemente pequeño. El área deberá incluir el sitio de muestreo donde se toman las medidas, así como la variedad de hábitats.
2. Usar la cinta métrica para medir un transecto en línea recta, de al menos 50 metros de longitud, paralelo a la línea de ribera o de costa, y dentro de 10 metros de la orilla El transecto tendrá una distancia variable al agua si la orilla no es recta.
3. Colocar banderas en los extremos y cada 2 metros a lo largo del transecto.
4. Empezar a dibujar el mapa usando las banderas para ayudar a mantener la escala.

Nota: Usar la *Hoja de Campo de Hacer un Mapa* o papel milimetrado con cuadrados de 1 cm., cada cuadrado representará 2 metros. Poner la escala en el dibujo.

5. Marcar el transecto y la posición de las banderas en el mapa.
6. Dibujar la línea de agua o la orilla midiendo desde cada bandera directamente al agua, poner un pequeño punto en el dibujo para marcar la línea de agua, después unir los puntos con una línea para indicar la orilla.
7. Poner la orilla opuesta o indicar la distancia aproximada a la otra orilla, si se sabe.
8. Utilizar una flecha para indicar la dirección de la corriente del agua o la entrada y salida del cuerpo de agua.
9. Crear una clave con símbolos para las características especiales que se encuentren en el sitio de estudio. Usar esos símbolos para indicar donde están localizadas en el mapa esas características especiales. Algunas características a incluir podrían ser:
 - Dentro del área de muestreo: área de rápidos, zonas de remansos, áreas con vegetación, troncos, zona rocosas, zonas de grava, bancos de arena, puentes, muelles, embarcadero, diques, etc.

- Alrededor del área de muestreo: cobertura terrestre (o códigos MUC), características geológicas tales como acantilados, afloramientos rocosos, estructuras construidas por el hombre como casas, parques, zona de aparcamiento, industrias, carreteras, vertederos o escombreras, etc.
10. Mostrar la ubicación del Sitio de Muestreo de Hidrología.
 11. Incluir la siguiente información en el mapa:
 - Nombre del sitio.
 - Nombre del cuerpo de agua
 - Flecha indicando el Norte
 - Fecha
 - Escala (por ejemplo, 1cm = 3m)
 - Clave de todos los símbolos usados en el mapa.
 12. Fotocopiar el mapa y guardar el original para el informe.
 13. Enviar una copia a GLOBE por correo a la dirección que se indica en la *Guía de Implementación*.

Nota: Asegurarse de incluir el nombre y la dirección del centro escolar, así como el nombre del Sitio de Estudio de Hidrología.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Se puede utilizar un sitio artificial, como por ejemplo un estanque cercano al centro?

Aunque los sitios naturales están en primer lugar de preferencia, los sitios artificiales pueden usarse. Muchos lagos y lagunas son artificiales.

2. Mi línea de costa es curva. ¿Es un sitio apropiado?

Pocas veces se encontrará una línea de costa perfectamente recta. Tratar de elegir un tramo de costa tan recto como sea posible, o un área representativa de la orilla del cuerpo de agua.

3. ¿Hay campos agrícolas al norte del sitio de estudio? ¿Cómo se deben indicar?

En la sección de Comentarios, anote cualquier cosa de la cuenca que pueda afectar al agua. En el mapa de campo, anote la dirección y la distancia aproximada a la zona de los alrededores de características más significativas de cobertura terrestre.

4. La playa del sitio de estudio tiene orilla rocosa y de arena. ¿Se debería elegir una zona mixta o intentar encontrar un sitio con sólo un tipo de hábitat?

Hay que tratar de encontrar un sitio con sólo un tipo de hábitat. Los procedimientos de muestreo para diferentes tipos de costa son distintos.

5. Vivimos relativamente cerca de un río, pero mi clase no puede ir tan lejos para tomar muestras cada semana. ¿Se podría elegir un sitio menos preferente pero más cercano?



Trate de elegir cuerpos de agua que sean significativos en su área, incluso si hay que utilizar una estrategia de muestreo de menor frecuencia. Pueden ser muestreados los sitios cercanos al centro escolar semanalmente como un segundo sitio de muestreo. Esto a menudo se hace para obtener comparaciones entre los sitios.

6. ¿Se puede elegir un sitio que a veces esté seco?

Los sitios de hidrología pueden, en ocasiones, estar secos, estar helados, inundarse, de tal manera que no es posible recoger la muestra. Si se da alguna de estas circunstancias marque “seco”, “helado” o “inundado” en la página de introducción de datos cada semana que no se pueda tomar la muestra. Esto indicará a los investigadores que el sitio está siendo observado, incluso aunque no se pueda tomar la muestra.

7. ¿Es posible tener más de un sitio en un río o en un lago?

Muchos sitios a lo largo de una divisoria de aguas son apropiados. Debe haber diferencias significantes entre ellos, distinta profundidad, diferentes coberturas terrestres próximas, diferencias entre un afluente y el río principal o el cuerpo de agua.

Procedimiento de Muestreo

Seguridad y Control de Calidad

Un plan de seguridad y control de calidad (QA/QC) es necesario para asegurar que los resultados de los análisis son tan exactos y precisos como sea posible. La exactitud se refiere a lo próxima que está la medida de su valor verdadero. Precisión significa la habilidad de obtener resultados coherentes. Mediciones exactas y precisas se logran:

- Practicando las técnicas de medición de los protocolos.
- Recogiendo las muestras de agua y de invertebrados tal como se indica.
- Realizando los análisis inmediatamente después de tomar la muestra de agua.
- Haciendo una cuidadosa calibración, uso y mantenimiento de los equipos de análisis.;
- Siguiendo las indicaciones de los protocolos exactamente como se describen.
- Repitiendo las mediciones para observar su exactitud y determinar posibles fuentes de error.
- Minimizando la contaminación de los productos químicos almacenados y de los equipos de análisis.
- Revisando, para estar seguros, que el número de datos enviados al Servidor de Datos de Estudiantes de GLOBE son los mismos que se anotaron en la *Hoja de Datos de Hidrología*.
- Examinando los datos obtenidos para ver si son razonables y si presentan anomalías.

Calibración

La calibración es un procedimiento para comprobar la exactitud del equipo de análisis. Por ejemplo, para asegurarse que el pHmetro funciona correctamente, se debe utilizar una solución con un valor conocido. Los procedimientos de calibración varían entre las mediciones y se detallan en cada protocolo. Ciertas calibraciones deben realizarse en el campo, justo antes de tomar la medida. Otros procedimientos de calibración pueden hacerse en el aula.

Tomando la Muestra de Agua

Si los estudiantes son capaces de alcanzar el cuerpo de agua sin peligro (al alcance de sus brazos), la temperatura del agua, el pH, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica pueden ser medidas *in situ*, directamente desde el borde del agua. Sin embargo las mediciones de alcalinidad, salinidad y nitratos requieren una muestra que debe ser tomada con un cubo, siguiendo el procedimiento de muestreo con cubo. Para la conductividad eléctrica, si la temperatura de la muestra de agua esta fuera del rango 20-30 °C, hay que dejar que la temperatura se ajuste dentro del rango antes de medir la conductividad.

I m p o r t a n t e: La secuencia en la cual las mediciones deben ser realizadas es crítica para la precisión y la exactitud de las mismas. Las medidas de transparencia deben ser hechas en primer lugar, seguidas inmediatamente de la temperatura, el análisis del oxígeno disuelto, después la conductividad eléctrica o la salinidad, el pH, alcalinidad y finalmente los nitratos.

Si las mediciones del agua se toman cuando se recogen macroinvertebrados de agua dulce, primero hay que hacer las mediciones de calidad del agua.

Las pruebas de transparencia, temperatura y oxígeno disuelto deben hacerse en el sitio, inmediatamente después de tomar la muestra de agua. No hay que dejar el cubo con el agua más de 10 minutos (preferiblemente menos) antes de tomar las medidas y guardar la muestra de agua lejos del sol. Tomar otra nueva muestra después de 10 minutos.

Se puede usar una muestra de agua superficial con el tubo de transparencia. La medición con el disco Secchi es adecuada sólo para aguas más profundas y las medidas son generalmente hechas desde un puente o un embarcadero, lejos del borde del agua.

El análisis del oxígeno disuelto debe iniciarse en el campo y puede finalizarse dentro de las dos horas siguientes en clase. Para hacer esto la muestra debe ser fijada en el campo (ver las indicaciones, en el kit de oxígeno disuelto que se utiliza, para fijar la muestra).

Importante: Las mediciones de oxígeno Disuelto tienen un valor limitado a menos que se conozca la temperatura del agua. Medir el oxígeno disuelto sólo si se puede medir la temperatura del agua. Si el sitio de estudio tiene agua salada o salobre también se debe medir la salinidad para poder interpretar los datos de oxígeno disuelto.

Las muestras deben ser conservadas en un frasco (ver *Guía de Campo para Conservar una Muestra de Agua para su Análisis en Clase*) y medir el pH, la alcalinidad, los nitratos y la salinidad o la conductividad eléctrica después de volver a clase. La medición del pH y los nitratos debe completarse dentro de las dos horas posteriores a la toma de la muestra. La Alcalinidad, la conductividad eléctrica o la salinidad deben ser medidas dentro de las 24 horas siguientes. Sin embargo, es necesario medir la conductividad eléctrica antes de medir el pH para asegurarse de que la conductividad eléctrica es suficientemente alta como para medir el pH con exactitud. Ver *Protocolo de pH*.

Consultar las Hojas de Datos del Material de Seguridad que vienen con los kits de análisis y con las soluciones buffer (tampón). También hay que consultar las directrices de seguridad del distrito en el que está el centro escolar. Si se analizan aguas que pudieran estar contaminadas o se utilizan kits con productos químicos, el uso de guantes de látex y gafas de protección esta fuertemente recomendado.

Contenedor de Residuos Líquidos

Después de que todos los análisis se hayan llevado a cabo, todas las soluciones resultantes o residuos líquidos (excepto los procedentes del análisis de nitratos y de titulación de salinidad) deberán ser recogidos en un contenedor de plástico para basura, el mismo que debe tener boca ancha y tapón de rosca, que luego se dejará en un lugar apropiado mientras se escurre el exceso de agua. O deben ser eliminados de acuerdo con el procedimiento que marcan las directrices de seguridad del distrito escolar. Los residuos del análisis de nitratos y de la titulación de salinidad (los cuales normalmente contienen cadmio y cromatos) deberán ser recogidos en contenedores separados y deshacerse de ellos de acuerdo a los procedimientos de seguridad que marque el distrito del centro escolar.

Seguridad

Mediciones (En el orden de ser tomadas)	Máximo tiempo permitido entre la recogida de la muestra de agua y la toma de las mediciones.
Transparencia (Disco Secchi)	Medir siempre <i>in situ</i>
Transparencia (tubo)	10 minutos
Temperatura del agua	10 minutos
Oxígeno Disuelto	10´ en el sitio o 2 horas después de ser fijada la muestra
pH (usando papel)	10´ en el sitio o 2 horas después de conservar la muestra
pH (usando pHmetro)	10´ en el sitio o 2 horas después de conservar la muestra
Conductividad	10´ en el sitio o 2 horas después de embotellar la muestra
Salinidad (hidrómetro)	10´ en el sitio o 2 horas después de embotellar la muestra
Salinidad (kit de titulación)	10´ en el sitio o 2 horas después de embotellar la muestra
Alcalinidad	10´ en el sitio o 2 horas después de embotellar la muestra
Nitratos	10´ en el sitio o 2 horas después de embotellar la muestra

Tomar la Muestra de Agua con un Cubo

Guía de Campo

Actividad

Tomar la muestra de agua en un cubo para analizarla.

Qué se Necesita

- Q Un cubo con una cuerda bien atada al asa.
- Q Guantes de látex (recomendado)

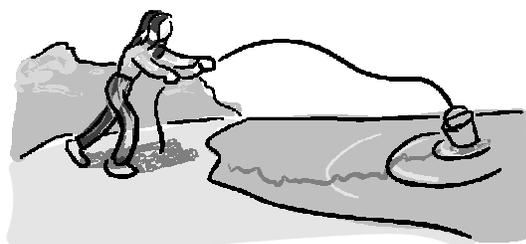
En el Campo

1. Enjuagar el cubo con agua de la muestra del sitio de estudio. Para evitar contaminación, no eche el agua de enjuagar en el área de muestreo. Tener cuidado de no remover los sedimentos del fondo. No enjuagar el cubo con agua destilada ni utilizarlo para otro fin.
2. Atar el cubo fuertemente a la cuerda. Si el sitio de muestreo es una corriente, lance el cubo hasta una zona en el que el agua este bien mezclada (zona de aguas agitadas), a una pequeña distancia de la orilla. Lo ideal sería que el agua fluyera aunque fuera suavemente. Si la muestra es de un lago, bahía, o del océano, desde la orilla se lanza el cubo lo más lejos posible y se toma la muestra.
3. Si el cubo flota, mover la cuerda hasta que algo de agua entre en cubo. Siempre se debe tomar la muestra de la superficie del agua. Cuidado de no dejar que el cubo caiga hasta el fondo o que remueva los sedimentos.
4. Permitir que el cubo se llene entre $2/3$ a $3/4$ de su capacidad y sacarlo tirando de la cuerda.



Enjuagar el cubo de agua.

5. Inmediatamente empezar los procedimientos de análisis o de conservación de la muestra en un frasco (ver *Guía de Campo de Conservación de una Muestra de Agua para Analizar en Clase*).



Lanzando el cubo.

Conservar una Muestra de Agua para Analizarla en Clase

Guía de Campo

Actividad

Conservar una muestra de agua para realizar en clase el análisis de pH, conductividad o salinidad, alcalinidad y nitratos.

Qué se Necesita

- Q Botella de polietileno con tapón de 500 ml
- Q Rotulador permanente
- Q Cinta adhesiva protectora
- Q Guantes de látex

En el Campo

1. Etiquetar una botella de polietileno de 500 ml con el nombre del centro escolar, el nombre del profesor o profesora, el nombre del sitio, la fecha y la hora de recogida.
2. Enjuagar la botella y la tapa con el agua de la muestra tres veces.
3. Llenar la botella con el agua de la muestra hasta que el agua tenga forma de cúpula en la parte alta de la botella, de tal manera que, cuando se ponga el tapón no quede aire en el interior.
4. Poner la tapa y sellarla con la cinta adhesiva.

Nota: La cinta sirve como etiqueta, y un indicador de si la botella ha sido abierta. La cinta NO debe estar en contacto con la muestra de agua.

5. Guardar esas muestras en el frigorífico a unos 4° C hasta que sean analizadas (dentro de las dos horas siguientes para el pH y nitratos y dentro de las 24 horas para alcalinidad y salinidad o conductividad eléctrica).
6. Una vez que la etiqueta se abre lo primero que hay que hacer es el análisis de salinidad o conductividad eléctrica, después el del pH, después el de nitratos y por último el de alcalinidad. La muestra deberá alcanzar 20° - 27° C antes de medir la conductividad eléctrica. Todas las mediciones deberían ser realizadas durante la misma sesión de laboratorio.

Protocolo de Transparencia del Agua



Objetivo General

Determinar la transparencia del agua utilizando un disco Secchi (aguas tranquilas y profundas) o un tubo de transparencia (aguas rápidas o superficiales)

Visión General

En aguas tranquilas y profundas el alumnado bajará el disco Secchi hasta que no pueda ser visto y lo subirá hasta que reaparezca. En aguas rápidas o poco profundas, los estudiantes tomarán una muestra de agua en un cubo y lo echarán dentro del tubo de transparencia hasta que el fondo del tubo no se pueda ver. Los estudiantes anotarán la altura del agua en el tubo. La profundidad tanto para el disco Secchi como para el tubo de transparencia depende de la cantidad de material en suspensión y de los colorantes que tenga el agua.

Objetivos Didácticos

Los estudiantes aprenderán a:

- Utilizar el disco Secchi o el tubo de transparencia.
- Examinar las razones para el cambio de la transparencia de un cuerpo de agua.
- Comunicar los resultados del proyecto a otros centros GLOBE.
- Colaborar con otros centros GLOBE (del país o de otros países).
- Compartir observaciones mandando los datos a los archivos de GLOBE.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El agua es un disolvente.

Los materiales de la Tierra son sólidas rocas, suelos, agua y atmósfera.

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

Los organismos modifican el entorno en el que viven.

Los humanos pueden cambiar los entornos naturales.

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

Habilidades de Investigación Científica

Usar un tubo de transparencia y un disco Secchi para medir la transparencia del agua.

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con el protocolo.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones usando evidencias

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Comunicar procesos y explicaciones.

Tiempo: 10 minutos

Nivel: Todos

Frecuencia: Semanalmente

Materiales y Herramientas

Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología,

Guía de Campo del Protocolo de Cobertura de Nubes

Guantes de látex

Medición con el Disco Secchi

Guía de Campo del protocolo de Transparencia con Disco Secchi

- Disco Secchi (con una cuerda)
- Metro de madera
- Pinzas o gancho (opcional)

Medición con el Tubo de Transparencia

- Guía de Campo del Protocolo de Transparencia con Tubo de Transparencia

- Guía de Campo para Recogida de una Muestra de Agua con un Cubo

- Tubo de transparencia
- Recipiente para verter el agua dentro del tubo.

Preparación

Si no tenemos disponible un tubo de transparencia o un disco Secchi se puede fabricar uno.

Requisitos Previos

Es necesario, antes de que hagan su primera medición, una breve explicación de cómo se usa el disco Secchi o el tubo para medir la transparencia del agua.

Practicar el protocolo antes de tomar las medidas.

Protocolo de Transparencia del Agua – Introducción

¿Cómo es de transparente el agua? Esta es una cuestión importante para nosotros que bebemos agua. Esto es incluso más importante para las plantas y los animales que viven en el agua. Las partículas en suspensión en el agua son similares al polvo en la atmósfera, ya que reducen la profundidad a la cual la luz puede penetrar. La luz del sol aporta la energía para la fotosíntesis (proceso por el cual las plantas crecen tomando carbono, nitrógeno, fósforo y otros nutrientes, y liberando oxígeno). La profundidad a la que penetra la luz del sol en el cuerpo de agua determinará la profundidad a la cual las plantas acuáticas pueden crecer.

La transparencia disminuye con la presencia de moléculas y partículas que pueden absorber o dispersar la luz. Materiales oscuros o negros absorben más longitud de onda mientras que materiales claros o blancos la reflejan. El tamaño de las partículas es importante también. Las partículas pequeñas (diámetros menores de 1 μm) pueden dispersar la luz.

El destino de la luz cuando entra en un cuerpo de agua depende de la cantidad, composición y tamaño de los materiales disueltos y en suspensión.

Lagos de aguas “duras” con muchas partículas de CaCO_3 en suspensión tienen un color entre verde y azul, lo que indica que preferentemente dispersan la luz de longitud de onda correspondiente a esos colores, sin embargo lagos con materia orgánica aparecen más verdes o amarillos. Ríos con alta carga de sedimentos son a menudo del color de los sedimentos (por ejemplo, marrón).

Los sedimentos pueden provenir de fuentes naturales o humanas. La tierra con poca cobertura vegetal (tal como áreas agrícolas o deforestadas) pueden ser mayores fuentes de sedimentos. El material orgánico coloreado puede producirse *in situ* tal como detritus y biota o provenir de aportaciones al cuerpo de agua.

GLOBE ofrece dos técnicas para medir la transparencia. Si su sitio de hidrología está en un cuerpo de agua que es profundo y tranquilo (no rápidos como un arroyo), use el disco Secchi. Si su sitio está en un cuerpo de agua que es poco profundo y rápido, entonces necesita usar el tubo de transparencia. Estas dos medidas están relacionadas pero son ligeramente diferentes. Ambas miden transparencia; sin embargo, no se puede comparar directamente las medidas del disco Secchi con las del tubo de transparencia entre dos sitios.

Figura HI-TR-1: Medida de Transparencia en Aguas poco Profundas o Rápidas

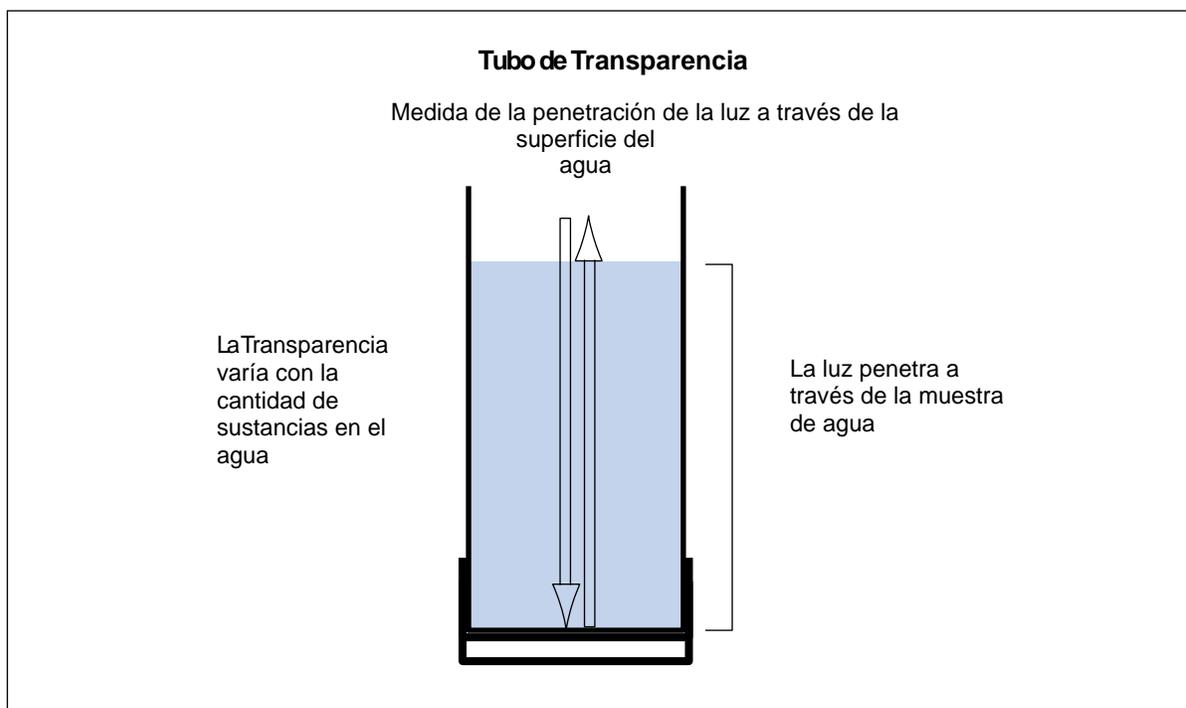
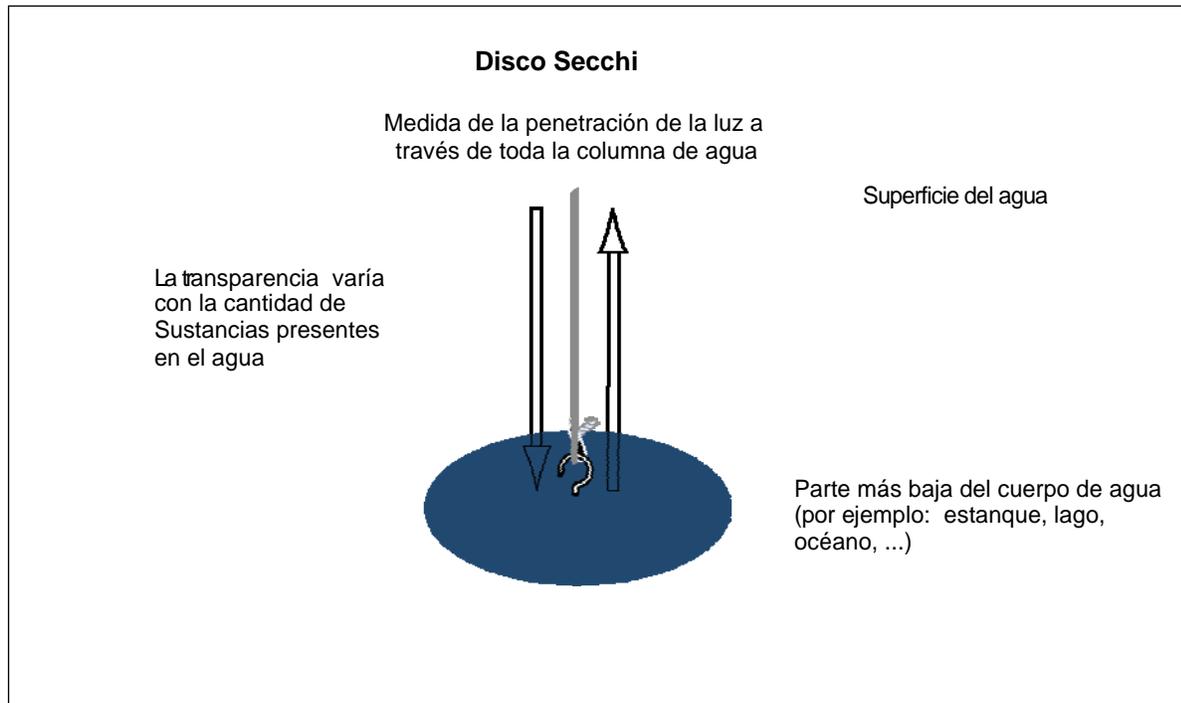


Figura HI-TR-2: Medida de Transparencia en Aguas Profundas y Tranquilas



El disco Secchi mide una columna de agua. La penetración de la luz variará con la profundidad de esa columna de agua. Toda la luz que es reflejada desde el disco Secchi pasa a través del agua desde la superficie. El tubo de transparencia, por otro lado, mide la transparencia de una muestra de agua tomada de la superficie. La luz puede entrar en el tubo de transparencia tanto desde arriba como desde los lados del tubo. Dado que la muestra de agua es diferente (una columna frente a una muestra superficial) y el instrumento usado no permite una penetración equivalente de la luz, las dos medidas no son directamente comparables. Las figuras HI-TR-1 y HI-TR-2 ilustran esas diferencias.

Apoyo al Profesorado

Protocolos de Apoyo.

Atmósfera: Datos atmosféricos, tales como precipitación y temperatura, pueden ser importantes para la interpretación del dato de transparencia. La transparencia puede cambiar rápidamente en respuesta a entradas de agua, tales como precipitaciones o restos procedentes del deshielo. El deshielo tendrá lugar cuando la temperatura del aire caliente la nieve lo suficiente como para derretirla.

Cobertura Terrestre: Los cambios estacionales en la cobertura terrestre pueden afectar a la transparencia. Por ejemplo, restos procedentes de campos agrícolas durante la época del arado de las tierras puede causar cambios de transparencia. Los cambios de la cobertura terrestre pueden incrementar la velocidad de erosión por exposición del suelo. Es útil saber la cobertura terrestre río arriba del sitio de estudio de hidrología para poder interpretar los datos de transparencia.

Actividades de Apoyo

El *Protocolo de Transparencia* puede usarse para ilustrar cómo diferentes variables pueden afectar a las mediciones.

(*Practicando sus protocolos: Transparencia*). Los estudiantes pueden mostrar en gráficos las variaciones en el resultado de los datos tomando las medidas en el sol, en la sombra, con gafas de sol, esperando tiempos

diferentes para hacer la lectura, etc. Esos experimentos que ayudan a los estudiantes a entender la importancia de seguir los protocolos, también les ayuda a identificar las variables que afectan a la transparencia.

Procedimientos de Medición

El *Protocolo de Transparencia* necesita los datos de cobertura de nubes. Ver el *Protocolo de Nubes* en la *Investigación de Atmósfera*.

Las medidas de transparencia hay que hacerlas a la sombra. Una mirada sobre el agua con la luz del sol o diferencias de visibilidad entre mediciones en días nublados o soleados puede afectar las medidas. Para estandarizar los datos, todas las medidas deben hacerse a la sombra.

Protocolo del Disco Secchi

El *Protocolo de Transparencia con disco Secchi* necesita tres medidas: 1) la distancia entre la superficie del agua y dónde el disco desaparece, 2) La distancia entre la superficie del agua y donde el disco reaparece y 3) la distancia entre el observador y la superficie del agua. Si está midiendo en la superficie del agua entonces anota "0" para la última medida. Saber la distancia entre el observador y la superficie del agua ayuda a los científicos a interpretar mejor y comparar datos entre sitios diferentes.

Si el disco Secchi alcanza el fondo de su cuerpo de agua antes de desaparecer, anote a profundidad del agua con un signo "mayor que" ">" (por ejemplo, >30 m).

No marque la cuerda del disco Secchi con distancias medidas de tal manera que puedas leer directamente en la cuerda. A menudo las cuerdas se estiran cuando están mojadas. Es mejor usar un metro de madera que emplear marcas en la cuerda.

Medidas de Seguridad

Los estudiantes deberán usar guantes cuando manipulen el agua que podría tener sustancias potencialmente peligrosas tales como bacterias o residuos industriales.

Mantenimiento del Instrumental

1. Enjuagar el tubo de transparencia o el disco Secchi con agua limpia después de su uso, luego dejarlo escurrir y secar completamente.
2. Guardar el tubo con una tapa de PVC en la parte abierta para protegerlo de daños.
3. No guarde el metro de madera dentro del tubo – la humedad puede dañar el metro.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Cambia la transparencia del agua con otros parámetros, tales como precipitación, temperatura del agua, velocidad y dirección del viento, estaciones y cobertura terrestre?

Protocolo de Transparencia Disco Secchi

(para aguas profundas y tranquilas)

Guía de Campo

Actividad

Medir la transparencia de la muestra de agua.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Guía de Campo del Protocolo de Cobertura de Nubes
- Disco Secchi con una cuerda atada
- Pinzas (opcional)
- Bolígrafo o lápiz
- Metro de madera
- Guantes de látex

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.
2. Anotar la cobertura de nubes (ver *Guía de Campo del Protocolo de Cobertura de Nubes en la Investigación de Atmósfera*).
3. Esperar a que el disco Secchi esté a la sombra o usar un paraguas o cartulina para dar sombra al área donde se hará la medición.
4. Si no puede alcanzar la superficie del agua, establezca una altura de referencia. Esta puede ser una verja, la cadera de una persona, o el borde de un muelle. Todas las medidas deberán ser tomadas desde ese punto. Ponerse los guantes de látex porque probablemente toques la cuerda mojada con el agua de la muestra.
5. Bajar el disco despacio dentro del agua hasta que desaparezca.
6. Marca la cuerda con una pinza a la altura de la superficie del agua o si no puedes acceder fácilmente (por ejemplo, si estás en un muelle o en un puente) marca la cuerda a la altura de referencia.
7. Bajar el disco otros 10 cm dentro del agua, después subir el disco hasta que reaparezca.
8. Marcar la cuerda con una pinza a la altura de la superficie del agua o a la altura de referencia.
9. Deberá haber ahora dos puntos marcados en la cuerda. Anotar la longitud de la cuerda entre cada marca y el disco Secchi en su *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología* a los cm más próximos. Si las profundidades difieren más de 10 cm, repetir la medida y anotar las nuevas mediciones en su hoja de datos.
10. Si se marcó la cuerda a la altura de la superficie del agua, anotar “0” como la distancia entre el observador y la superficie del agua.
11. Si se marcó la cuerda a una altura de referencia, bajar el disco hasta alcanzar la superficie del agua y marcar la cuerda en el punto de referencia. Anotar la longitud de la cuerda entre la marca y el disco como la distancia entre el observador y la superficie del agua.
12. Repetir los pasos del 5 al 11 dos veces más con diferentes estudiantes como observadores.

Preguntas Frecuentes.

1. Cuando se comparan datos entre dos sitios, ¿se necesita hacer un ajuste para los datos tomados a la altura de la superficie del agua para compararlos con los datos tomados desde un puente o un muelle?

Esta distancia no se usa para ajustar el disco Secchi. Sin embargo, informar que las mediciones se han hecho a cierta distancia entre el observador y el agua, ayuda a la interpretación de los datos.

2. Mis estudiantes usan un estanque para las medidas de hidrología, ellos van en una barca y usan el disco Secchi para medir la transparencia. No estamos seguros de las dos medidas que tenemos que tomar. Miden a la altura de la superficie del agua cuando aparece y desaparece la parte alta del disco. ¿Cuál es la otra medida?



Para la otra medida, la distancia desde dónde se hace la lectura y la superficie del agua, debes poner cero. Algunas escuelas hacen la lectura del disco desde un embarcadero e informan de la profundidad medida usando un nivel de referencia que no es la superficie del agua, sino alguna distancia por encima de la superficie. Por eso necesitan también informar de la distancia entre el embarcadero y el agua. De esa manera tenemos todos los datos “en bruto” en la base de datos.

Protocolo de Transparencia Tubo de Transparencia (Para Aguas Rápidas y Superficiales)

Guía de Campo.

Actividad

Medir la transparencia de la muestra de agua.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*
- Guía de Campo de Toma de Muestra de Agua con un Cubo*
- Guía de Campo de Cobertura de Nubes.*
- Tubo de transparencia.
- Vaso o taza para verter el agua en el tubo
- Bolígrafo o lápiz
- Guantes de látex

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.
 2. Anotar la cobertura de nubes. Ver *Guía de Campo del Protocolo de Cobertura de Nubes de la Investigación de Atmósfera*.
 3. Ponerse los guantes.
 4. Recoger una muestra de agua superficial. Ver *Guía de Campo de Toma de Muestra de Agua con un Cubo*.
 5. Colocarse con el sol a la espalda de tal manera que el tubo esté a la sombra.
 6. Verter el agua despacio dentro del tubo usando un recipiente pequeño. Mirar en línea recta hacia abajo, dentro del tubo, con los ojos cerca del orificio del tubo. Dejar de añadir agua cuando no se pueda ver el dibujo del fondo del tubo.
 7. Girar el tubo suavemente para estar seguro de que no se ve nada del dibujo del fondo.
 8. Anotar la profundidad del agua en el tubo en la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología* redondeando a cm.
- Nota: Si se sigue viendo el disco en el fondo del tubo después de llenarlo, anotar la profundidad como >120 cm.**
9. Poner el agua del tubo de nuevo en el cubo o mezclarlo con la muestra que quedaba.
 10. Repetir la medición dos veces más con diferentes observadores usando la misma muestra.

Preguntas Frecuentes



1. ¿Es correcto hacer un agujero pequeño en el tubo, cerca del fondo, llenar el tubo con agua, y después ir soltando agua hasta que el dibujo del fondo aparezca?

Este método es aceptable si la medición se hace muy rápida. Las partículas se depositan rápidamente, especialmente si se han removido del fondo. La lectura debe ser hecha antes de que las partículas se depositen y oculten el dibujo.

Protocolo de Transparencia del Agua.– Interpretando los Datos.

¿Son razonables los datos?

Como siempre lo primero que un investigador debe preguntarse cuando mira los datos es: ¿Parecen razonables y tienen sentido? Sin embargo, cuando se trata de los datos de transparencia, esta no será una cuestión sencilla de responder. Como norma general, muchas aguas naturales tienen valores de transparencia en un rango entre 1 metro a pocos metros. Un valor bajo, menor de un metro, se esperaría en un cuerpo de agua altamente productivo (por ejemplo, con muchas algas microscópicas). Un valor bajo puede también deberse a una alta concentración de sólidos en suspensión. Lagos, extremadamente claros, aguas costeras y zonas alrededor de arrecifes de coral pueden tener valores de transparencia de más de 30-40 m.

Los valores de transparencia, sin embargo, pueden ser altamente variables, incluso en el interior de un único cuerpo de agua. Las partículas en suspensión de naturaleza variable tienen efecto sobre la transparencia de un cuerpo de agua. Algunas de esas sustancias, incluyen suelos, algas y otros organismos planctónicos, hojas caídas y varios tipos de contaminantes. La transparencia puede también cambiar con respecto al tiempo. Por ejemplo, una larga tormenta reduciría drásticamente la transparencia en un arroyo, río o estanque durante el transcurso de unos minutos por la introducción de residuos turbios. Un repentino calentamiento durante la primavera puede producir un gran flujo de deshielo que incrementaría la transparencia. Debido a que la transparencia es muy específica para un sitio, la mejor forma de ver si los datos son razonables es guardar las muestras recogidas varios años. Los datos de la figura HI-TR-3 parecen razonables porque los puntos en estos datos muestran una tendencia temporal. El gran número de puntos de datos coherentes hace esta tendencia aparente. Cuando miramos la figura HI-TR-4 la naturaleza errática de esos puntos de datos hace confuso saber si son razonables o no. Un mayor registro de datos coherentes podría mostrar que la tendencia existe. Sin embargo, estos datos podrían ser perfectamente razonables con la presencia de una tendencia, porque su naturaleza errática podría estar causada por una combinación de los factores anteriormente mencionados.

¿Qué buscan los científicos en estos datos?

Los datos de transparencia pueden dar una buena indicación de la productividad biológica de un cuerpo de agua. Típicamente un lago productivo tendrá menor transparencia debido a una abundancia de biomasa (particularmente algas). Si la profundidad del disco Secchi es menor de un metro, pequeños cambios en la entrada de nutrientes puede causar mayores cambios en la productividad y por lo tanto en la transparencia. Durante el tiempo cálido en lagos de alta productividad, puede tener lugar el agotamiento del oxígeno, causando la muerte masiva de los peces. La profundidad a la cual la luz penetra determina la profundidad a la cual las plantas con raíz pueden crecer.

La tendencia anual en los datos de transparencia puede usarse para investigar ciclos anuales en el interior del agua. Un buen ejemplo de esto es el dato de la figura HI-TR-3 que fue tomada desde la ensenada de un embalse de la República Checa. Hay un aparente incremento en transparencia durante los meses de invierno y disminuye en transparencia en los meses de verano. Una posible explicación es que las algas son el principal factor que afecta a la transparencia en esta agua. En los meses de verano, hay una gran cantidad de algas causando la disminución de la transparencia. En los meses de invierno, la disminución de la luz solar y las frías temperaturas están normalmente asociadas con la disminución de la producción de algas llevando a un incremento de la transparencia. Las pautas estacionales en precipitación deben ser vistas en los datos de transparencia también.

La transparencia no es un buen indicador de la calidad del agua. Da información de cuantas partículas hay en la muestra de agua, pero no da información sobre la naturaleza de estas partículas. Por lo tanto, una muestra de agua con una alta transparencia podría contener sustancias nocivas mientras una muestra con más turbidez, es decir, con menor transparencia, podría ser inocua.

Ejemplos de Estudios de Investigación de los Estudiante.

Formulando una Hipótesis.

Un estudiante decide buscar variaciones estacionales en las medidas de transparencia de GLOBE. Primero busca los centros escolares que han tomado datos de transparencia. Para tener suficientes puntos de datos y sacar algunas conclusiones, tiene en cuenta sólo aquellos centros que tienen 30 o más mediciones de transparencia.

Encuentra una interesante tendencia en los datos de la escuela de *Crescent Elk*, California. El sitio de la medición, el arroyo Elk, muestra unos valores más altos de transparencia en los meses de verano y más bajos en los meses de invierno. Este estudiante se dio cuenta de que esa tendencia era la contraria de lo que cabría esperar si el crecimiento de algas fuera el primer factor que controlara la transparencia. El estudiante recuerda lo aprendido en algún sitio sobre que los meses de invierno son la estación lluviosa en la costa oeste de los Estados Unidos.

Puesto que muy a menudo se asocia el incremento de las precipitaciones con el incremento de residuos enuncia la hipótesis de que los niveles de transparencia en el arroyo Elk serán más bajos durante la estación de las lluvias y más altos durante la estación seca.

Toma y Análisis de Datos.

Usando la Web de GLOBE, el estudiante determina los datos de las medidas del tubo de transparencia y de precipitaciones para el arroyo Elk desde julio de 1998 hasta julio de 2001. En esta gráfica aparece una correlación entre los dos datos representados. Ver figura HI-TR-5.

Después busca las medias mensuales de precipitación y de mediciones del tubo de transparencia para este sitio (Tabla HI-TR-1). Marca los datos en dos ejes diferentes en un programa de gráficos. Ahora aparece que hay, sin lugar a dudas, una correlación entre los datos de precipitación y de transparencia del arroyo Elk (Figura HI-TR-6). La correlación se ve mejor en los datos de los meses de verano de 1998 a los meses de invierno de 1999. La transparencia determinada es inversamente proporcional a la precipitación durante esas fechas. En otras palabras, la transparencia disminuye según aumentan las precipitaciones. Hay algunos picos extraños en los datos de transparencia, pero eso puede ser aceptable. La transparencia depende de muchos otros factores adicionales a las precipitaciones.

Las precipitaciones para 2000 fueron más esporádicas para este sitio. No muestra una clara tendencia estacional como los otros años analizados. Esto también se refleja en los datos de transparencia para este periodo de tiempo.

Basado en estos resultados concluyó que la hipótesis inicial estaba parcialmente apoyada por los datos. Parecía que la transparencia para el sitio del arroyo Elk se veía afectada por las

precipitaciones, sin embargo hay otros factores que también afectan a la transparencia.

Trabajos Posteriores

El estudiante ahora quiere contactar con el centro escolar y debatir su hipótesis con ellos. La escuela debe ser capaz de aportarle pistas tales como qué otros factores pueden estar influyendo en la transparencia.

Tabla HI-TR-1

Mes	Media precip. (mm)	Media transp. tubo (cm)
7/1998	0	125
8/1998	0	125
9/1998	0	125
10/1998	88,3	101
11/1998	431,4	
12/1998	265,0	101
1/1999	188,4	96
2/1999	390,1	102
3/1999	103,6	90
4/1999	62,3	119
5/1999	72,5	104
6/1999	4,5	113
7/1999	1,0	110
8/1999	11,5	115
9/1999	4,0	77
10/1999	43,0	115
11/1999	137,0	99
12/1999	143,4	86
1/2000	470,5	92
2/2000	316,7	83
3/2000	306,3	94
4/2000	452,0	105
5/2000	451,2	85
6/2001		125

Figura HI-TR-3

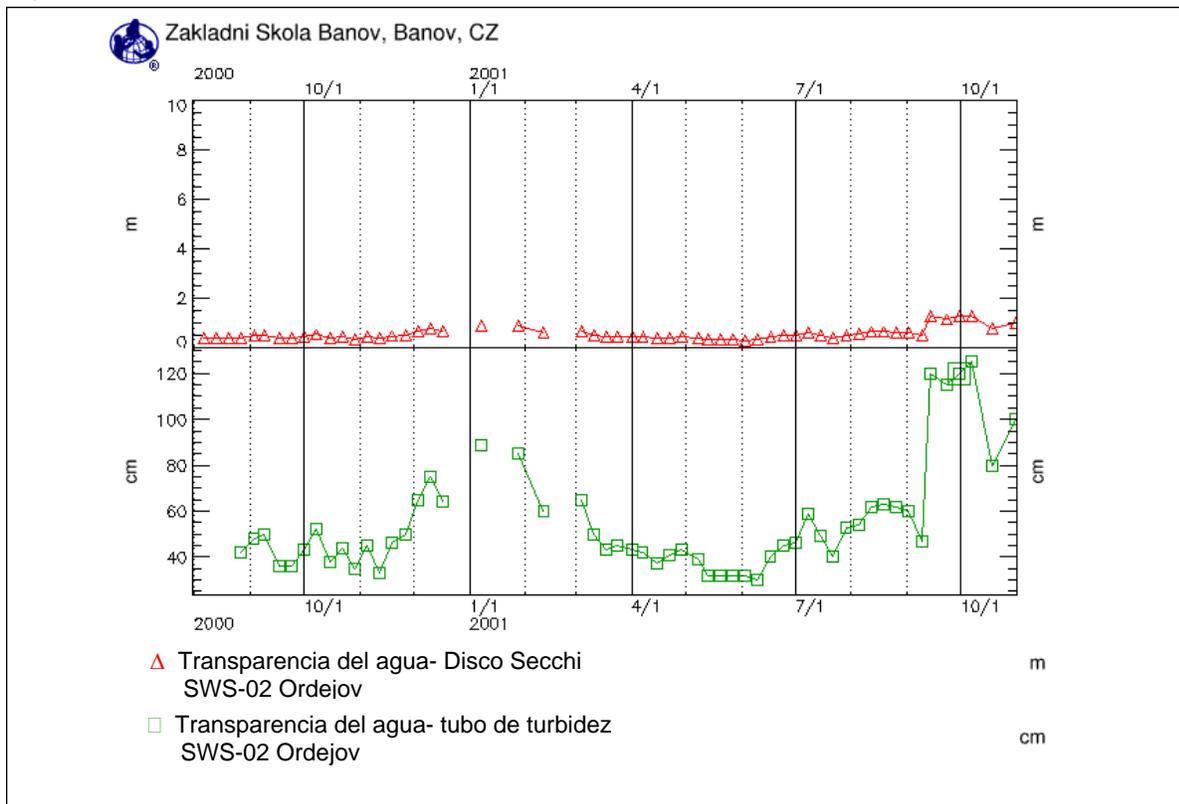


Figura HI-TR-4

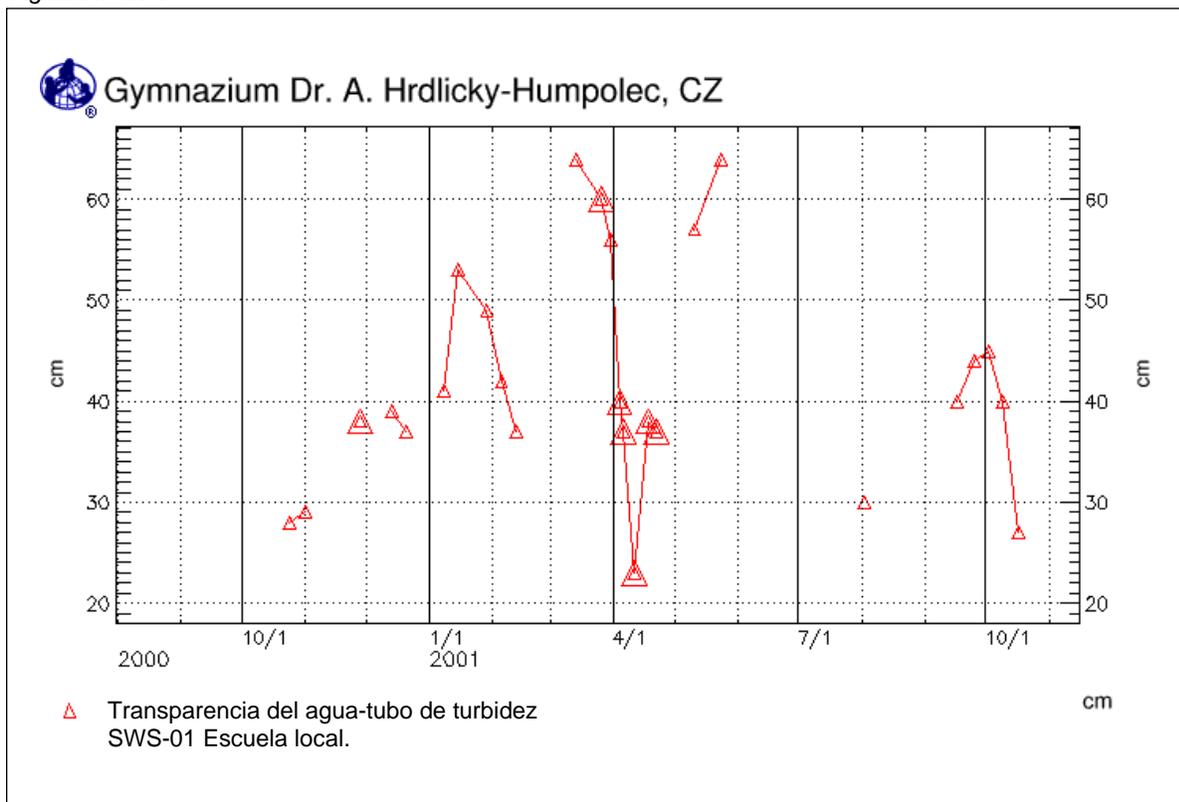


Figura HI-TR-5

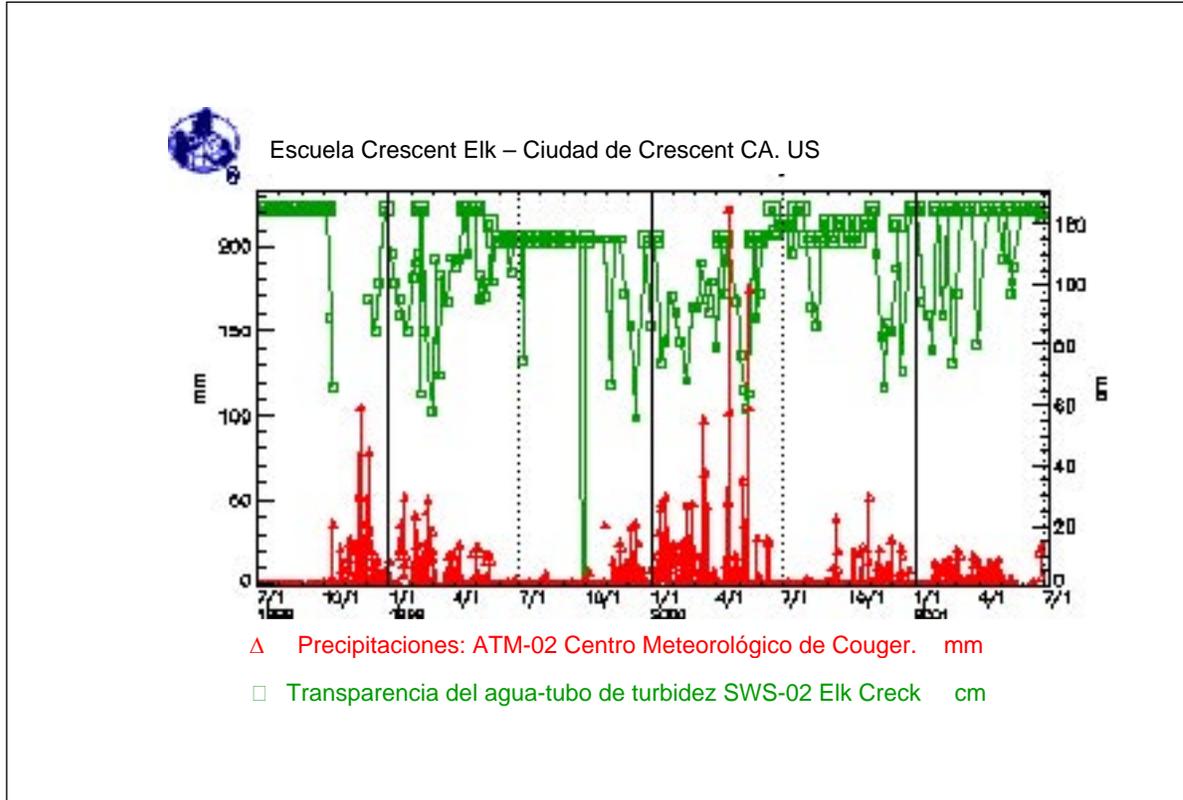
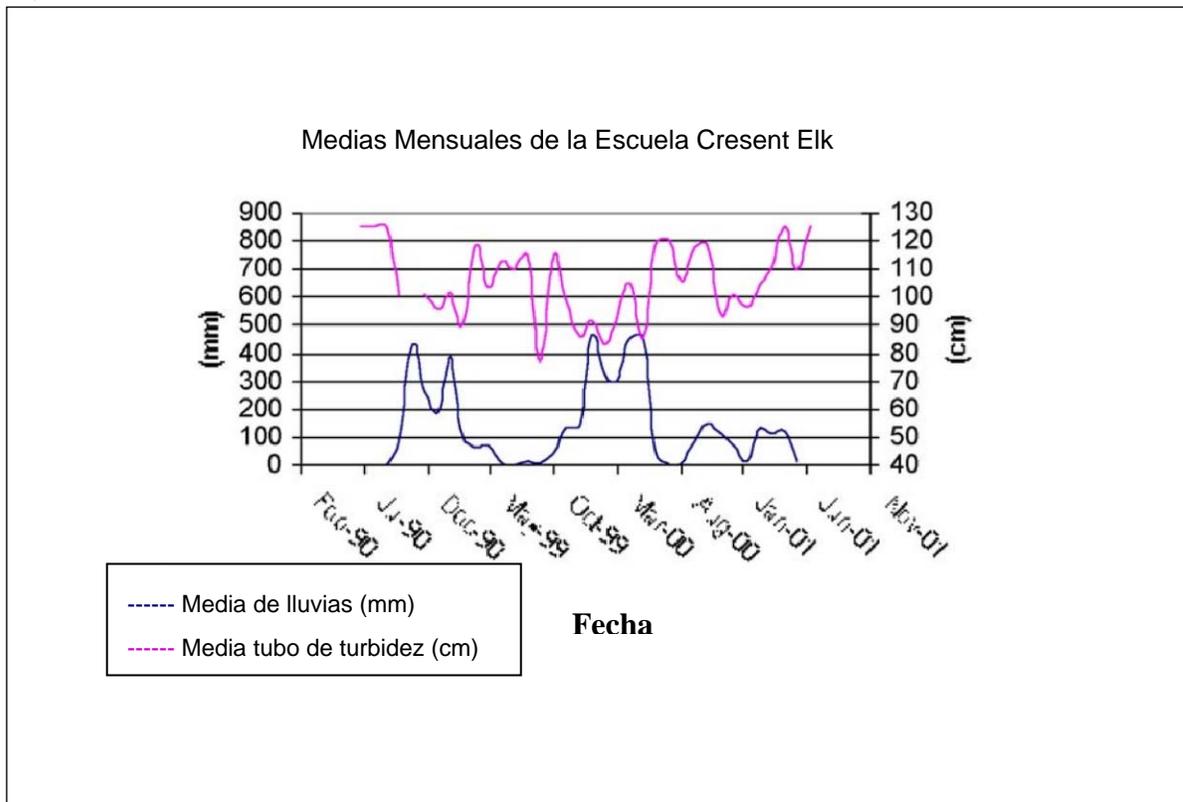


Figura HI-TR-6



Protocolo de Temperatura del Agua



Objetivo General

Medir la temperatura de una muestra de agua.

Visión General

El alumnado utilizará un termómetro de alcohol o una sonda para medir la temperatura del agua.

Objetivos Didácticos

El alumnado aprenderá a:

- Utilizar un termómetro.
- Examinar las razones para los cambios en la temperatura de un cuerpo de agua;
- Compartir los resultados del proyecto con otros centros GLOBE.
- Colaborar con otros centros GLOBE (dentro de su país o en otros países)
- Compartir las observaciones enviando los datos al archivo de GLOBE.

Conceptos de Ciencias.

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Los materiales de la Tierra son rocas sólidas, suelos, agua y atmósfera.

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

Los organismos sólo pueden sobrevivir en un ambiente donde puedan cubrir sus necesidades.

La Tierra tiene muchos distintos ambientes que sustentan diferentes combinaciones de organismos.

Los humanos pueden cambiar un ambiente natural.

Todos los organismos deben ser capaces de obtener y usar los recursos mientras viven un entorno que cambia constantemente.

Habilidades de Investigación Científica.

El uso del termómetro para medir la temperatura del agua.

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar apropiadamente las matemáticas para analizar datos.

Desarrollar descripciones usando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

10 minutos; Calibración: 5 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Semanalmente

Calibración cada 3 meses

Materiales y Herramientas

Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología.

Guía de Campo del Protocolo de Temperatura de Agua

Termómetro de alcohol o sonda de temperatura

Guantes de Látex

Reloj

Cordel suficiente para sumergir el termómetro dentro del agua.

Goma elástica

Para calibración:

- *Guía de Laboratorio de Calibración de Hidrología*
- *Guía de Laboratorio de Termómetro*
- Termómetro
- 400 ml de hielo
- Agua destilada
- Vaso de precipitado de 500 ml

Preparación

Ninguna

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolo de Temperatura del Agua

– Introducción

La temperatura es una medida sencilla de hacer. No obstante, es muy importante porque permite a los científicos entender mejor otras medidas de hidrología tales como oxígeno disuelto, pH y conductividad.

La temperatura influye en la cantidad y diversidad de vida acuática. Los lagos que son fríos y tienen poca vida vegetal en invierno, florecen en primavera y verano, cuando la temperatura del agua aumenta y las aguas profundas ricas en nutrientes se mezclan con las aguas superficiales. A causa de esta mezcla y del incremento de la temperatura del agua, la vuelta de la primavera es seguida por un periodo de rápido crecimiento de organismos microscópicos (animales y vegetales).

Muchos peces y otros animales acuáticos también desovan en esta época del año cuando la temperatura aumenta y el alimento es abundante. Los lagos poco profundos son una excepción en este ciclo, ya que en ellos la mezcla se da todo el año.

La temperatura del agua es importante también porque el agua caliente puede ser letal para especies sensibles como la trucha y el salmón, las cuales requieren condiciones de agua fría y rica en oxígeno. El agua caliente tiende a tener menores niveles de oxígeno disuelto.

Finalmente, la temperatura del agua es importante para entender los modelos de clima local y global. La temperatura del agua cambia de forma diferente que la temperatura del aire porque el agua tiene una mayor capacidad calorífica. El agua también ayuda a cambiar la temperatura del aire a través de los procesos de evaporación y condensación.

Apoyo al Profesorado

Preparación previa

Utilizar *La Actividad de Aprendizaje Practicando tus Protocolos: Temperatura del Agua* para ayudar a los estudiantes a explorar las fuentes de error en los procedimientos de toma de datos. Estar seguro de que los termómetros de alcohol han sido calibrados en los tres últimos meses. Las sondas de temperatura deben ser calibradas antes de cada uso.

Protocolos de Apoyo

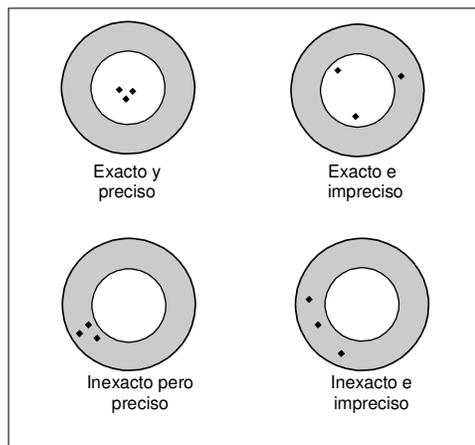
Protocolos de Temperatura del Aire y del Suelo: La integración de la temperatura del agua con la de la atmósfera y la del suelo ofrece una excelente muestra de cómo diferentes sustancias transfieren y retienen el calor de forma diferente, obteniendo un mayor entendimiento de cómo la energía es transferida y almacenada en el sistema Tierra.

Actividades de Apoyo

La medida de la temperatura del agua proporciona una buena oportunidad para el profesorado de introducir conceptos básicos sobre datos exactos y precisos.

Los datos son exactos cuando la media de la muestra (la media de las observaciones de los estudiantes) es igual a la media verdadera. Los datos son precisos cuando las observaciones están dentro de un rango estrecho. Los resultados pueden ser exactos aunque sean imprecisos, cuando los estudiantes tienen una amplia dispersión en sus observaciones.

Figura HI-TE-1: Exactitud y Precisión



Los resultados pueden ser precisos, aunque inexactos, cuando las medidas del alumnado están en un rango muy estrecho, pero la media no es igual que la media real.

El *Protocolo de Temperatura* de Hidrología de GLOBE está diseñado de tal manera que los datos que envía el alumnado sean tanto exactos como precisos. Al alumnado se le pide que haga al menos tres mediciones y después calcule la media. Si alguna de las observaciones se desvía en más de 1° C de la media, la medida se repite para mejorar la precisión del dato.

Procedimientos de Medida

Como la temperatura del agua es una medida sencilla de hacer, los estudiantes a veces empiezan a ser poco cuidadosos con el seguimiento del protocolo. Las fuentes de error incluyen no dejar los instrumentos en el agua el tiempo suficiente para que se establezca la medida, sacar el termómetro del agua con lo que la medida cambia antes de ser leída, y no leer el termómetro al nivel de los ojos.

Excepto para la transparencia, la temperatura del agua es tomada antes que otras medidas del agua.

Tomar la medida de la temperatura del agua tan pronto como sea posible después de haber tomado la muestra de agua, porque la temperatura tiende a cambiar muy rápidamente una vez que se ha recogido la muestra.

Se lee el valor de la temperatura mientras el bulbo del termómetro o la sonda del medidor están en el agua. La lectura de la temperatura puede cambiar rápidamente una vez que el termómetro está fuera del agua, especialmente si la temperatura del aire es muy diferente de la del agua o si hace viento. El viento puede causar evaporación, lo que sucede muy rápidamente bajando la temperatura.

Es muy importante que la temperatura del agua sea tomada en el mismo lugar cada semana. Puede haber varios grados de diferencia en la temperatura del agua sobre un área pequeña del cuerpo de agua: zonas soleadas frente a las de umbría, zonas más profundas o más superficiales.

Si se van a usar sondas de temperatura habrá que tener referencias de si usar sondas o “medidores”. Para clarificar, las sondas son instrumentos que

miden voltaje o resistencia en una muestra de agua, y los “medidores”(meters) son instrumentos que convierten las medidas de voltaje o de resistencia a concentraciones. Para medir la temperatura (u otro tipo de medidas), ambos son necesarios. Algunas sondas y medidores están en el mismo instrumento y no pueden separarse. Otros instrumentos tienen sondas que están separadas de los medidores y es necesario conectarlos para poder tomar las medidas del agua.

Si se utiliza un termómetro de alcohol hay que atarle una cuerda suficientemente larga para que el agua llegue hasta la parte alta del termómetro. Atar una goma elástica al final del otro extremo de la cuerda. Los estudiantes deben sujetarse ese extremo en la muñeca cuando tomen la medida de la temperatura para evitar que el termómetro se caiga o se pierda.

La columna de alcohol puede separarse, especialmente si no se ha guardado en posición vertical. Debe recomendarse al alumnado que revise todo el instrumental e informe al profesorado de los posibles problemas. Para volver a unir la columna del termómetro, sujete bien por la parte superior y sacuda firmemente.

Procedimiento de Control de Calidad

Termómetros de Alcohol

Hay que utilizar un baño de agua helada para calibrar el termómetro cada 3 meses.

Sondas de Temperatura con Medidor

Los medidores de temperatura deben ser calibrados antes de su uso. Revisar las instrucciones del fabricante para estar seguro de que el aparato almacena la calibración más reciente. Si es así, debe ser calibrado en clase o en el laboratorio antes de ir al sitio de Estudio de Hidrología. Si no guarda la última calibración, será necesario calibrarlo justo antes de tomar las medidas, teniendo cuidado de no apagar ni el medidor ni ningún software asociado.

Medidas de Seguridad

Habrà que llevar guantes cuando se manipule el agua porque puede contener sustancias potencialmente nocivas como bacterias o residuos industriales.

Mantenimiento del Instrumental

Termómetros de Alcohol

1. Asegurarse de que la cuerda y la goma atadas al termómetro estén en buenas condiciones antes de cada uso.
2. Guardar el termómetro en posición vertical sobre su parte de abajo para evitar que la columna de alcohol se separe.
3. Asegurarse de que la columna de alcohol está continua.

Sondas de Temperatura

1. La sonda para temperatura debe ser guardada con la tapa puesta.
2. Se debe enjuagar bien la sonda con agua destilada después de cada uso para evitar la acumulación de depósitos minerales.
3. La sonda debe ser lavada periódicamente con alcohol.

Consejos Útiles

Calibración del Termómetro de alcohol para Hidrología.

Utilizar la *Guía de Laboratorio de Calibración de Termómetro de Hidrología* para conocer la precisión de un termómetro nuevo. Si el termómetro nuevo no hace la lectura correctamente contactar con el fabricante.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Cómo afecta a la temperatura del agua un cambio repentino en la temperatura del aire?

¿El rango de temperatura del aire es diferente en áreas próximas a grandes cuerpos de agua, en comparación con áreas alejadas de cuerpos de agua?

¿Cuál es la diferencia de la temperatura del agua y del aire en invierno? ¿y en verano?

Calibración del Termómetro de Hidrología

Guía de Laboratorio

Actividad

Calibrar el termómetro de alcohol o la sonda de temperatura.

Qué se Necesita

- Termómetro de Alcohol o sonda de temperatura
- Agua destilada 100ml
- Vaso de precipitación mayor de 500 ml
- Hielo picado 400ml

Qué Hay que Hacer

1. Mezclar los 100 ml de agua destilada y los 400 ml de hielo picado en el vaso de precipitado para conseguir un baño de agua helada.
2. Dejar el baño de agua helada reposar de 10 a 15 minutos para que alcance la temperatura más baja.
3. Meter el bulbo del termómetro dentro del baño. Dar vueltas suavemente con el termómetro en el baño de agua helada.
4. Dejar el termómetro en el agua durante tres minutos.
5. Leer la temperatura sin sacar el bulbo del termómetro del agua.
6. Dejar el termómetro en la muestra de agua un minuto más.
7. Leer la temperatura de nuevo. Si la temperatura no ha cambiado, ir al paso 8. Si la temperatura ha cambiado desde la última lectura, repetir el paso 6 hasta que la temperatura se estabilice.
8. El termómetro debe marcar entre $-0,5^{\circ}$ y $0,5^{\circ}$ C.
9. Si el termómetro de alcohol o la sonda no marcan la temperatura apropiada, informar al profesor o profesora encargada. Los termómetros de alcohol no tienen ajuste y deben ser reemplazados si no marcan la temperatura con la precisión esperada ($\pm 0,5^{\circ}$ C). Algunos medidores de temperatura y sondas pueden tener ajuste para la calibración, en ese caso seguir las instrucciones para calibración que vienen con la sonda. Si la sonda que se usa no puede ser calibrada, entonces debe ser reemplazada.

Protocolo de Temperatura para Sondas Termómetro

Guía de Campo

Actividad

Medir la temperatura del agua utilizando un medidor calibrado y una sonda termómetro.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos del Área de Investigación de Hidrología
- Medidor y sonda calibrados
- Bolígrafo o Lápiz
- Reloj
- Guantes de Látex

En el Campo

1. Asegurarse de que la sonda y el medidor han sido calibrados dentro de las últimas 24 horas (ver *Guía de Laboratorio de Calibración de Termómetro de Hidrología*)
2. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos del Área de Investigación de Hidrología*.
3. Meter la sonda dentro de la muestra de agua a una profundidad de 10 cm
4. Dejar la sonda en el agua durante tres minutos.
5. Leer la temperatura en el medidor sin sacar la sonda del agua.
6. Dejar la sonda termómetro en la muestra de agua durante un minuto más.
7. Leer la temperatura de nuevo. Si la temperatura no ha cambiado, ir al paso 8. Si la temperatura ha cambiado desde la última lectura, repetir el paso 6 hasta que la temperatura se estabilice.
8. Anotar la temperatura en la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.
9. Debe repetirse la medición por otras dos personas con una nueva muestra del agua.
10. Calcular la media de las tres mediciones.
11. Todos los valores deben estar 1,0° C por abajo o por arriba de la media. Si no es así hay que repetir todo el proceso.

Protocolo de Temperatura del Agua para Termómetros

Guía de Campo

Actividad

Medir la temperatura del agua utilizando un termómetro de alcohol.

Qué se necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Reloj
- Bolígrafo o Lápiz
- Termómetro de alcohol (con cuerda y una goma elástica unida)
- Guantes de Látex

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.
2. Ponerse los guantes
3. Colocar la goma elástica en la muñeca de tal manera que el termómetro no pueda caerse accidentalmente dentro del agua.
4. Revisar la columna de alcohol del termómetro para asegurarse de que no hay burbujas de aire atrapadas en el líquido. Si la línea del líquido esta separada, informar al profesor.
5. Meter el extremo del bulbo del termómetro dentro de la muestra de agua a una profundidad de unos 10 cm.
6. Dejar el termómetro en el agua durante tres minutos.
7. Leer la temperatura sin sacar el bulbo del termómetro fuera del agua.
8. Dejar el termómetro en la muestra de agua un minuto más.
9. Leer la temperatura otra vez. Si la temperatura no ha cambiado ir al paso 10. Si la temperatura ha cambiado desde la última lectura, repetir el paso 8 hasta que se estabilice.
10. Anotar la temperatura en la *Hoja de Investigación de Hidrología*.
11. Se debe repetir la medición dos veces más con nuevas muestras del agua.
12. Calcular la media de las tres mediciones.
13. Todas las temperaturas deben estar $1,0^{\circ}$ C por arriba o por abajo de la media. Si no es así hay que repetir la medición.

Preguntas Frecuentes

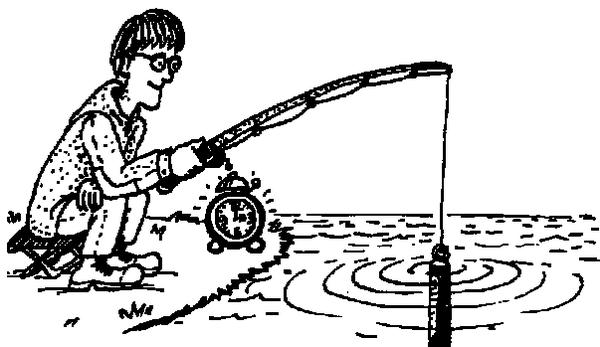
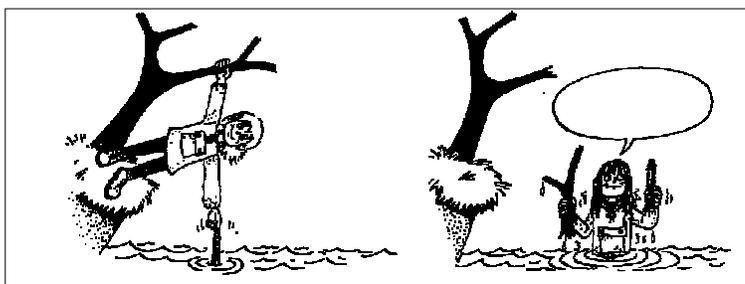
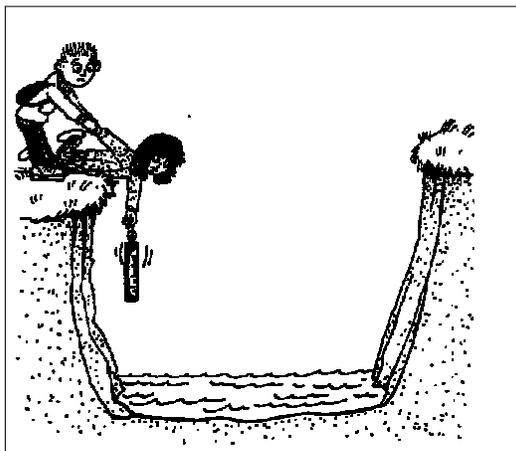
1. He visto en la Web de GLOBE que algunas escuelas mandan valores de temperatura por debajo de $0,0^{\circ}\text{C}$. ¿Es posible?

Sí. El agua destilada se congela a $0,0^{\circ}\text{C}$, pero con partículas disueltas incorporadas en el agua el punto de congelación puede bajar.

2. ¿Por qué algunas veces la temperatura del agua es más cálida que la del aire y otras veces menos?



El agua tiene un calor específico mayor que el del aire. Esto significa que el agua tarda más en enfriarse y en calentarse que el aire. Por lo tanto el aire responde mucho más rápidamente que el agua a los cambios de temperatura.



Fuente: Jan Smolik, 1996, TEREZA, Asociación para la Educación Ambiental, República Checa

Protocolo de Temperatura del Agua

– Interpretando los Datos

¿Son razonables los datos?

La temperatura del agua generalmente muestra fuertes patrones estacionales. La gráfica de la temperatura del agua a lo largo del tiempo muestra una imagen con ese patrón. Los valores extremos fuera de lugar deberían ser fácilmente reconocibles. Un valor fuera de posición es una medida que tiene un valor muy diferente del resto de los valores de ese dato tomados en días próximos. Al hacer la gráfica de la temperatura del agua con la temperatura del aire, teniendo en cuenta que la temperatura del agua cambia más lentamente que la del aire, habrá un retraso (días o semanas) en los cambios de la temperatura del agua comparada con la del aire. El rango de temperaturas del agua será más estrecho.

¿Puede la temperatura del agua estar por debajo de cero? Muchos estudiantes creen que es un error si la temperatura del agua es un valor negativo. Sin embargo, 0,0° C es el punto de congelación para el agua destilada. El agua que tiene sales disueltas tiene un punto de congelación más bajo.

¿Qué buscan los científicos en esos datos?

La temperatura del agua es a veces denominada una variable patrón porque casi todas las propiedades del agua, así como las reacciones químicas que tienen lugar en ella, se ven afectadas por la temperatura. El oxígeno disuelto está extraordinariamente correlacionado con la temperatura. Una gráfica de la temperatura del agua y del oxígeno disuelto muestra que la solubilidad del oxígeno incrementa para temperaturas más frías.

Repentinos incrementos o descensos de la temperatura del agua son inusuales. El agua tiene una mayor capacidad calorífica (calor específico) que el aire, por eso se enfría y se calienta más lentamente. Se deben investigar aquellas oscilaciones de la temperatura que se desvían del patrón estacional esperado. Identificar la divisoria de aguas para el sitio de estudio. Posibles fuentes de cambios repentinos de temperatura pueden ser: la liberación de agua de una presa aguas arriba, de industrias, o de deshielo.

Ejemplos de Proyecto Investigación de Estudiantes.

Proyecto 1

Formulando una Hipótesis

Estudiantes de la República Checa están examinando gráficas de temperatura de agua. Están haciendo las gráficas de la media mensual de la temperatura superficial del agua de varios sitios en la República Checa. Observaron una interesante tendencia en los datos de SWS-01, tomados por la escuela Zakladni Bystrice Nad Perstejnem. En el apartado de metadatos indicaban que ese cuerpo de agua era el río Bystrice. De acuerdo a la gráfica (Figura HI-TE-2), la media mensual de la temperatura del agua en los meses de verano (Junio, Julio, Agosto) parecía incrementarse cada año desde 1997 hasta 2001.

La Hipótesis fue: *Los incrementos en la temperatura del agua son el resultado del incremento de la temperatura del aire.*

Recogiendo y Analizando Datos.

Realizaron una gráfica combinando la media mensual de temperatura del aire y de la temperatura de la superficie del agua en la misma gráfica (Figura HI-TE-3). La temperatura del aire se incrementa claramente en los veranos en ese mismo periodo de tiempo, excepto en Julio del 2000, periodo en el que tanto la temperatura del aire como la del agua son menores; por lo tanto concluyeron que la subida de la temperatura del aire es la responsable de la subida de la temperatura de la corriente de agua. Su hipótesis fue correcta.

Nota: En la Figura HI-TE-3, la escala para la temperatura del agua está en la izquierda de la gráfica y la escala de la temperatura del aire está a la derecha de la gráfica. Las escalas no son iguales. Descargarse y hacer la gráfica de los datos en la misma escala – ver Figura HI-TE-4, como un ejemplo– puede ser útil, y permitir una comparación más sencilla de los valores reales y no sólo una tendencia.

Comunicando Resultados

Los estudiantes presentan este resultado a su clase y lo usan como punto de partida para un debate. ¿Se da esta tendencia en todos los lugares cercanos?

Proyecto 2

Formulando una Hipótesis

El alumnado que trabajó en el proyecto anterior está interesado en continuar su investigación. Ahora quieren saber si esa tendencia que observaron para el agua superficial del río Bystrice aparece en otras áreas cercanas. En otras palabras, ¿Es un acontecimiento local o es algo bastante extendido?

Hicieron la siguiente hipótesis: *Otros lugares cercanos deben mostrar el mismo incremento en la temperatura del agua y del aire.*

Recogiendo y Analizando Datos

Miraron los datos de agua superficial para su país, en el servidor de GLOBE, y vieron que las cuatro escuelas con más datos de agua superficial eran: Zakladni Skola - Ekolog, Praktikum en Jicin; Zakladni Skola, Bystrice Nad Perstejnem en Bystrice; Zakladni Skola Banov en Banov; y Zakladni Skola, Postoloprty en Postoloprty.

Ya habían analizado los datos del río Bystrice. Los otros tres lugares de agua superficial son el río Cidlina en Jicin, el embalse Ordejov en Banov, y el río Ohre en Postoloprty. **(Nota: Ver los nombres y descripciones de alguno de los cuerpos de agua, es útil revisar el sitio de información/metadatos en la web)**

Lo primero que hicieron fue combinar las gráficas de la temperatura del agua de todas las escuelas. Los tres sitios nuevos se muestran en las Figuras HI-TE-5 a la Figura HI-TE-7.

En dos de las escuelas, Zakladni Skola Banov y Zakladni Skola Jicin, el número del sitio cambió de SWS-01, ubicación de la escuela, a un nuevo número de sitio con el nombre propio del cuerpo de agua.

(Río Cidlina y embalse Ordejov), es por lo que los datos de más de un sitio de agua superficial se incluyen en la gráfica.

No ven ninguna tendencia aparente en la temperatura en verano del agua en el río Cidlina o en el río Ohre. Parece haber un ligero incremento en la temperatura del aire en verano en Banov, pero no es tan grande como la de Bystrice Nad Perstejnem. Tampoco es obvio un cambio en la temperatura del agua. No hay datos de

temperatura del agua desde el verano de 1999, así la tendencia en la temperatura a lo largo de 5 años es difícil de juzgar.

Concluyeron afirmando que el incremento en la temperatura del aire y del agua que tiene lugar en Bystrice Nad Perstejnem no tuvo lugar, al menos, en dos de los tres lugares. Por lo que su hipótesis no era válida.

Comunicando Resultados

Los estudiantes combinaron el resultado de este proyecto con los del proyecto anterior y escribieron un informe para su clase. Enviaron dicho informe a GLOBE para incluirlo en el apartado de *Investigaciones de Estudiantes*.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Qué le ocurre a la temperatura del agua en esos sitios después del 2001?

¿Muestra algún otro lugar una tendencia de subida (o descenso) de la temperatura?

¿Cuánto puede subir la temperatura del agua antes de que los niveles de oxígeno disuelto sean peligrosos? ¿Están algunos de esos cuerpos de agua en riesgo?

Figura HI-TE-2

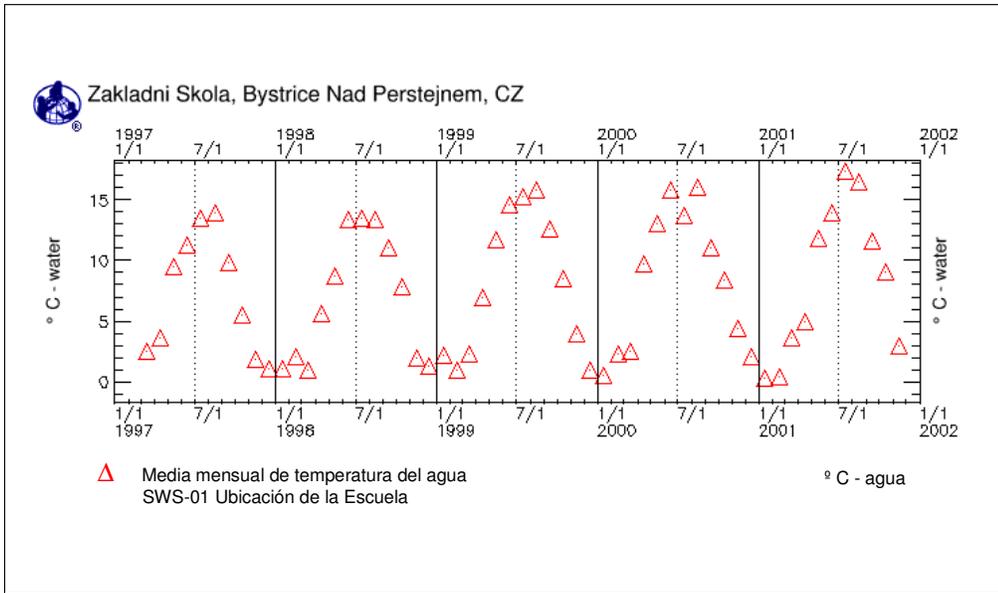


Figura HI-TE-3

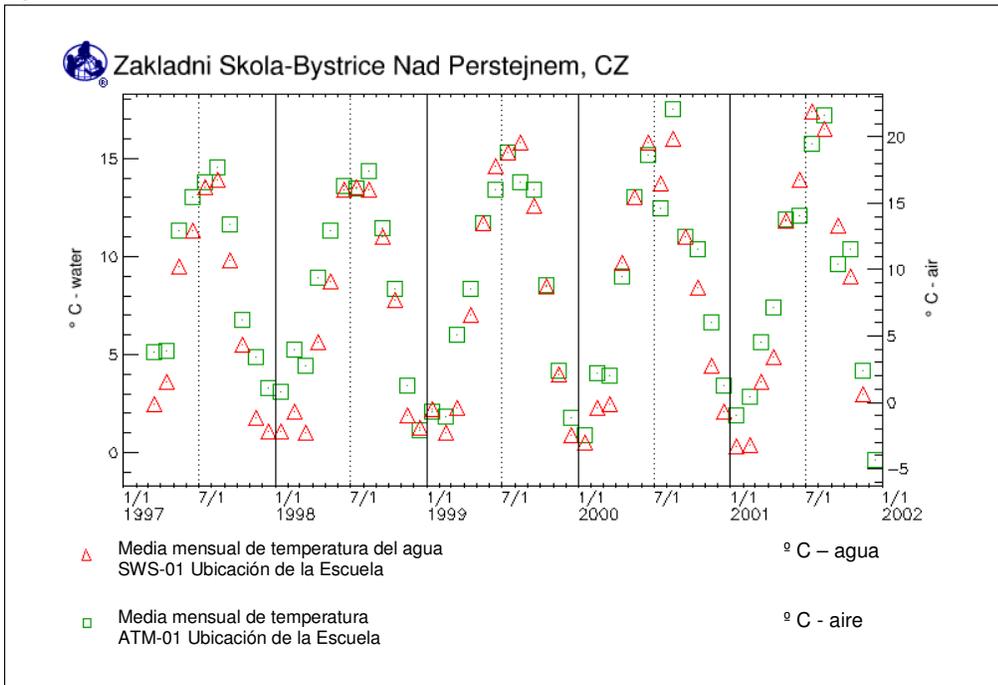


Figura HI-TE-4

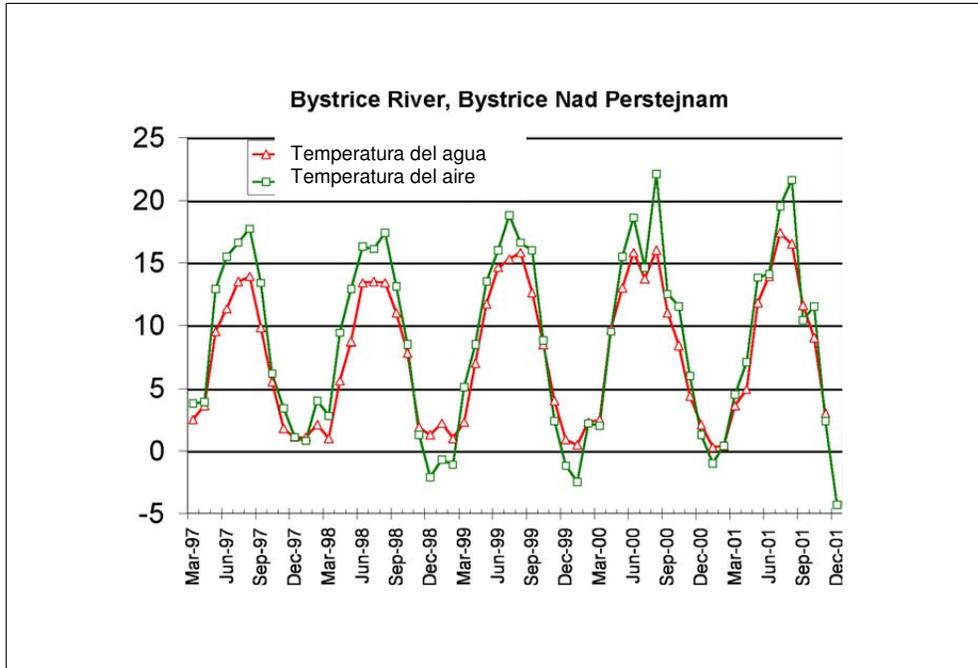


Figura HI-TE-5

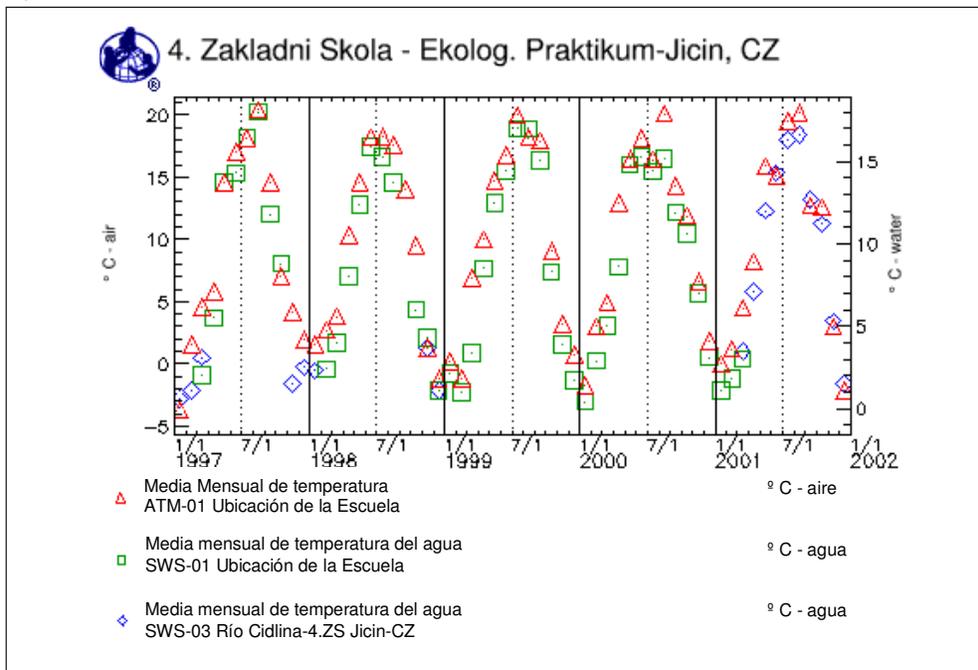


Figura HI-TE-6

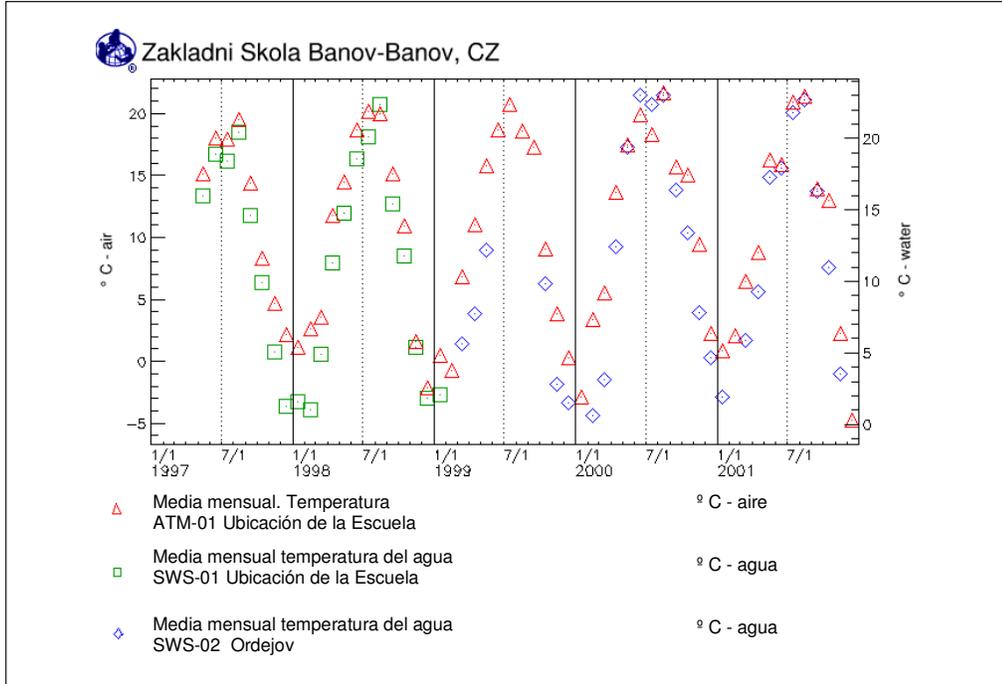
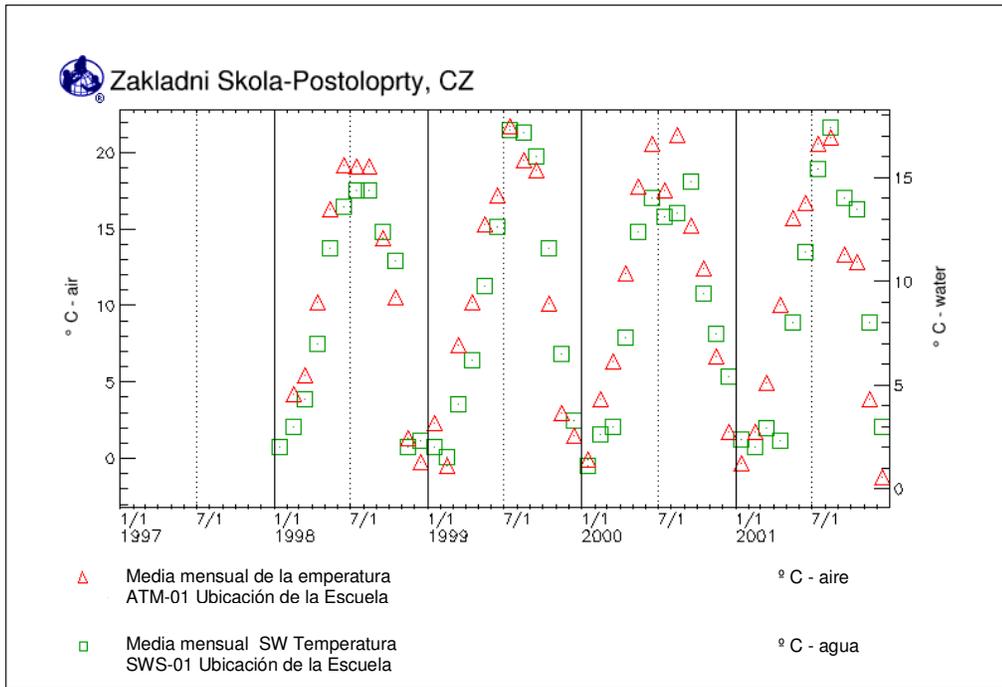


Figura HI-TE-7



Protocolo de Oxígeno Disuelto



Objetivo General

Medir la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

Visión General

El alumnado usará un Kit de oxígeno disuelto o una sonda para medir el oxígeno disuelto en el sitio de hidrología. El procedimiento exacto depende de las instrucciones del kit o de la sonda que se utilice.

Objetivos Didácticos

Los estudiantes aprenderán:

- A usar un kit de oxígeno disuelto o una sonda.
- Usar la tecnología en clase (sonda de OD).
- Examinar razones para los cambios en el oxígeno disuelto en un cuerpo de agua;
- Compartir los resultados de los proyectos con otros centros GLOBE
- Colaborar con otros centros GLOBE (en su país o en otros países)
- Compartir observaciones y enviar informes de los datos a los archivos de GLOBE.

Conceptos de Ciencias

La Tierra y las Ciencias del Espacio.

Los materiales terrestres son rocas sólidas, suelos, agua y atmósfera.

El agua es un solvente.

Cada elemento se mueve entre diferentes reservorios (biosfera, litosfera, atmósfera, hidrosfera).

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

Los organismos pueden sobrevivir, sólo en entornos donde sus necesidades puedan ser cubiertas.

La Tierra tiene muchos entornos distintos, que mantienen diferentes combinaciones de organismos.

Los organismos transforman el entorno en el cual viven.

Los humanos pueden cambiar los entornos naturales.

Todos los organismos deben ser capaces de obtener y usar los recursos mientras viven en un entorno constantemente cambiante.

Habilidades de Investigación Científica

Usar un kit de análisis químico o una sonda para medir el oxígeno disuelto.

Identificar cuestiones relacionadas con el tema.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones utilizando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y conclusiones

Tiempo.

Kit: 20 minutos

Kit de procedimiento de control de calidad: 20 minutos

Preparación de la Sonda: 20-30 minutos

Medición con Sonda: 10 minutos

Nivel

Medio y Secundaria

Frecuencia

Semanalmente

Procedimiento de control de Calidad: cada 6 meses.

Calibración de la Sonda: cada vez que se utilice.

Materiales y Herramientas

Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología

Guía de Campo del Protocolo de Oxígeno Disuelto. (Kit de análisis).

Guía de Campo del Protocolo de Oxígeno Disuelto (Sonda)

Kit o sonda de Oxígeno Disuelto

Guantes de látex

Gafas de seguridad

Botella para desperdicios con tapa

Agua destilada

Para el procedimiento de control de calidad de OD:

-Probeta graduada de 100ml

-Botella de polietileno con tapón de 250ml

-Reloj o cronómetro

<ul style="list-style-type: none"> - Termómetro - <i>Tabla de Solubilidad de Oxígeno</i> - <i>Tabla de Corrección por Altitud</i> - <i>Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología para los Kits de Oxígeno Disuelto.</i> <p style="text-align: center;"><i>Guía de Laboratorio del Kit para OD</i></p> <p>Procedimiento para el control de calidad de la sonda de OD :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solución cero de oxígeno (si es necesaria para la sonda). - Agua destilada - Frasco de polietileno de 250 ml con tapa - Vaso de precipitado de 100 ml -Termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Tabla de Solubilidad de oxígeno - Tabla de corrección por altitud - Barómetro (si es posible) <p>Preparación</p> <p>Actividades propuestas: <i>Practicando tu protocolo: Oxígeno Disuelto</i></p> <p>Buscar a qué altitud está el centro educativo.</p> <p>Las sondas de oxígeno disuelto deben ser calibradas antes de cada uso.</p> <p>Requisitos previos</p> <p>Debate sobre la seguridad en los procedimientos cuando se está trabajando con kits de análisis químicos.</p> <p><i>Protocolo de Salinidad</i> (donde resulte apropiado)</p>
--	--

Protocolo de Oxígeno Disuelto – Introducción

El protocolo GLOBE de Oxígeno Disuelto mide la cantidad de oxígeno molecular disuelto en el agua. No mide la cantidad de oxígeno en la molécula de agua (H₂O). El alumnado a veces confunde el oxígeno que forma parte de la molécula de agua (H₂O) con el oxígeno disuelto (O₂).

Al igual que los animales que viven en tierra, los animales que viven en el agua necesitan oxígeno molecular para respirar. Sin embargo, hay mucho más oxígeno disponible en la atmósfera para la respiración animal que en el agua. Aproximadamente, dos de cada diez moléculas de aire son de oxígeno molecular. En el agua, sin embargo, hay sólo cinco o seis moléculas de oxígeno por cada millón de moléculas de agua. La cantidad de oxígeno disuelto en el agua determina lo que puede vivir allí. Algunos animales, como el salmón o las larvas de efímera, requieren niveles más altos de oxígeno que otros animales como el pez gato o las sanguijuelas.

Se llama solubilidad de oxígeno disuelto a la cantidad de oxígeno que contendrá el agua en determinadas condiciones. Los factores que afectan a la solubilidad del oxígeno son: Temperatura del agua, presión atmosférica y salinidad.

El agua fría puede disolver más oxígeno que las aguas templadas. Por ejemplo, a 25° C la solubilidad del oxígeno es de 8,3 mg/l, mientras que a 4° C la solubilidad es 13,1 mg/l. Como la temperatura va en aumento el agua libera parte de su oxígeno al aire.

El agua puede contener menos oxígeno disuelto a altas elevaciones porque hay menor presión. La Solubilidad del oxígeno también decrece con el incremento de la salinidad.

El oxígeno disuelto puede ser añadido al agua por las plantas durante la fotosíntesis, a través de la difusión desde la atmósfera, o por aireación. Este proceso tiene lugar cuando el agua es mezclada con el aire. Tales mezclas se dan en olas, en cascadas y en zonas de rápidos y de aguas agitadas.

La cantidad de oxígeno disuelto también está afectada por lo que vive en el agua. Igual que la fotosíntesis de las plantas terrestres añade oxígeno al aire que respiramos, la fotosíntesis de las plantas acuáticas contribuye al oxígeno disuelto en el agua. El agua puede llegar a estar sobresaturada, lo que significa que los niveles de OD son más altos que la solubilidad. El OD extra sería entonces liberado de vuelta al aire, o sería eliminado a través de la respiración.

La biota de los sistemas acuáticos constituye sólo una muy pequeña porción del total de la materia orgánica del sistema. La mayoría de la materia orgánica en los ecosistemas acuáticos corresponde a detritus, no a los seres vivos. La material orgánica puede ser producida in situ o llegar al cuerpo de agua desde la tierra circundante (tanto de fuentes naturales como humanas). La circulación del carbono entre los componentes vivos y no vivos es conocido como el ciclo del carbono. La material orgánica es producida durante la fotosíntesis y es consumida durante la respiración. Durante la respiración, la biota (peces, bacterias, etc.) consumen oxígeno disuelto.

Apoyo al Profesorado

Protocolos de Apoyo

Temperatura del Agua: La solubilidad del oxígeno depende de la temperatura. Por lo tanto es muy importante medir la temperatura del agua cuando se toman los datos de OD.

Salinidad: La solubilidad del oxígeno está condicionada por la salinidad. Para obtener el porcentaje de solubilidad es importante tomar los datos de salinidad en los cuerpos de agua donde ésta sea un factor imprescindible. Si el valor en su cuerpo de agua es menor de 1 ppmil (1000mg/l) no es necesario ajustarlo en función de la salinidad.

Protocolo de Atmósfera: Las mediciones de atmósfera tales como cobertura de nubes, precipitación y temperatura del aire deben también ser útiles en la interpretación de los datos de oxígeno disuelto. Por ejemplo, un incremento de la cobertura de nubes podría provocar un descenso en la fotosíntesis durante el día.

Cobertura Terrestre: También es útil para las medidas de hidrología tener información sobre la cobertura terrestre en la cuenca. La cobertura terrestre en una cuenca hidrográfica puede influir en la cantidad de materia orgánica en el medio acuático.

Preparación Previa

Kits de Oxígeno Disuelto

Los estudiantes deberán realizar el procedimiento de control de calidad tal como se describe en *La Guía de Laboratorio del Procedimiento de Control de Calidad para el Kit de Oxígeno Disuelto*. Analizar la exactitud de sus procedimientos y la precisión de los Kits. Realizando el control de calidad, profesorado, alumnado y científicos podrán confiar en que los análisis se realizan apropiadamente.

Hay que determinar la altitud y el lugar (por ejemplo, el centro escolar) donde se va a realizar el control de calidad.

Sondas para Oxígeno Disuelto

Para medir oxígeno disuelto habrá que tener en cuenta referencias sobre el uso de sondas de conductividad u otros medidores. Para clarificar, las sondas son instrumentos que miden el voltaje o la resistencia en una muestra de agua. Los medidores son instrumentos que convierten esas medidas eléctricas (voltaje y resistencia) en concentraciones. Para medir oxígeno disuelto (u otro tipo de mediciones), tanto la

sonda como el medidor son necesarios. En ocasiones ambos están en el mismo instrumento y no pueden ser tomadas por separado. En otros instrumentos la sonda está separada del medidor y necesitan ser conectados para tomar las mediciones de aguas.

Las sondas de oxígeno disuelto deben ser calibradas antes de usarlas. Revisarlas con las indicaciones del fabricante para estar seguro de que guardan la calibración más reciente. Si es así la sonda de oxígeno disuelto necesitará ser calibrada 24 horas o menos antes de tomar las mediciones. Si la sonda que se utiliza no almacena la calibración más reciente será necesario calibrarla justo antes de tomar las mediciones, teniendo cuidado de no apagar la sonda ni ningún software asociado a ella.

Determinar la altitud del sitio de muestreo, si no se está usando un barómetro.

Procedimiento para la Medición

Kits de Oxígeno Disuelto

Los kits para análisis de oxígeno disuelto tienen dos partes – conservación de la muestra (estabilización o fijación) y análisis de la misma. La conservación implica la adición de un reactivo a la muestra que precipita en presencia de oxígeno disuelto, seguido de la adición de otro reactivo que produce la coloración de la solución. El análisis conlleva, además la adición de unas gotas de solución de titulación hasta que desaparece la coloración de la muestra. El valor de oxígeno disuelto es calculado a partir del volumen de titulador añadido.

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua puede cambiar rápidamente después de que se ha tomado la muestra. Por esto es muy importante hacer el análisis tan pronto como sea tomada la muestra. La muestra de agua para el análisis de oxígeno disuelto debería ser “fijada” en el sitio de estudio (ver instrucciones del kit de OD que se utiliza). Después de que la muestra es fijada, si se prefiere, se puede llevar al centro para terminar allí el análisis.

Siguiendo las instrucciones del kit de análisis, deberán cumplirse los siguientes procedimientos.

- Para estar seguros de que no hay aire en el bote que contiene la muestra de agua, girar el bote arriba y abajo mientras está tapado y observar si hay burbujas.

- Mantener las botellas y los goteros verticalmente cuando se añadan gotas de reactivo a la muestra de agua de tal manera que todas las gotas sean del mismo tamaño.
- Si los estudiantes tienen que hacer alguna mezcla, deberán tapar el frasco y hacer un “movimiento de limpiaparabrisas” para mezclar suavemente los productos químicos.
 - El precipitado está sedimentado cuando hay una línea de distinción entre el líquido claro, en la parte superior, y el material sedimentado en el fondo (en agua dulce). En aguas saladas y salobres hay que dejarlo más tiempo (más de 15 minutos) para que el precipitado sedimente. Esperar hasta que haya una línea nítida entre el líquido claro y el material sedimentado en la mitad inferior de la botella.
- Asegurarse de que no hay burbujas en el bote de titular cuando se llene.
- Si el kit que se utiliza titula a un “amarillo pálido”, colocar una hoja de papel blanco detrás de la botella y continuar la titulación hasta que el líquido este casi claro antes de añadir la solución de almidón (starch solution).

No hace falta la compensación por altitud cuando se mide la cantidad de oxígeno disuelto en la muestra de agua en el Sitio de Hidrología, solamente es necesario en el procedimiento de control de Calidad.

Sondas para Oxígeno Disuelto.

Las mediciones de oxígeno disuelto hechas con SONDA, deben ser tomadas en el sitio (in situ). Las muestras no pueden ser llevadas y analizadas en el laboratorio.

Prepare la sonda tal como se indica en el manual de usuario. Algunas sondas necesitan un periodo de calentamiento antes de dar resultados fiables. Algunas sondas necesitan permanecer encendidas después de la calibración para que retengan la calibración. Hay que ser muy cuidadoso en seguir las instrucciones que vienen con la sonda que se está utilizando.

Cuando se mide oxígeno disuelto en aguas saladas (conductividad mayor de 1000 mg/l o salinidad mayor de 1 ppmil), se necesitará aplicar un factor de corrección de salinidad a la medida tomada con la sonda.

El agua salina puede contener menos oxígeno a la misma temperatura y presión que el agua dulce. Las diferentes sondas pueden tener diferentes procedimientos para esta corrección. Algunos piden el factor de corrección antes de realizar la medida de OD y otros después. Hay que tomar como referencia el manual de la sonda que se está usando para realizar dicho procedimiento. Como esta corrección puede afectar a la medida, es necesario medir la salinidad cada vez que se tomen medidas de OD e indicarlo en la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.

Procedimiento de Control de Calidad

Kits de Oxígeno Disuelto

Para el procedimiento de control de calidad el alumnado comparará el oxígeno disuelto medido en su solución estándar con el valor de saturación de la tabla para determinar si su kit y procedimiento son correctos.

Preparar una solución estándar saturada, los estudiantes saturarán el agua destilada agitando una botella parcialmente llena, durante 5 minutos. Teniendo en cuenta que la solubilidad desciende con los incrementos de temperatura, de salinidad y descenso de la presión del aire, se controlan todas esas variables en la solución estándar de OD usando agua destilada, y corrigiendo los valores en función de la temperatura del agua y la altitud (una medida indirecta de la presión del aire). Es necesario saber la altitud (por ejemplo, del centro escolar) donde se realizará el procedimiento. La tabla HI-OD-2 contiene los valores de corrección para varias presiones atmosféricas y distintas elevaciones.

Esta solución estándar saturada de OD se puede verter directamente en el frasco de muestra hasta que esté completamente lleno. No puede incorporarse más oxígeno a la muestra en el momento de verterla porque ya está saturada. Después de llenar el frasco de muestra, seguir las instrucciones del kit para medir la cantidad de oxígeno disuelto.

Sondas de Oxígeno Disuelto

Las sondas de oxígeno disuelto deben ser calibradas antes de usarlas. Consultar al fabricante para estar seguro de que la sonda almacena la última calibración. Si es así, la sonda necesitará ser calibrada 24 horas o menos antes de tomar las mediciones. Si la sonda no almacena la última calibración, se necesitará calibrar

justo antes de cada medición teniendo cuidado de no apagar la sonda ni ningún software asociado. Cuando se está en el campo, comprobar que la calibración se ha hecho poniendo la sonda en aire saturado 100% con agua. Si el valor está fuera de $\pm 0,2$ mg/l entonces hay que recalibrar en el campo. Recuerde, diferentes temperaturas en el Sitio de Estudio, podrían dar diferentes valores totales de mg/l de oxígeno a 100% de saturación. Esto no necesariamente significa que la calibración esté mal. Comprobar las tablas de calibración para la cantidad de oxígeno presente a 100% de saturación a esa temperatura.

NUNCA enviar un dato de oxígeno disuelto tomado con un instrumento que no haya sido calibrado antes de ser usado.

Medidas de Seguridad

- Los estudiantes deberán llevar guantes y gafas de protección cuando manipulen reactivos y agua que pueda contener sustancias potencialmente perjudiciales tales como bacterias o residuos industriales.
- Se debe consultar a las autoridades locales sobre los lugares adecuados para tirar los reactivos usados.

Consejos Útiles

Marcar cada bote o componente en el kit con un punto de pintura o de esmalte de uñas del mismo color. Marcar los otros kits con otro color diferente para evitar que se cambien los reactivos o los tituladores entre los diferentes kits.

Cuando se abran los reactivos para usarlos, escribir la fecha en la que fueron abiertos, y eliminar todos los productos químicos, apropiadamente, cuando caduquen.

Guiando a los Estudiantes

Si no hay tiempo suficiente para que el alumnado mida el oxígeno disuelto de tres muestras diferentes en el sitio de hidrología, encargue a uno o más estudiantes que desarrollen la toma de datos completa. Después los otros estudiantes

usarán la misma muestra fijada para analizar más tarde en la clase o laboratorio.

Mantenimiento de los Instrumentos

Kits de Oxígeno Disuelto.

1. Los reactivos deben ser cuidadosamente cerrados inmediatamente después de ser usados.
2. Enjuagar la botella de muestra y el tubo de titulación con agua destilada después de usarlo.
3. Tirar los reactivos del gotero o del titulador. No deben ser echados a sus envases originales porque pueden estar contaminados.
4. No enjuagar el titulador con agua destilada siempre que no haya sido contaminado. El enjuague con agua destilada, deja a menudo una gota de agua en el titulador que es difícil de eliminar.
5. Almacenar el titulador con el émbolo fuera para evitar que la goma se pegue en el tubo.

Sondas de Oxígeno Disuelto

Las sondas de OD requieren meticulosos cuidados para mantener su precisión y su vida útil. Consultar en el manual las instrucciones específicas de mantenimiento y almacenaje, para la sonda que se está utilizando.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Cómo podría afectar a los seres vivos que habitan un cuerpo de agua, un cambio en la cantidad de oxígeno disuelto?

¿Cómo podría afectar en la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en el agua que analizamos, un calentamiento o enfriamiento de la atmósfera?

¿Cómo podría afectar a la cantidad de OD en el agua que analizamos, los cambios en la cobertura terrestre alrededor de nuestro sitio de agua?

Procedimiento de Control de Calidad. Kits de Oxígeno Disuelto

Guía de Laboratorio

Actividad

Revisar la precisión del kit de OD que se va a utilizar. Practicar utilizando el Kit de OD apropiadamente.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología
- Agua destilada
- Probeta de 100 ml
- Botella de polietileno de 250 ml con tapón
- Termómetro
- Botella con tapa para tirar los reactivos utilizados
- Kit de análisis de Oxígeno Disuelto
- Guantes de látex
- Gafas de seguridad
- Lápiz o Bolígrafo
- Reloj

Qué Hay que Hacer

1. Ponerse los guantes y las gafas de protección.
2. Enjuagar dos veces, la botella de 250 ml, con agua destilada.
3. Echar 100 ml de agua destilada dentro de la botella de 250 ml.
4. Poner el tapón en la botella. Agitar vigorosamente durante 5 minutos. Esto es la muestra estándar que se usará para analizar el kit.
5. Destapar la botella y medir la temperatura del agua (ver *Guía de Campo del Protocolo de Temperatura del Agua*). Asegurarse de que la punta del termómetro no toca en el fondo ni en los lados de la botella.
6. Anotar la temperatura del estándar de agua destilada, en la *Hoja de Datos del Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*.
7. Poner la muestra estándar en el bote de muestra en el kit de oxígeno disuelto. Llenar la botella hasta arriba. Poner la tapa, mover la botella arriba y abajo mientras está tapada. No debería haber ninguna burbuja.

Nota: No es necesario sumergir la botella de muestras en el agua para tomar la muestra cuando se esta haciendo el procedimiento de control de calidad.
8. Seguir las instrucciones del kit de OD que se está utilizando para medir el Oxígeno Disuelto en la muestra estándar.

9. Anotar la cantidad de oxígeno disuelto (mg/l) en la muestra estándar en la *Hoja de Datos de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*.
10. Ver la temperatura que anotaron antes en la tabla de Solubilidad del Oxígeno. Ver Tabla HI-OD-1
11. Anotar la solubilidad para la temperatura de la muestra de agua.
12. Localizar la altitud más próxima a la suya en la *Tabla de Corrección para Elevaciones/Presiones*. Ver tabla HI-OD-2.
13. Anotar el valor de corrección para la altitud de nuestro sitio.
14. Multiplicar la solubilidad de la muestra estándar por el valor de corrección. Esta es la cantidad que esperábamos de OD en la estándar.
15. Comparar la cantidad de OD medido con el kit con la que se esperaba para la muestra estándar.
16. Si la medida está dentro de un rango de ± 1 mg/l, anotar el valor de OD en la *Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*. Si la medida no está dentro de ese rango, repetir por completo el procedimiento de control de calidad.
17. Si las medidas siguen fuera de ese rango anotar el valor obtenido e informar a tu profesora de que ese kit no funciona adecuadamente.
18. Echar todos los reactivos usados en la botella de desperdicios. Limpiar el kit con agua destilada.

Tabla HI-OD-1: Solubilidad del Oxígeno en Agua Dulce Expuesto al Aire a 1013,65 mB de Presión.

Temp (°C)	Solubil. (mg/l)	Temp (°C)	Solubil. (mg/l)	Temp (°C)	Solubil. (mg/l)
0	14,6	16	9,9	32	7,3
1	14,2	17	9,7	33	7,2
2	13,8	18	9,5	34	7,1
3	13,5	19	9,3	35	7,0
4	13,1	20	9,1	36	6,8
5	12,8	21	8,9	37	6,7
6	12,5	22	8,7	38	6,6
7	12,1	23	8,6	39	6,5
8	11,9	24	8,4	40	6,4
9	11,6	25	8,3	41	6,3
10	11,3	26	8,1	42	6,2
11	11,0	27	8,0	43	6,1
12	10,8	28	7,8	44	6,0
13	10,5	29	7,7	45	5,9
14	10,3	30	7,6	46	5,8
15	10,1	31	7,4	47	5,7

Tabla HI-OD-2: Valores de Corrección para varias Presiones Atmosféricas y Elevaciones

Presión (milibares)	elev (m)	Corrección valor (%)	Presión (milibares)	elev (m)	Corrección valor (%)
1023	-84	1,01	841	1544	0,83
1013	0	1,00	831	1643	0,82
1003	85	0,99	821	1743	0,81
993	170	0,98	811	1843	0,80
988	256	0,97	800	1945	0,79
973	343	0,96	790	2047	0,78
963	431	0,95	780	2151	0,77
952	519	0,94	770	2256	0,76
942	608	0,93	760	2362	0,75
932	698	0,92	750	2469	0,74
922	789	0,91	740	2577	0,73
912	880	0,90	730	2687	0,72
902	972	0,89	719	2797	0,71
892	1066	0,88	709	2909	0,70
882	1160	0,87	699	3203	0,69
871	1254	0,86	689	3137	0,68
861	1350	0,85	679	3253	0,67
851	1447	0,84	669	3371	0,66

HI-OD-3: Solubilidad del Oxígeno en Agua Salada y a Nivel del Mar (1013,65 mB) con Temperatura y Salinidad

Temperatura (°C)	Salinidad (ppmil)												
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1	14,2	13,7	13,3	12,8	12,4	12,0	11,5	11,2	10,8	10,4	10,1	9,7	9,4
2	13,8	13,4	12,9	12,5	12,1	11,6	11,3	10,9	10,5	10,2	9,8	9,5	9,2
3	13,5	13,0	12,6	12,2	11,7	11,4	11,0	10,6	10,3	9,9	9,6	9,3	8,9
4	13,1	12,7	12,3	11,8	11,5	11,1	10,7	10,4	10,0	9,7	9,4	9,0	8,7
5	12,8	12,4	11,9	11,6	11,2	10,8	10,5	10,1	9,8	9,5	9,1	8,8	8,6
6	12,4	12,0	11,7	11,3	10,9	10,5	10,2	9,9	9,6	9,2	8,9	8,6	8,4
7	12,1	11,7	11,4	11,0	10,6	10,3	10,0	9,6	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2
8	11,8	11,5	11,1	10,7	10,4	10,1	9,7	9,4	9,1	8,8	8,6	8,3	8,0
9	11,6	11,2	10,8	10,5	10,2	9,8	9,5	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1	7,9
10	11,3	10,9	10,6	10,3	9,9	9,6	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	7,9	7,7
11	11,0	10,7	10,3	10,0	9,7	9,4	9,1	8,8	8,6	8,3	8,0	7,8	7,5
12	10,8	10,4	10,1	9,8	9,5	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1	7,9	7,6	7,4
13	10,5	10,2	9,9	9,6	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	8,0	7,7	7,5	7,2
14	10,3	10,0	9,7	9,4	9,1	8,8	8,6	8,3	8,0	7,8	7,6	7,3	7,1
15	10,1	9,8	9,5	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1	7,9	7,7	7,4	7,2	7,0
16	9,9	9,6	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	8,0	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9
17	9,7	9,4	9,1	8,8	8,6	8,3	8,1	7,8	7,6	7,4	7,1	6,9	6,7
18	9,5	9,2	8,9	8,7	8,4	8,2	7,9	7,7	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6
19	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	8,0	7,8	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5
20	9,1	8,8	8,6	8,3	8,1	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4
21	8,9	8,7	8,4	8,2	7,9	7,7	7,5	7,3	7,1	6,8	6,7	6,5	6,3
22	8,7	8,5	8,3	8,0	7,8	7,6	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,4	6,2
23	8,6	8,3	8,1	7,9	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,1
24	8,4	8,2	7,9	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,1	6,0
25	8,3	8,0	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,9
26	8,1	7,9	7,7	7,5	7,2	7,0	6,8	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	5,8
27	8,0	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,4	6,2	6,0	5,9	5,7
28	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,3	6,1	5,9	5,8	5,6
29	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,2	6,0	5,8	5,7	5,5
30	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,1	5,9	5,7	5,6	5,4
31	7,4	7,2	7,0	6,8	6,7	6,5	6,3	6,1	6,0	5,8	5,7	5,5	5,4
32	7,3	7,1	6,9	6,7	6,6	6,4	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6	5,4	5,3
33	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,3	6,1	5,9	5,8	5,6	5,5	5,3	5,2
34	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6	5,4	5,3	5,1
35	6,9	6,8	6,6	6,4	6,2	6,1	5,9	5,8	5,6	5,5	5,3	5,2	5,1
36	6,8	6,7	6,5	6,3	6,2	6,0	5,8	5,7	5,5	5,4	5,2	5,1	5,0
37	6,7	6,6	6,4	6,2	6,1	5,9	5,7	5,6	5,5	5,3	5,2	5,0	4,9
38	6,6	6,4	6,3	6,1	6,0	5,8	5,7	5,5	5,4	5,2	5,1	5,0	4,8
39	6,5	6,3	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6	5,4	5,3	5,2	5,0	4,9	4,8
40	6,4	6,2	6,1	5,9	5,8	5,6	5,5	5,4	5,2	5,1	5,0	4,8	4,7

Preguntas Frecuentes

1. ¿Por qué la cantidad de oxígeno disuelto que se mide no coincide con la cantidad calculada?

Hay dos razones por las cuales esos números no coinciden. Primero, es posible que no se hayan seguido las instrucciones del Kit o que se hayan cometido algunos pequeños errores en el proceso usado. Aquí hay algunos consejos para resolver problemas:

1. Asegurarse de que no hay ninguna burbuja en la botella de muestras o en el titulador (para los kits que lo utilizan). Examinar las burbujas de aire en la botella de muestreo, girar arriba y abajo la botella tapada y buscar burbujas.
2. Medir con precisión. Si se están añadiendo gotas desde una botella, colocarla verticalmente de tal manera que todas las gotas sean del mismo tamaño.
3. Permitir que todo el precipitado se deposite en el fondo. Si se agita la botella demasiado fuerte antes de que se deposite el precipitado, se debe esperar 10 minutos o más para que la sedimentación tenga lugar.
4. Anotar con exactitud. Si el kit indica un número de gotas, debe haber dos personas contando para asegurar la exactitud. Si el kit indica una lectura del titulador hay que asegurarse, leyendo las instrucciones que vienen en el kit, de que se realiza la lectura con exactitud.
5. Si se está analizando agua salada asegurarse de hacer referencia a la tabla HI-OD-3 para determinar la cantidad máxima de oxígeno que las aguas con la misma salinidad que la que se está analizando pueden tener. Las aguas saladas pueden tener menos oxígeno, cuando están completamente saturadas, que las aguas dulces.

La segunda razón por la que los valores obtenidos en la medida no son los mismos que los valores calculados es porque puede haber algo mal en los reactivos del kit utilizado. En ese caso, se necesitará adquirir nuevos reactivos.



Protocolo de Oxígeno Disuelto (Kit de Análisis)

Guía de Campo

Actividad

Medir el Oxígeno Disuelto en la muestra de agua utilizando un kit de análisis.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Agua destilada
- Guantes de látex
- Botella con tapón para los reactivos usados.
- Gafas de seguridad
- Lápiz o bolígrafo
- kit de Oxígeno Disuelto

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.
2. Ponerse los guantes y las gafas de seguridad.
3. Enjuagar la botella y las manos con agua de la muestra, tres veces.
4. Poner el tapón en la botella vacía.
5. Sumergir la botella en agua de la muestra.
6. Quitar la tapa y dejar que la botella se llene de agua. Mover o golpear suavemente la botella para eliminar las burbujas de aire.
7. Poner el tapón a la botella mientras está dentro del agua.
8. Sacar la botella del agua. Moverla de arriba abajo para examinar si tiene burbujas. Si hay burbujas tirar la muestra y tomar otra nueva.
9. Seguir las instrucciones del kit de Oxígeno Disuelto, que se está usando, para analizar la muestra de agua.
10. Anotar el Oxígeno Disuelto de la muestra de agua en la *Hoja de Datos* como *Observador 1*.
11. Dos personas más deben repetir la medida usando una muestra nueva de agua cada vez.
12. Anotar los datos en la *Hoja de Datos* como *Observadores 2 y 3*.
13. Calcular la media de las tres medidas.
14. Cada una de las tres medidas puede desviarse 1 mg/l de la media. Si una de ellas no está en ese rango, hacer la media sólo de las otras dos medidas. Si ambas medidas están dentro del rango (1 mg/l) de la nueva media, anotar esa media
15. Tirar todos los reactivos al contenedor específico de basura. Limpiar el kit con agua destilada.

Protocolo de Oxígeno Disuelto

(Sonda)

Guía de Campo

Actividad

Medir el oxígeno disuelto de la muestra de agua utilizando una sonda de OD.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Sonda de Oxígeno Disuelto
- Solución de Oxígeno Cero (si es aplicable al modelo)
- Botella de 250 ml de polietileno con tapa
- Guantes de látex
- Agua destilada
- Tablas de corrección de salinidad (si son necesarias)
- Barómetro
- Bolígrafo o lápiz

En el Laboratorio o en el Campo

Calibración (Realizada dentro de las 24 horas previas a la medición)

1. Seguir las instrucciones del manual de la sonda para proceder a su encendido y puesta en funcionamiento.
2. Usar el barómetro para medir la presión atmosférica del sitio. Si no se dispone de barómetro usar la altitud para calcular la presión atmosférica en el sitio de estudio.
3. Seguir las instrucciones del manual de la sonda para introducir la información de calibración.
4. Seguir el manual de instrucciones para medir el primer punto de calibración (punto de oxígeno cero).
5. Enjuagar la sonda con agua destilada y secarla sin tocar la membrana.
6. Seguir las instrucciones del manual para medir el segundo punto de calibración (100% oxígeno).

En el Campo

1. Seguir las instrucciones del manual de la sonda para proceder a su encendido y puesta en funcionamiento.
2. Introducir el extremo de la sonda dentro del cuerpo de agua que se está analizando y moverlo suavemente adelante y atrás. Si se está midiendo un arroyo o un río y el agua mueve la sonda, se puede colgar simplemente en ese lugar.
3. Cuando la lectura se haya estabilizado, anotar el oxígeno disuelto del cuerpo de agua en la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología* como *Observador 1*
4. Repetir la lectura dos veces más y anotar el valor de OD en *Observador 2 y 3*.
5. Comprobar que las tres lecturas están dentro del rango de 0,2 mg/l unas de otras. Si no es así continuar tomando lecturas hasta que las últimas tres difieran 0,2 mg/l unas de otras.
6. Aplicar la corrección de salinidad (si hace falta).
7. Calcular la media de las tres medidas (ajustada si se aplicó la corrección de salinidad).
8. Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo. Tapar el electrodo para proteger la membrana y apagar el medidor.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Por qué se deben hacer las mediciones a la misma hora del día?

La cantidad de oxígeno disuelto puede cambiar durante el día según el agua comienza a calentarse. Mucha luz penetra en el agua favoreciendo que se produzca más fotosíntesis. Esto también puede incrementar la cantidad de OD. Por esta razón es importante hacer las mediciones de Hidrología a la misma hora del día cada semana.

2. ¿Qué puede producir un cambio de los niveles de OD a lo largo de un año?

Además de las diferencias estacionales de la temperatura, cambios estacionales en el flujo de la corriente de agua, cambios en la transparencia o cambios en la productividad (cantidad de crecimiento de plantas y animales en el agua) causarán cambios en el oxígeno disuelto.

3. ¿Por qué la concentración de sal afecta a la saturación de oxígeno?



Cuando el contenido de sal aumenta en el agua, son menos las moléculas de oxígeno que pueden ser disueltas. Por eso cuando la salinidad aumenta, la saturación de OD disminuye en una muestra de agua bajo las mismas condiciones de temperatura y presión.

4. ¿Qué es el OD saturado?

OD Saturado es la máxima cantidad de oxígeno que el agua puede tener a una determinada presión, temperatura y salinidad. Cuando se calibra la sonda de OD, el punto de 100% de saturación es el oxígeno disuelto saturado.

5. ¿Por qué es necesario medir la salinidad cada vez?

En áreas áridas y semiáridas, los niveles de salinidad o conductividad varían dependiendo de si es una estación seca o lluviosa. En los estuarios, la salinidad puede variar dependiendo del tiempo de la marea o incluso de años secos o húmedos.

Protocolo de Oxígeno Disuelto – Interpretando los Datos

¿Son razonables los datos?

La cantidad de oxígeno disuelto que se mide depende del sitio de Hidrología. El Oxígeno Disuelto es incorporado al agua a través de la aireación (corrientes de agua o salpicaduras), difusión y por fotosíntesis de las plantas acuáticas. Es usado por la respiración. La máxima cantidad de oxígeno que el agua a estudio puede contener (solución saturada) depende de la altitud (presión atmosférica) en el sitio de estudio, de la temperatura del agua y de la salinidad de la muestra. El oxígeno disuelto en aguas naturales puede variar desde 0,0 mg/l hasta alrededor de 16,0 mg/l. El agua destilada a 0,0 °C tiene una solubilidad de 14,6 mg/l a nivel del mar. Aguas cálidas y tranquilas deberían tener niveles de entre 4 y 5 mg/l. Aguas frías y en movimiento deberían tener niveles entre 13 y 14 mg/l. Niveles más altos son posibles debido a la fotosíntesis de las plantas y niveles más bajos se deben a la respiración.

Teniendo en cuenta que los niveles de OD dependen de la temperatura del agua, así como de otras variables tales como la fotosíntesis y la respiración en el agua, es útil buscar las tendencias estacionales, haciendo un gráfico de los datos de temperatura del agua y del oxígeno disuelto a lo largo de un año. También es interesante buscar similitudes en los patrones estacionales. Los datos de oxígeno disuelto deberían ser tomados a la misma hora del día cada semana teniendo en cuenta que los niveles de oxígeno en un lugar cambiarán a lo largo del día según se calienta el agua y se incrementa la fotosíntesis durante la tarde. La toma de datos a diferentes horas del día hace mucho más difícil de interpretar los patrones estacionales. Además encontrar patrones estacionales haciendo gráficas con los datos ayudará a analizar otros errores potenciales, tales como, puntos decimales mal puestos.

En la Figura HI-DO-1 el oxígeno disuelto de 3,0 del 7 de febrero de 1999 es extremadamente bajo. No es un valor normal para este cuerpo de agua ni para esa época del año. Los valores que se esperaría observar estarían en torno a 11-13 mg/l. Si se encuentran valores como ese, contactar con el centro escolar y pedirles que vuelvan a revisar su *Hoja de Datos* y asegurarse de que este es el valor que figura en la hoja.

Posteriormente se deben tomar unas cuantas muestras, sabiendo aproximadamente cuales serían los valores razonables. Si se obtiene una medida inesperada (más alta o más baja de lo que cabría esperar para esa temperatura y para los valores de las semanas anteriores), repetirla con una nueva muestra de agua y limpiar los botes de muestra. Si se obtiene el mismo resultado escribir un comentario en el apartado de metadatos diciendo que se es consciente de lo inusual de los valores de esos datos, y que son realmente correctos.

¿Qué podemos buscar en los datos?

Muchos organismos no podrán subsistir a niveles de OD menores de 3,0 mg/l, e incluso algunos muy sensibles no sobreviven a niveles de oxígeno menores de 7,5 mg/l. Niveles de oxígeno muy bajos (por ejemplo, menores de 5 mg/l) son preocupantes. El exceso de nutrientes (por ejemplo: fertilizantes, aguas residuales ricas en materia orgánica) vertidos al cuerpo de agua pueden provocar un crecimiento excesivo de la vegetación y de las algas, resultando en un incremento de la descomposición de materia orgánica en el agua. Las bacterias que descomponen la materia orgánica respiran y usan el oxígeno.

Además si observamos la cantidad de OD en el agua, puede resultar interesante compararla con un valor calculado de saturación. Esto puede darnos información sobre la productividad del cuerpo de agua. En un cuerpo de agua productivo las plantas producirán oxígeno a través de la fotosíntesis. Los valores de oxígeno disuelto variarán a lo largo del día, con un valor máximo que tendrá lugar al principio de la tarde y unos niveles mínimos a lo largo de la noche (cuando la respiración no es compensada por la fotosíntesis). A determinadas horas del día, (normalmente al principio de la tarde), algunos cuerpos de agua pueden realmente tener una medida de oxígeno disuelto sobre el nivel de saturación, indicando que se está produciendo más oxígeno por fotosíntesis de la que se está consumiendo por respiración. Los cuerpos de agua que son muy turbios tienen baja penetración de la luz y baja productividad, caracterizándose por tener bajos niveles de OD.

La página de visualizaciones de GLOBE en la Web muestra valores de oxígeno disuelto saturado para el sitio de estudio que se pueden comparar gráficamente con las medidas reales.

Un Ejemplo de Investigación de los Estudiante

Formulando una Hipótesis

Una estudiante interesada en el oxígeno disuelto, observa la gráfica de fechas de la Reynolds Jr Sr High School, en el sitio SWS-02, llamado “Covered Bridge” (puente cubierto) (Figura HI-DO-2). Se da cuenta de que los valores de OD de finales de diciembre del 2000 hasta enero de 2001 eran mucho más bajos que los valores del invierno anterior. Durante ese periodo de tiempo el rango de los valores iba de 7 a 10 mg/l, para aproximadamente un mes. Durante los tres inviernos anteriores sistemáticamente el rango de los valores iba desde 11 a 15 mg/l. Los valores bajos son similares a aquellos encontrados durante periodos más cálidos.

Conociendo que los niveles de oxígeno disuelto saturado están normalmente relacionados con la temperatura, ella formuló la hipótesis de que la temperatura del agua durante ese periodo de tiempo fue más alta de lo habitual y que el agua más cálida es la razón de los bajos valores de oxígeno disuelto.

Contactó con el centro escolar y supo que el cuerpo de agua es el Río Shenango.

Recogida y Análisis de Datos

Comenzó por dibujar los valores medios mensuales de OD y Temperatura. Ver Figura HI-DO-3.

El inusual bajo nivel de OD de Enero de 2001 es incluso más evidente cuando se miran las medias mensuales. Sin embargo, no parece corresponder con un incremento de la temperatura del agua, la cual está en torno a los 3° C.

Si la temperatura es normal, entonces los valores de oxígeno disuelto saturado deberían ser altos también. Esto significaría que el *déficit de oxígeno disuelto*, que es la diferencia entre los valores de OD saturado y los observados es inusualmente alto por alguna razón.

La página de visualizaciones GLOBE calculará las medias mensuales para la temperatura del agua OD medido, pero no para OD saturado, así que la estudiante decide calcular las medias mensuales para OD saturado, por ella misma. Primero elabora un gráfico con el OD y el OD saturado y las

Tabla HI-OD-3

	Temperatura Agua grados (°C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	OD saturado (mg/l)	OD usado (mg/l)
Fecha				
1/2/1998	5	11,2	12,8	1,6
1/10/1998	5,5	10,5	12,6	2,1
1/17/1998	2	12,1	13,8	1,7
1/24/1998	1,5	12,6	14	1,4
1/31/1998	2	11,7	13,8	2,1
Media	3,2	11,6	13,4	1,8
Fecha				
1/9/1999	0	12,3	14,6	2,3
1/16/1999	0	12,3	14,6	2,3
1/23/1999	1	10,8	14,2	3,4
1/30/1999	0,5	11,6	14,4	2,8
Media	0,4	11,8	14,5	2,7
Fecha				
1/6/2000	3	13,6	13,5	-0,1
1/13/2000	1,2	13	14,1	1,1
1/20/2000	0	13	14,6	1,6
1/27/2000	0	13,3	14,6	1,3
Media	1,1	13,2	14,2	1,0
Fecha				
1/5/2001	6	9,8	12,4	2,6
1/12/2001	1	9,8	14,2	4,4
1/19/2001	2	8,5	13,8	5,3
1/26/2001	1	7,4	14,2	6,8
Media	2,5	8,9	13,7	4,8

temperaturas, y después crea una tabla de datos, incorporando esta información a una hoja de cálculo.

A partir de todos los valores de enero de cada uno de los años (Tabla HI-DO-3), calcula el déficit de oxígeno disuelto (OD saturado – OD medido) y la media de cada año para ese periodo.

La media de oxígeno disuelto en 2001 fue 8,9 mg/l. De 1998 a 2000, fue 11,6; 11,8 y 13,2; respectivamente.

Sin embargo la temperatura del agua estuvo en torno a la misma para los cuatro años: 3,2°; 0,4°; 1,1° y 2,5° C. La temperatura fue realmente más cálida en enero de 1998 que en 2001, y la medida de OD fue mayor. Por lo tanto, el descenso en oxígeno disuelto no parece estar relacionado con la temperatura.

La media del déficit de OD está en un rango de 1,0 a 2,7 mg/l los tres primeros años, y fue de 4,8 en 2001. El déficit de OD es casi el doble de alto en enero de 2001 de lo que fue en el siguiente año más alto (enero 1999) cuyo valor fue de 2,7.

Concluye que: *Los valores del oxígeno disuelto medidos son menores en Enero del 2001 que en los meses de enero de 1998 al 2000. Los valores de temperatura del agua y de oxígeno disuelto saturado están en torno al mismo, así que el descenso en OD no está relacionado con un cambio en la temperatura del agua.*

Por lo tanto su hipótesis, de que el agua caliente puede ser la causa de valores de OD más bajos, fue descartada. Todo va dirigido a rebatir la hipótesis. Los científicos hacen esto constantemente. A menudo, encontrando que la hipótesis inicial no es correcta, se puede descubrir la alternativa que lleva a un mejor entendimiento del problema en cuestión.

Investigaciones Posteriores

No hay nada en estos datos que sugiera POR QUÉ el oxígeno disuelto es mucho más bajo en el invierno del 2001 que durante los 3 años anteriores. La estudiante observa que el invierno 2000-2001 parece más largo en duración que los otros inviernos pero no sabe cómo puede afectar esto a los niveles de OD. También observa que los datos de OD en el verano del 2000 aparecen más variables que en años anteriores. Quizá algo más ha cambiado en el río causando una mayor demanda de OD. Una razón podría ser que más bacterias, asociadas con la descomposición de materia orgánica de aguas residuales, puedan estar presentes en el agua. Algún estudiante podría investigar si ha habido cambios externos en la cuenca.

Figura HI-OD-1

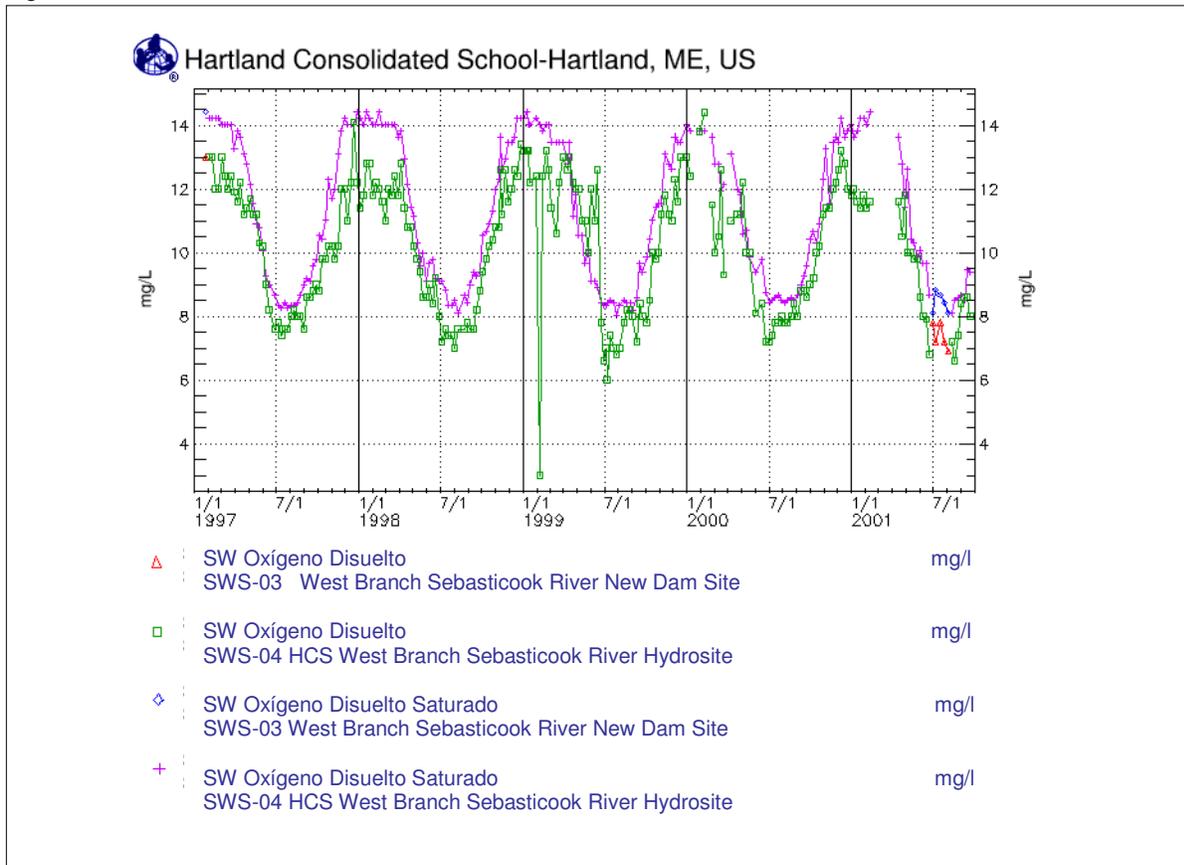


Figura HI-OD-2

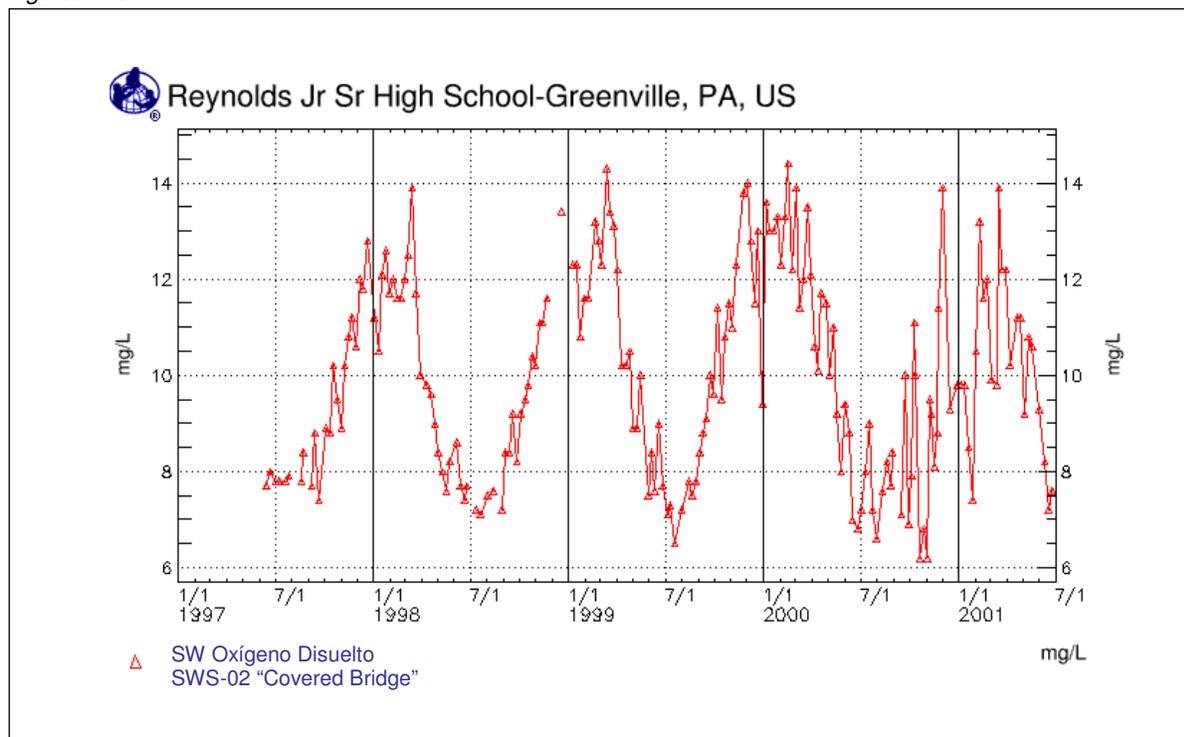
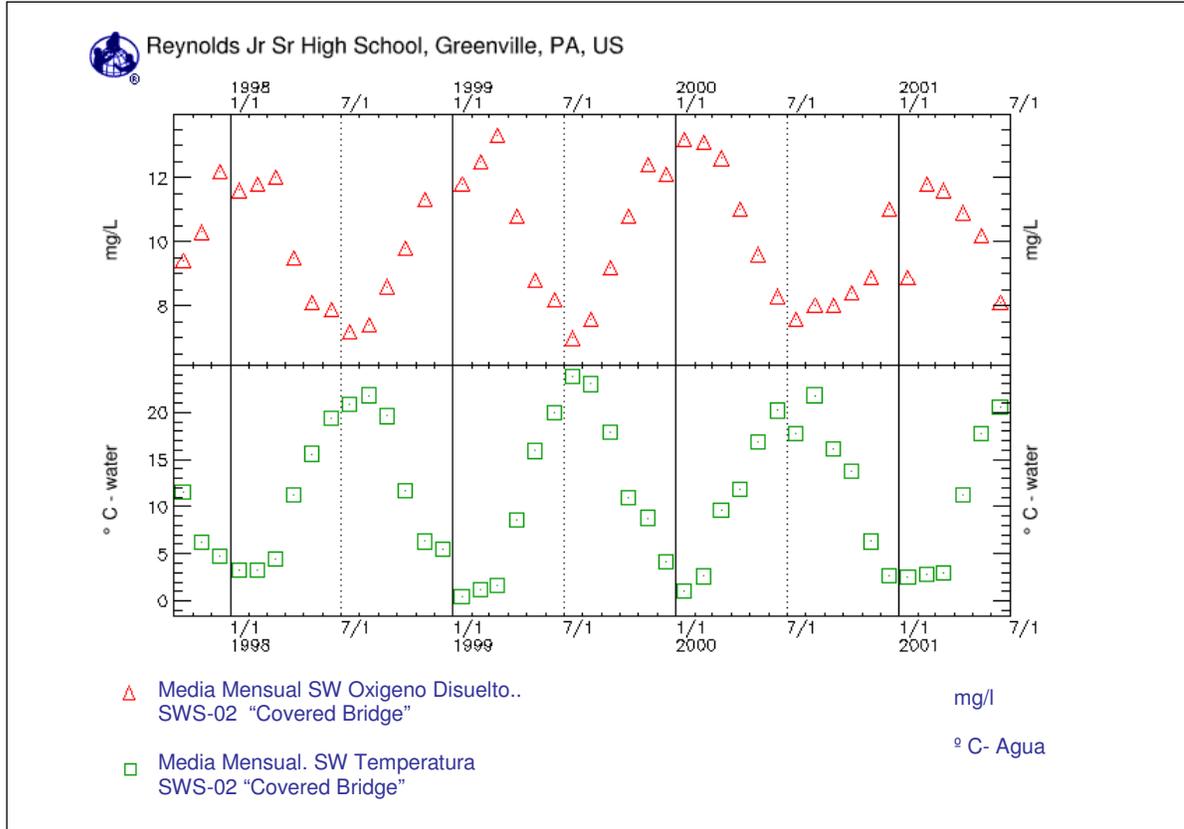


Figura HI-OD-3



Protocolo de Conductividad Eléctrica



Objetivo General.

Medir la conductividad del agua en un Sitio de Hidrología de agua dulce.

Visión General

Los estudiantes medirán indirectamente la conductividad eléctrica utilizando un conductímetro.

Los estudiantes estimarán el total de sólidos disueltos a partir de las medidas de la conductividad eléctrica.

Objetivos Didácticos

Los estudiantes aprenderán a:

- Usar un conductímetro.
- Examinar las razones para los cambios en la conductividad eléctrica de un cuerpo de agua.
- Compartir los resultados de proyectos con otros centros GLOBE.
- Usar la tecnología en clase.
- Colaborar con otros centros GLOBE (del país o de otros países)
- Compartir las observaciones presentando los datos en el archivo de GLOBE.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio.

Los materiales terrestres son rocas sólidas, suelos, agua y atmósfera.

El agua es un disolvente.

Cada elemento se mueve entre los diferentes reservorios (biósfera, litósfera, atmósfera e hidrósfera)

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

Los organismos sólo pueden sobrevivir en entornos donde sus necesidades puedan ser satisfechas.

La Tierra tiene distintos entornos que mantienen diferentes combinaciones de organismos.

Los humanos pueden cambiar el ambiente natural.

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

Habilidades de Investigación Científica

Utilizar un conductímetro para medir la conductividad del agua.

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar apropiadamente las matemáticas para analizar datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones basándose en pruebas.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

10 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Semanalmente

Materiales y herramientas

Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología.

Guía de Campo del Protocolo de Conductividad Eléctrica.

Conductímetro.

Termómetro.

Frasco lavador con agua destilada.

Pañuelo de papel suave.

Dos vasos de precipitado de 100 ml.

Guantes de látex.

Botella de agua de plástico de 600-700 ml.

Para la Calibración, además:

-Solución estándar.

-Destornillador pequeño (por si acaso).

-Guía de Laboratorio del Protocolo de Calibración de Conductividad Eléctrica.

Preparación

Actividades de aprendizaje sugeridas:

Practicando tus Protocolos: Conductividad Eléctrica.

Detectives del Agua (guía electrónica solamente)

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolo de Conductividad Eléctrica – Introducción

¿Ha dejado alguna vez evaporar agua de un plato?
¿Qué quedó después de que el agua se evaporara?

El agua dulce tiene impurezas naturales, incluyendo sales o minerales disueltos en el agua que no siempre se pueden ver u oler. Como el agua está en contacto con las rocas y el suelo, algunos minerales se disuelven en él. Otras impurezas pueden llegar al cuerpo de agua por la escorrentía o por el vertido de aguas residuales.

Si el agua contiene altas cantidades de sales disueltas, puede ser nocivo usarlo para el riego de cultivos.

Llamamos total de sólidos disueltos (TSD) a la cantidad de impurezas en el agua (minerales y sales). Se mide el TSD en partes por millón (ppm). Esto nos dice cuantas unidades de impurezas hay por un millón de unidades de agua de masa. Para el agua de uso doméstico es preferible que el TSD sea menor de 500 ppm, aunque agua con mayor contenido de TSD puede ser también apta para el consumo. El agua usada para agricultura debe tener por debajo de 1200 ppm, así los cultivos sensibles no son dañados. La industria, especialmente de electrónica, requiere agua libre de impurezas.

Usamos una medida indirecta para calcular el TSD del agua. Una forma de medir las impurezas del agua es averiguar si conduce la electricidad. El agua pura es un mal conductor de la electricidad. Cuando ciertos sólidos, sales normalmente, están disueltas en el agua, se disociación y forman iones. Los iones tienen carga eléctrica (positiva o negativa). La existencia de muchos iones en el agua da como resultado una mejor conducción de la electricidad. El conductímetro mide cuánta electricidad es conducida en un centímetro de agua. Si observa la sonda que hay en el extremo inferior del conductímetro, verá que tiene dos electrodos separados 1 cm. La conductividad se mide en microSiemens por cm ($\mu\text{S/cm}$). Es la misma unidad que un micromho. Para convertir la conductividad eléctrica de una muestra de agua, dada en $\mu\text{S/cm}$, en la concentración aproximada del total de sólidos disueltos en ppm, hay que multiplicar la conductividad ($\mu\text{S/cm}$) por un factor de conversión.

composición de los sólidos disueltos y puede realmente estar entre 0,54 y 0,96. Por ejemplo el azúcar no afecta a la conductividad porque no forma iones cuando se disuelve. El valor 0,67 es comúnmente utilizado como una aproximación.

$$\text{TSD (ppm)} = \text{Conductividad } (\mu\text{S/cm}) \times 0,67$$

Es mejor usar un factor de conversión que haya sido determinado para el cuerpo de agua que estamos analizando, en lugar de la aproximación, ya que las impurezas entre cuerpos de agua pueden variar muchísimo. Agua para beber con una conductividad de 750 $\mu\text{S/cm}$ tendrá una concentración aproximada de sólidos disueltos de 500 ppm. La nieve alpina pura de áreas remotas tiene una conductividad de entre 5 – 30 $\mu\text{S/cm}$

Tabla HI-EC-1: Conversión Estimada de la Conductividad ($\mu\text{S/cm}$) a Total de Sólidos Disueltos (ppm) aplicando el factor de conversión medio de 0,67

Conductividad (μScm)	TSD (ppm)	Conductividad ($\mu\text{ S/cm}$)	TSD (ppm)
0	0	1050	704
50	34	1100	737
100	67	1150	771
150	101	1200	804
200	134	1250	838
250	168	1300	871
300	201	1350	905
350	235	1400	938
400	268	1450	972
450	302	1500	1005
500	335	1550	1039
550	369	1600	1072
600	402	1650	1106
650	436	1700	1139
700	469	1750	1173
750	503	1800	1206
800	536	1850	1240
850	570	1900	1273
900	603	1950	1307
950	637	2000	1340
1000	670	>2000	>1340

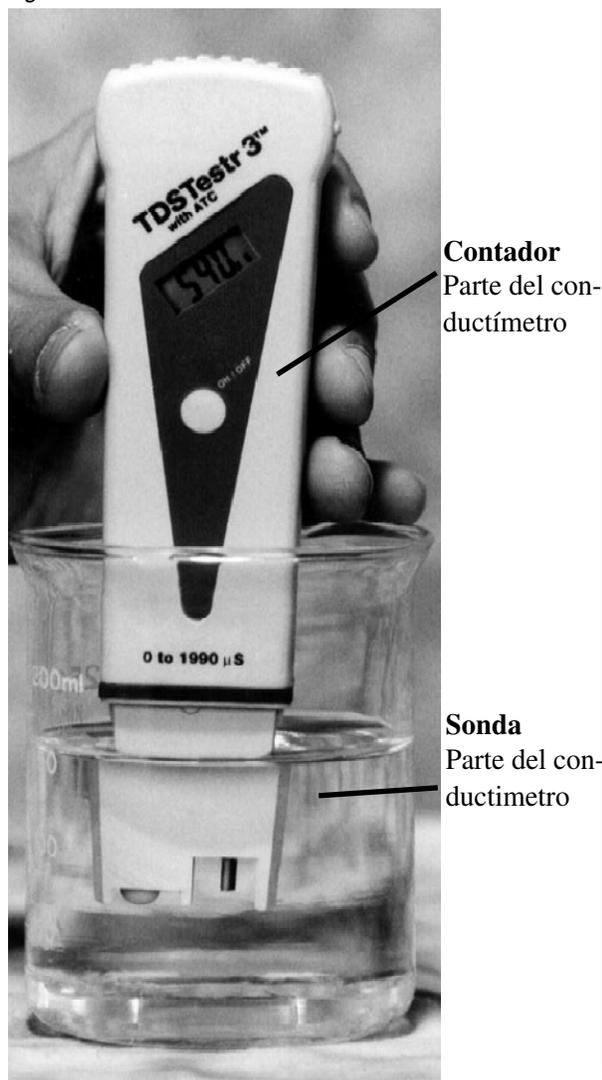
El factor de conversión depende de la

Apoyo al Profesorado

Procedimiento de Medición

Hay varios fabricantes y modelos de conductímetros. Algunos modelos pueden medir la conductividad en intervalos de $10\mu\text{S}/\text{cm}$; otros en intervalos de $1,0\mu\text{S}/\text{cm}$. Si el modelo que se utiliza mide en intervalos de $10\mu\text{S}/\text{cm}$, habrá que calibrarlo tan rigurosamente como se pueda con la solución estándar. La exactitud y la precisión nunca serán mejor de $\pm 10\mu\text{S}/\text{cm}$. Los conductímetros necesitan ser calibrados antes de analizar la muestra de agua. La calibración se puede hacer en clase, un poco antes de ir a hacer la medición, o en el propio sitio de estudio de hidrología.

Figura HI-EC-1: Usando el Conductímetro



Para medir la conductividad eléctrica, habrá que tener en cuenta referencias sobre el uso de sondas de conductividad u otros medidores. Para clarificar, las sondas son instrumentos que miden el voltaje o la resistencia en una muestra de agua. Los conductímetros son instrumentos que transforman medidas eléctricas (voltaje o resistencia) en concentraciones. Para medir la conductividad eléctrica (u otros tipos de medidas), son necesarios ambos, el contador y la sonda. En ocasiones ambos son el mismo instrumento y no se pueden separar. Otros instrumentos tienen separada la sonda y es necesario conectarla al contador para obtener las medidas del agua.

Algunos conductímetros pueden indicar que tienen compensación automática de temperatura (ATC en inglés). El equipo de Hidrología de GLOBE ha comprobado que la compensación de temperatura de los conductímetros no es fiable, por esa razón todas las muestras de agua deberían llevarse a una sala con una temperatura entre 20°C y 30°C para analizarla, incluso aunque el fabricante indique que tienen compensación de temperatura. Es muy importante saber la temperatura del agua cuando medimos la conductividad. La temperatura de la solución cuando se mide la conductividad ayudará a identificar errores procedentes del aparato en lugar de cambios reales en el total de sólidos disueltos.

Si el agua del sitio de Hidrología no está entre 20°C - 30°C , será necesario, o bien dejar que el agua de la muestra alcance esa temperatura en el cubo de muestreo, o separarla en recipientes mientras los estudiantes toman otras medidas en el Sitio de Hidrología, o recoger la muestra en una botella de agua y llevarla a clase. Después de que el agua alcance 20°C - 30°C , los estudiantes pueden medir la conductividad.

NUNCA sumerja el conductímetro totalmente en el agua, sólo la parte que se indica en las instrucciones .

La mayoría de los conductímetros no pueden medir la alta conductividad característica de las aguas saladas. Si el sitio de estudio de hidrología es en agua salada, necesitará seguir el *Protocolo de Salinidad*.

Proceso de Control de Calidad

Los conductímetros se deben calibrar antes de su uso. Averiguar si el conductímetro almacena la última calibración. Si es así, se puede calibrar en clase o en el laboratorio antes de ir al sitio de Hidrología. Si no almacena la última calibración es necesario calibrarlo en el sitio de estudio antes de tomar las medidas, teniendo cuidado de no apagar el conductímetro ni ningún software asociado. La temperatura de la solución estándar debería ser alrededor de 25° C.

Protocolos de Apoyo

Temperatura del Agua: Es muy importante medir la temperatura del agua en el sitio de hidrología siguiendo el *Protocolo de Temperatura del Agua*. Si la temperatura en el sitio de estudio no está entre los 20°C - 30° C, es importante dejar que la muestra de agua alcance esa temperatura.

Caracterización de Suelos y Cobertura Terrestre: Los datos de caracterización de suelos y de cobertura terrestre dan información del posible origen de los materiales disueltos en el agua.

Atmósfera: Los datos de Atmósfera, especialmente precipitación, pueden también afectar a la concentración total de sólidos disueltos en el agua.

Actividades de Apoyo.

Una sesión de trabajo que permita conocer los buenos y malos conductores de la electricidad puede ayudar a los estudiantes a entender mejor las mediciones. Para ilustrar el funcionamiento de un conductímetro los estudiantes pueden medir la conductividad del agua en una muestra de agua destilada. La lectura estará próxima al cero. Disolver una pequeña cantidad de sal en el agua y observar cómo aumenta el valor. ¿Qué ocurre cuando añadimos azúcar?

Para los estudiantes puede ser interesante también un debate sobre las medidas indirectas. Algunas cosas es difícil medirlas directamente. Por ejemplo, dedicaríamos mucho tiempo contando los dedos de todas las personas de la escuela. Pero podemos calcular el número de dedos indirectamente, contando los estudiantes y multiplicando por 10. ¿En qué otras medidas indirectas pueden pensar los estudiantes?

Medidas de Seguridad

Los estudiantes deben usar guantes cuando manejen agua que pueda contener sustancias potencialmente perjudiciales como bacterias o residuos industriales.

Consejos Útiles

Es buena idea tener a mano pilas de reserva para el conductímetro. Muchos utilizan pilas de botón. En las especificaciones del aparato suele indicarlo el fabricante.

Mantenimiento de los Instrumentos

Conductímetro

1. Debe guardarse con la tapa puesta, nunca guardarlo en agua destilada.
2. Los electrodos deben enjuagarse bien con agua destilada después de usarlos para evitar la acumulación de depósitos minerales.
3. Los electrodos deberán limpiarse periódicamente con alcohol.

Solución Estándar.

1. La solución estándar debe guardarse en un recipiente fuertemente tapado y en el frigorífico, sellándolo con cinta adhesiva se evitará evaporación.
2. Escribir, en la botella, la fecha en la que la solución estándar fue comprada. La solución estándar debe descartarse después de un año.
3. Nunca echar en la botella la solución utilizada.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Después de unas fuertes lluvias, aumentará o disminuirá el valor de la conductividad del agua?
¿Por qué?

¿Esperaría que la conductividad fuera mayor en un arroyo de alta montaña que recoge las aguas del deshielo o en un lago de zonas de baja elevación?

¿Por qué crees que el agua con alto nivel de TSD es perjudicial para las plantas?

Protocolo de Calibración de Conductividad Eléctrica

Guía de Laboratorio

Actividad

Calibrar el kit de análisis de conductividad eléctrica.

Qué se Necesita

- Conductímetro
- Solución estándar
- Termómetro
- Frasco lavador con agua destilada
- Pañuelo de tejido suave.
- Dos vasos de precipitación de 100 ml o dos vasos de plástico
- Guantes de látex
- Destornillador de precisión

En el Laboratorio

1. Tener la solución estándar a temperatura ambiente (alrededor de 25° C).
2. Verter la solución estándar en cada uno de los vasos de precipitación de 100 ml. (o vasos), aproximadamente 2 cm de altura.
3. Quitar la tapa del conductímetro y encenderlo presionando el botón On/Off .
4. Enjuagar el electrodo, que está en la parte inferior del aparato, con el agua destilada.
5. Secar suavemente con un pañuelo de papel. **Nota:** No frotar ni golpear el electrodo cuando se seca.
6. Poner la parte del sensor dentro del primer vaso de precipitado con la solución estándar. Remover suavemente durante 2 segundos para quitar los restos de agua destilada.
7. Sacar el conductímetro del primer vaso. No enjuagarlo con agua destilada.
8. Meterlo en el segundo vaso.
9. Remover suavemente y esperar a que dejen de cambiar los números de la pantalla.
10. Si la pantalla no lee el valor de la solución estándar hay que ajustar el instrumento para que lea ese dato. (Para la mayoría de los conductímetros es necesario un destornillador de precisión para ajustar el tornillo de calibración del aparato hasta que en la pantalla aparezca la lectura del valor de la solución estándar).
11. Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo con papel secante suave. Apagarlo y poner la tapa para proteger el electrodo.
12. Echar la solución estándar de los vasos de precipitación a un contenedor para residuos. Enjuagar y secar los vasos.

Protocolo de Conductividad Eléctrica

Guía de Campo

Actividad

Medir la conductividad eléctrica de la muestra de agua.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Conductímetro
- Termómetro
- Frasco lavador con agua destilada
- Toallas de papel o de tejido suave
- 2 vasos de precipitación de 100-ml
- Guantes de látex
- Una botella de plástico limpia de 600 - 700 ml con tapón (para la muestra de agua)

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.
2. Ponerse los guantes de látex.
3. Anotar la temperatura del agua que se va a analizar. Si el agua está entre 20°C- 30° C, ir al punto 5.
4. Si el agua está por debajo de 20° C o por encima de 30°C llenar una botella de muestreo limpia, de 600-700 ml, con el agua que se va a analizar, taponarla y llevarla a clase. Dejar que el agua alcance los 20°C-30°C, anotar la temperatura y después seguir en el punto 5.
5. Enjuagar los dos vasos de precipitación, de 100 ml, dos veces, con agua de la muestra.
6. Echar unos 50 ml del agua de la muestra en los vasos de precipitación.
7. Quitar la tapa de la sonda del conductímetro. Presionar el botón de encendido poniéndolo en ON.
8. Enjuagar la sonda con agua destilada. Secarla con la toallitas de papel. No frotar ni golpear el electrodo mientras se seca.
9. Poner la sonda dentro de la muestra de agua en el primer vaso de precipitación, remover suavemente durante unos segundos. No dejar que el aparato se apoye en el fondo del vaso ni toque los lados.
10. Sacar la sonda del primer vaso, sacudir suavemente para eliminar el exceso de agua e introducirla en el segundo vaso SIN enjuagar con agua destilada.
11. Dejar la sonda sumergida al menos un minuto. Cuando los números de la pantalla dejen de cambiar anotar el valor en la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología como Observador 1*.
12. Debe haber otros dos estudiantes repitiendo las medidas, usando vasos de precipitación limpios cada vez. El conductímetro no necesita ser calibrado por cada estudiante. Anotar esas medidas como *Observador 2 y 3*.
13. Calcular la media de las tres observaciones.
14. Cada una de las observaciones no deberá diferenciarse de la media en más de 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si uno o más de los valores no están en ese rango, habrá que poner muestra nueva en los vasos y hacer las medidas para calcular la media. Si las observaciones siguen fuera del rango comentarlo con el profesor.
15. Enjuagar la sonda con agua destilada y secarla con cuidado, ponerle la tapa. Enjuagar y secar los vasos y la botella de la muestra.



Preguntas Frecuentes.

1. ¿Por qué la lectura de mi conductividad cambia lentamente?

Si su conductímetro no está equilibrado con la temperatura de la muestra, la lectura se moverá lentamente hasta que la temperatura de ambos se iguale. También si la temperatura de la muestra es muy diferente de la temperatura del aire circundante, la lectura de la conductividad puede ir muy lenta hasta que la muestra se enfríe o caliente, para equilibrarse con la temperatura del aire.

2. ¿Qué ocurre si mi agua es muy salada o salobre?

La mayoría de los conductímetros miden hasta 1990,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si el agua a estudiar tiene una conductividad más alta que esta, el conductímetro no dará ninguna lectura. Debería usar el *Protocolo de Salinidad* para medir los sólidos disueltos en el agua.

3. ¿El conductímetro puede dar una descarga eléctrica?

No, sin embargo, no se debería tocar el electrodo para evitar contaminarlo. El aparato debe ser manejado con mucho cuidado, si se cae dentro del agua puede estropearse.

Protocolo de Conductividad Eléctrica

Interpretando los Datos.

¿Son razonables los datos?

Los analizadores de la conductividad miden valores de conductividad de 0 a 1990,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En las aguas con valores de conductividad mayores de 1990,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para analizar el total de sólidos disueltos, se debe utilizar el *Protocolo de Salinidad*. Como norma general para el agua dulce, la conductividad se incrementa cuanto más lejos está el sitio de muestreo de la fuente de agua. La mayoría de los medidores de conductividad varían en unidades de 10,0 y tienen un rango de error de $\pm 40,0 \mu\text{S}/\text{cm}$.

La conductividad puede variar significativamente con el tipo de cuerpo de agua y el sitio de estudio. Es, por lo tanto, importante mirar la conductividad del sitio de estudio continuamente y hacer gráficas con los datos, examinándolos para ver las tendencias de ascenso o descenso. Ponga mucha atención a los valores que puedan ser cuestionables. Revise los metadatos o los datos de otros protocolos, tales como la precipitación, para saber si los valores pueden ser explicados por otros factores ambientales.

¿Qué buscan los científicos en esos datos?

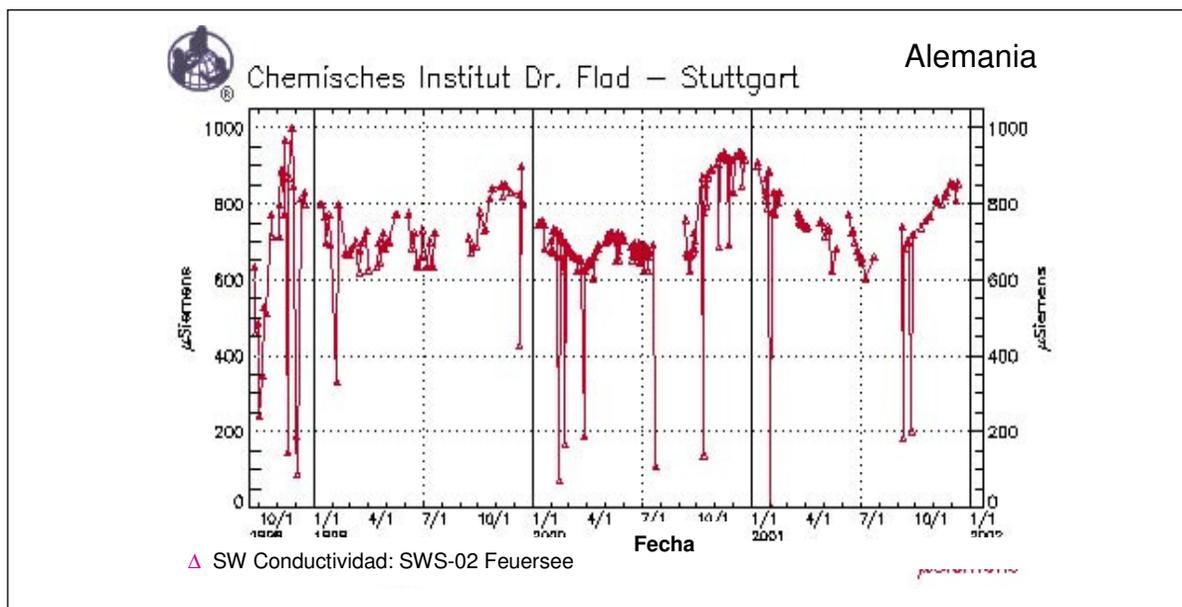
Los científicos utilizan los datos de conductividad como una medida de la calidad del agua. Altos valores pueden significar que el agua sabe mal o que es demasiado salada para regar los cultivos. La mayoría de los informes de calidad del agua utilizan la conductividad, o las medidas de TSD, para mostrar que su agua potable está dentro de los límites establecidos localmente. Los científicos buscan también tendencias en los datos de conductividad. A menudo se observan comportamientos estacionales en los cuerpos de agua que reciben parte de su agua directamente del deshielo en primavera, los que están afectados por la cobertura terrestre o los que están situados en áreas con marcada estación lluviosa. Los científicos pueden usar los datos estacionales que obtienen para predecir cuestiones de calidad del agua para los próximos años.

Ejemplo de un Proyecto de Investigación de los Estudiantes.

Formulando una Hipótesis

Una estudiante investigadora quiere estudiar la conductividad. Formula una hipótesis acerca de que las fluctuaciones anuales o estacionales en los datos de conductividad, deberían ser evidentes en las mediciones de GLOBE.

Figura HI-CE-2



Recogida y Análisis de Datos.

Empieza por analizar la base de datos de GLOBE de conductividad.

Descarta los datos de las escuelas que no han medido, al menos, a lo largo de un año completo. Después de hacer gráficos con los datos de varias escuelas usando el servidor de GLOBE, la estudiante encuentra un interesante comportamiento en los datos del Chemisches Institut Dr. Flad en Stuttgart, Alemania. Este gráfico se muestra en la Figura HI-CE-2.

Tabla HI-CE-2

Fecha	Cond. $\mu\text{S/cm}$
9/1998	527
10/1998	519
11/1998	789
12/1998	545
1/1999	754
2/1999	617
3/1999	675
4/1999	677
5/1999	737
6/1999	692
7/1999	665
9/1999	689
10/1999	790
11/1999	840
12/1999	760
1/2000	730
2/2000	639
3/2000	624
4/2000	654
5/2000	706
6/2000	669
7/2000	613
9/2000	681
10/2000	785
11/2000	878
12/2000	907
1/2001	859
2/2001	701
3/2001	755
4/2001	746
5/2001	697
6/2001	712
7/2001	640
9/2001	560
10/2001	752
11/2001	820
12/2001	842

El cuerpo de agua donde esa escuela toma sus medidas es Feuersee, un lago de agua dulce. A partir de este gráfico la estudiante detecta que las medidas de conductividad tienden a ser más altas en los meses de invierno y más bajas en los de verano. Descarga de la Web de GLOBE los datos de la media mensual de los valores de conductividad de esta escuela. Esos datos se muestran en la Tabla HI-CE-2.

Importa esos datos a un programa de Hoja de Cálculo y hace el gráfico que se muestra en la Figura HI-CE-3.

A partir de este gráfico, se observa la misma tendencia, sin embargo ésta no es la misma que aparece en la Figura HI-CE-1.

Entonces decide estudiar la tendencia estacional mejor que la mensual, divide el año en cuatro estaciones y asigna los meses de Diciembre a Febrero como invierno, de Marzo a Mayo como primavera, de Junio a Agosto como verano y de Septiembre a Noviembre como otoño. Calcula la conductividad media para cada estación, Tabla HI-CE-3.

Tabla HI-CE-3

Estación	Cond. $\mu\text{S/cm}$
otoño-1998	612
invierno-1999	639
primavera-1999	696
verano-1999	679
otoño-1999	773
invierno-2000	710
primavera-2000	661
verano-2000	641
otoño-2000	781
invierno-2001	822
primavera-2001	733
verano-2001	637
otoño-2001	711

Los datos que se obtienen se presentan en el gráfico de la Figura HI-CE-5.

A partir de estos gráficos es capaz de ver la tendencia anual de una forma más clara. Hace una aclaración: Los datos de la media de verano corresponden a los meses de Junio y Julio ya que no hay datos disponibles para el mes de agosto en ninguno de los años. La estudiante decide hacer una gráfica con los datos como última vía.

Esta vez calcula la media de los valores de conductividad de cada mes para los cuatro periodos del año, como se muestra en la Tabla HI-CE-4.

Representa esos datos según muestra la Figura HI-CE-5

Aquí puede verse, de nuevo, una tendencia anual. Observa que las medias de Noviembre, Diciembre y Enero eran mucho más altas que las de los otros meses en el año.

Se da cuenta de que no ha elegido los mejores meses para representar a cada estación. Quizás debería haber elegido Noviembre-Enero para invierno, esto probablemente hubiera señalado una tendencia más marcada. Sin embargo ella está segura de que verdaderamente ha descubierto un sitio que muestra una tendencia anual.

Investigaciones Posteriores

Para investigar más, la estudiante podría contactar con la escuela y preguntarles si tienen alguna idea de cuál podría ser la causa de este ciclo.

También podría mirar el comportamiento estacional de otras medidas, tales como precipitaciones, para ver si pueden estar relacionados.

También podría repetir el estudio de conductividad observando el comportamiento mensual y estacional en otros sitios.

Tabla HI-CE-4: Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)

	1998	1999	2000	2001	Media
Enero		754	730	859	781
Febrero		617	639	701	652
Marzo		675	624	755	685
Abril		677	654	746	692
Mayo		737	706	697	713
Junio		692	669	712	691
Julio		665	613	640	639
Agosto					
Septiembre	527	689	681	560	614
Octubre	519	790	785	752	712
Noviembre	789	840	878	820	832
Diciembre	545	760	907	842	764

Figura HI-CE-3

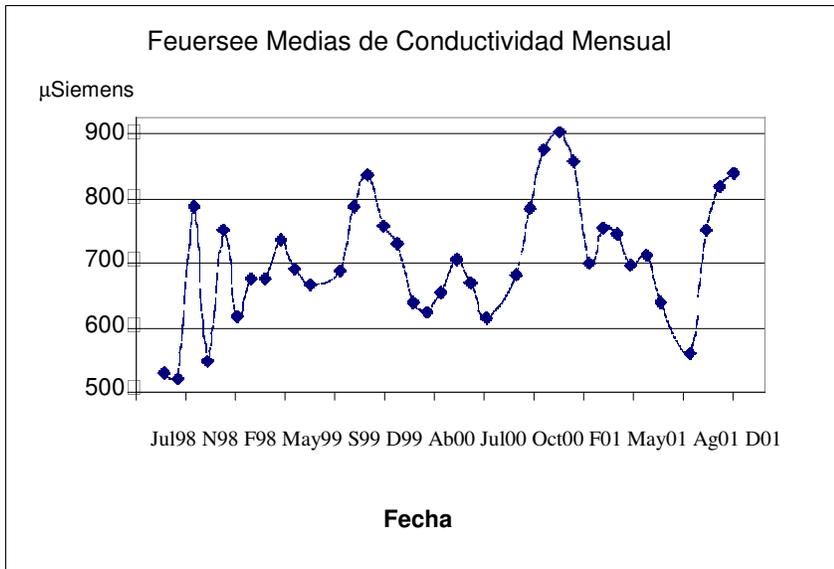


Figura HI-CE-4

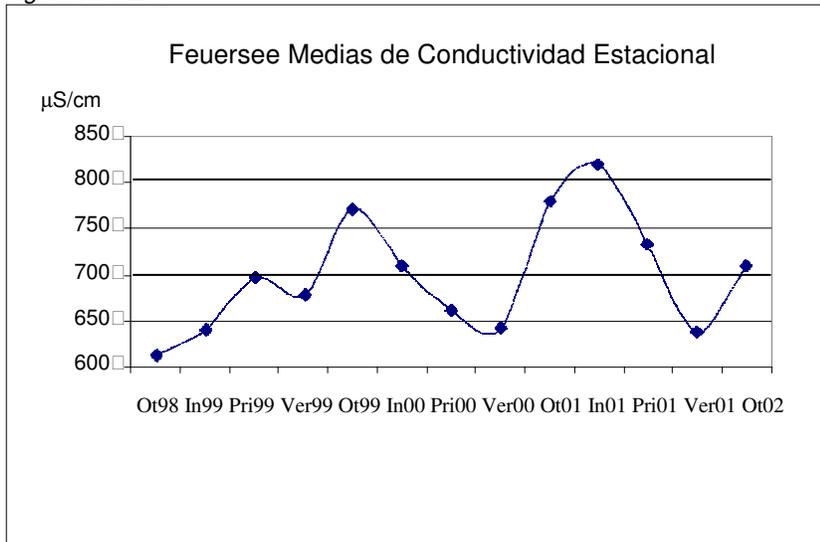
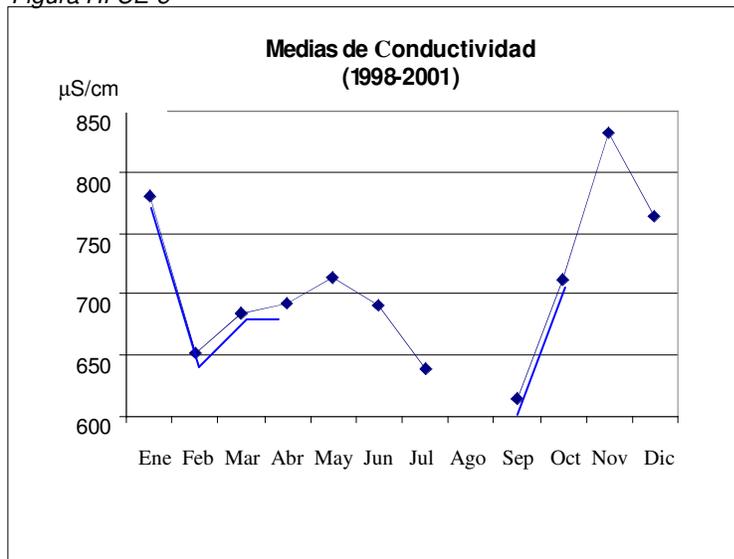


Figura HI-CE-5



Protocolo de Salinidad



Objetivo General

Medir la salinidad del agua en el sitio de estudio de Hidrología.

Visión General

Se usará un hidrómetro para medir la densidad relativa de la muestra de agua y se usará un termómetro para medir la temperatura. Con esos dos valores se usarán tablas para determinar la salinidad.

Objetivos Didácticos

El alumnado aprenderá a:

- Usar un hidrómetro.
- Aplicar los conceptos de densidad absoluta y relativa a la salinidad (avanzado).
- Usar tablas de densidad relativa y valores de temperatura para determinar la salinidad.
- Examinar las razones que explican cambios en la salinidad.
- Compartir los resultados de proyectos con otros centros GLOBE;
- Colaborar con otros centros GLOBE (de su mismo país o de otros); y
- Compartir observaciones a través del envío de datos al archivo GLOBE.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Los materiales de la Tierra son rocas sólidas, suelos, agua y atmósfera.

El agua es un disolvente.

Cada elemento se puede mover entre los diferentes reservorios (biosfera, litosfera, atmósfera e hidrosfera)

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

Los organismos pueden sobrevivir sólo en entornos donde sus necesidades puedan ser cubiertas.

La Tierra tiene muchos entornos distintos que soportan diferentes combinaciones de organismos.

Los humanos pueden cambiar los entornos naturales.

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

Habilidades de Investigación Científica

Usar un hidrómetro para medir la salinidad.

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones usando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

10 minutos. Control de Calidad, 10 minutos.

Nivel

Todos.

Frecuencia

Semanalmente. Control de Calidad, cada 6 meses.

Materiales y Herramientas

Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología

Guía de Campo del Protocolo de Salinidad

Guía de Campo del Protocolo de Temperatura.

Tabla de mareas de la región más próxima al sitio de Hidrología.

Hidrómetro.

Tabla de conversión en la *Guía del Maestro*

Probeta transparente de 500 ml

Termómetro de Alcohol

Guantes de Látex

Procedimiento para el Control de Calidad, además de lo anterior:

- *Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*

- *Guía de Laboratorio del Procedimiento de Control de Calidad para el Protocolo de Salinidad*

- Sal (NaCl)

- Agua destilada

- Balanza

- Dos botellas de litro con tapa y etiquetas para guardar las disoluciones de referencia.

Preparación

Actividades de Aprendizaje sugeridas:
Practicando Tus Protocolos: Salinidad (sólo en la versión electrónica de la guía, Detectives del Agua (solo en la versión electrónica de la guía)

Requisitos Previos

Instrucciones para leer la tabla de mareas.

Protocolo de Salinidad. Introducción.

¿Por qué hay algunas plantas y animales que viven en aguas salobres, otros viven en el océano y las hay que viven en agua dulce como en lagos y ríos? Una de las principales razones es la diferencia en salinidad entre esos medios. La salinidad es la medida de la cantidad de sólidos disueltos en el agua. Hay muchos tipos diferentes de sólidos disueltos, pero el más común es el Cloruro de Sodio (NaCl). Los sólidos disueltos son llamados a menudo sales.

Todos los animales y plantas tienen sal en el interior de las células de sus cuerpos. La concentración de esas sales está en torno a un tercio de la del agua marina. Las plantas y animales tanto en agua dulce como en agua salada tienen mecanismos especiales para mantener el equilibrio apropiado entre sus células y el medio que le rodea. Los organismos de agua dulce son más salados que el agua en la que ellos viven. El agua dulce tiende a entrar en sus células y debe ser bombeada fuera para evitar que las células se hinchen e incluso exploten. Los animales tales como los peces de agua salada son menos salados que el agua en el que viven. Muchos peces de agua salada excretan sales a través de sus branquias y producen poca orina de tal manera que minimizan la pérdida de líquidos de sus cuerpos. Los tiburones resuelven el problema almacenando la sal extra en sus células de tal manera que están en equilibrio con el contenido en sal del agua que les rodea. También los organismos que se alimentan de otros organismos que viven en aguas salobres o saladas han desarrollado maneras de manejar el contenido de sal. Por ejemplo los peces marinos y las tortugas de mar tienen unas glándulas de sal especiales, que excretan la sal que toman con su alimento y con el agua.

Los organismos adaptados a un tipo de medio ambiente no pueden ser introducidos en otros sin que sufran daños o incluso mueran.

Los océanos tienen como media de salinidad 35 partes por mil (ppmil). Las medidas en agua dulce son de 0,5 ppmil o menos. Las aguas costeras y las aguas superficiales de los océanos lejos de las orillas pueden ser menos salinas, de 35 ppmil, debido a que el agua dulce entra desde la tierra o procedente de la lluvia, o más salina debido a altas tasas de evaporación en climas cálidos. Algunos lagos son también de agua salada, como el Mar Caspio en Asia central, el Gran Lago Salado en América del Norte y varios lagos en el Gran Valle del Rift del Este de África. Esos cuerpos de agua son salados porque el agua fluye dentro de ellos y después se evapora, dejando las sales en el mar interior o lago. Los cuerpos de agua dulce tienen alguna salida, por eso la sal se mueve a través de ellos en lugar de acumularse.

El agua salobre es agua más salada que el agua dulce pero no tan salada como el agua de mar. Se encuentra en estuarios y bahías donde el agua dulce y salada se mezclan. Los estuarios son cuerpos de agua que están parcialmente cerrados desde el mar abierto y normalmente tienen una fuente de agua dulce. Las mareas pueden afectar a la salinidad en esos cuerpos de agua. Cuando la marea es alta, la salinidad puede ser más alta que cuando la marea está baja. La salinidad puede disminuir cuando grandes cantidades de agua dulce se incorporan durante las lluvias o por deshielo. Las plantas y animales que viven en esas aguas deben ser capaces de adaptarse a los rápidos y grandes cambios de salinidad. Las fases jóvenes de muchos animales marinos, tales como las crías de gambas y peces, viven en estuarios salobres. A menudo esos animales jóvenes tienen la habilidad de sobrevivir en un rango de salinidad mayor que los adultos.

Apoyo al Profesorado

Conductividad Eléctrica Versus Salinidad

La medida de la salinidad se utiliza para conocer el total de sólidos disueltos en aguas salobres o aguas saladas. Puede ser en un océano, en un estuario, o en un lago de agua salada. El agua dulce tiene también alguna cantidad de sólidos disueltos; para determinar con exactitud el total de sólidos disueltos se usa el hidrómetro. Los centros docentes de GLOBE con sitio de hidrología de agua dulce utilizan el *Protocolo de Conductividad Eléctrica* para calcular el total de los sólidos disueltos en su agua. El *Protocolo de Conductividad Eléctrica* para agua dulce medirá solamente hasta 2000 microSiemens/ cm. Si el agua del sitio de estudio está por encima de este rango se deberá utilizar el *Protocolo de Salinidad*.

Conceptos de Apoyo

Densidad Absoluta y Relativa

La densidad hace alusión a la ligereza o peso de materiales del mismo tamaño. La densidad indica el tamaño de las moléculas y como están “empaquetadas” en una sustancia en particular. Cuanto más y más fuertemente empaquetadas estén las moléculas más densa es la sustancia. La densidad se mide por la relación de la masa de cualquier objeto o sustancia con respecto a su volumen. Se dice que una cuchara de metal es más densa que una de madera del mismo tamaño porque la cuchara de metal es más pesada. ¿Qué es más denso, un balón de béisbol o uno de hierro del mismo tamaño?

La densidad relativa es también una medida de la densidad. Cuando se mide la densidad relativa, se está comparando la densidad de un material con la densidad del agua pura a 4° C. Se utiliza el agua como estándar porque es la sustancia más común. Se fijan los 4° C porque esa es la temperatura a la cual el agua es más densa. La gravedad específica del agua pura a 4° C es, por definición 1,0. Una sustancia más densa que el agua pura a 4° C tiene una densidad relativa mayor de 1,0.

Densidad relativa = $\frac{\text{masa de un objeto de un cierto volumen}}{\text{masa de un volumen igual de agua pura}}$
--

Si se quiere saber la densidad relativa de un objeto, como una roca, se necesita saber:

1. La masa de la roca
2. El volumen de la roca
3. la masa de un volumen igual de agua pura

La primera parte de la información es fácil. La masa de la roca se determina pesándola en una balanza.

Para encontrar la segunda información es necesario hablar atender a una breve lección de historia.

Arquímedes quien vivió en la antigua Grecia, descubrió dos cosas muy importantes mientras estaba tomando un baño (o eso cuenta la historia). La primera fue que cuando se paraba dentro del agua, el nivel de éste subía, y cuando se sentaba el nivel subía un poco más, llegando a la conclusión de que cuando un cuerpo es sumergido en agua, desplaza (o mueve fuera de su sitio) un volumen de agua igual al volumen del cuerpo que se sumerge.

Así, para calcular el volumen de la roca, hay que poner agua en una probeta, meter la roca dentro y anotar el incremento del volumen. Ese incremento de volumen es el mismo que el volumen de la roca, ya conocemos la segunda información.

El segundo descubrimiento importante de Arquímedes fue que cuando un cuerpo es sumergido en el agua parece que pierde masa. Esta *pérdida de masa* es igual a la masa del agua que se desplaza. De esta manera se puede determinar la masa de agua que fue desplazada y obtener la tercera parte de la información que se necesita (o se puede calcular la masa del agua sabiendo que la masa de 1,0 ml. de agua es 1,0 gr.)

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{masa de la roca}}{\text{masa del agua desplazada}}$$

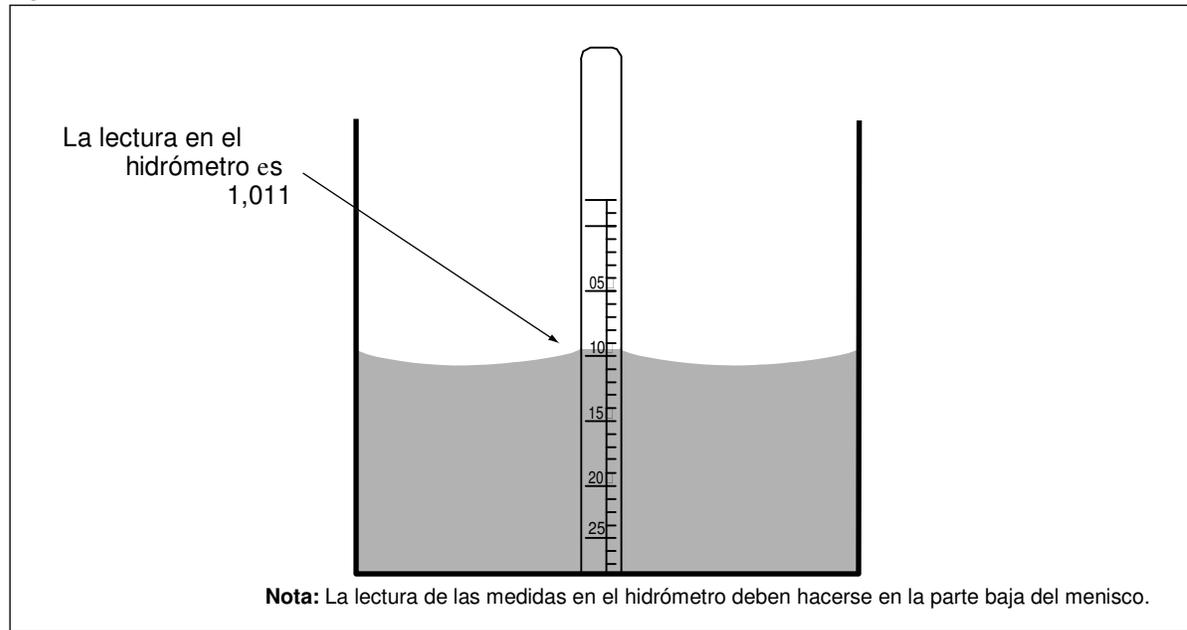
Cada mineral tiene una densidad relativa característica que puede ser usada para ayudar a identificarlos. Muchas rocas comunes están compuestas de un mineral, sílice, que tiene una densidad relativa de 2,65. En el *Protocolo de Salinidad* se trata de determinar la cantidad de mineral disuelto. Esto puede resultar un poco más difícil de entender para el alumnado ya que no pueden ver la roca, pero el principio en el que se basa es el mismo. Se utiliza el hidrómetro para calcular el desplazamiento causado por la adición de minerales disueltos (sólidos).

Mareas

Las mareas están causadas por el sistema gravitacional de la luna y del sol sobre la Tierra. Ya que la luna está mucho más cerca de la Tierra que el sol, ejerce mayor influencia sobre la Tierra. Las mareas más extremas, llamadas mareas de primavera, tienen lugar durante las fases de luna llena y luna nueva, cuando la Tierra, la luna y el sol están alineados.

En cuarto menguante y cuarto

Figura HI-SA-1



creciente la luna la Tierra y el sol forman un ángulo recto y el rango de marea (la diferencia entre marea alta y baja) es el menor. A esas mareas se las denomina mareas muertas.

En la mayoría de las áreas se producen dos mareas altas y dos bajas al día con un conjunto de altas y bajas más extremos que las otras. Esto se llama marea mixta semidiaria (mixta porque los dos ciclos de marea son irregulares y semidiario porque hay dos series por día). Las dos mareas altas y bajas tienen lugar aproximadamente cada 24 horas con aproximadamente 6 horas de separación entre unas y otras. El ciclo de mareas realmente tiene lugar cada día lunar, lo cual significa 24 horas y 50 minutos de duración. Las dos mareas bajas en un día tienen lugar, como media, cada 12 horas y 25 minutos. El tiempo de la primera marea baja cada día tiene lugar aproximadamente unos 50 minutos de media más tarde que el día anterior. Los rasgos de la topografía pueden ser causantes de variaciones de ese tiempo.

Dato de marea cero (también expresado como + 0, o "plus 0") es una medida del nivel medio de la marea baja. Hay dos definiciones diferentes usadas en todo el mundo para el dato cero de la marea: Media de la marea baja más baja y media de la marea baja. La media de la marea baja más baja es *la media de las mareas más bajas para esa área*. La media de la marea baja es *la media de todas las mareas bajas para esta área*. El valor cero de marea se encontrará en la leyenda de la tabla de mareas.

El alumnado necesitará revisar en la hoja de datos qué definición de valor cero de marea es usada en la tabla de mareas

Procedimiento de Medida

Usando el Hidrómetro

El hidrómetro es un instrumento que permite medir la gravedad específica de un fluido. Hay que recordar que la gravedad específica es una comparación de la densidad del fluido que se está midiendo y la densidad del agua pura a 4° C.

Un hidrómetro es un pequeño flotador con una escala en su pie. Si se pone el hidrómetro en agua pura a la misma temperatura, flotará a la misma profundidad. Si se añade sal al agua el hidrómetro flotará más alto. Según el agua se va haciendo más densa, se verá más parte de la escala del hidrómetro. Las marcas a lo largo del hidrómetro permiten leer la gravedad específica directamente sin tener que calcular la masa del agua desplazada.

Como en la mayoría de las sustancias, la densidad del agua se altera con la temperatura. Hay que recordar que la densidad relativa es medida en relación a una temperatura del agua de 4° C. Algunos hidrómetros toman lecturas de la densidad relativa a una temperatura diferente. Hay que mirar el aparato que se usa para saber a la temperatura a la que fue calibrado. Si la temperatura del agua a analizar es distinta a la cual fue calibrado, se debe hacer un ajuste para la temperatura utilizando una tabla de conversión.

Tabla HI-SA-1: Tabla de Mareas de Aberdeen, Washington

<p align="center">Predicción de Mareas (Altas y Bajas) Agosto, 2002</p> <p align="center">Fuente: NOAA, National Ocean Service</p> <p align="center">Horario de verano</p>								
Día	Hora	Alt.	Hora	Alt.	Hora	Alt.	Hora	Alt.
1	Ju	131am B 0,6	730am A 2,0	106pm B 0,8	740pm A 2,6			
2	Vi	233am B 0,5	841am A 1,9	206pm B 1,0	832pm A 2,7			
3	Sab	335am B 0,3	956am A 1,9	313pm B 1,1	928pm A 2,7			
4	Do	432am B 0,1	1105am A 2,0	417pm B 1,1	1024pm A 2,8			
5	Lu	526am B -0,2	1204pm A 2,2	516pm B 1,0	1118pm A 2,9			
6	Ma	616am B -0,4	1256pm A 2,3	611pm B 0,9				
7	Mi	1209am A 3,0	703am B -0,6	143pm A 2,5	702pm B 0,8			
8	Ju	1258am A 3,2	747am B -0,7	228pm A 2,6	751pm B 0,6			
9	Vi	147am A 3,2	831am B -0,8	309pm A 2,7	839pm B 0,5			
10	Sab	237am A 3,2	913am B -0,7	349pm A 2,8	927pm B 0,3			
11	Do	327am A 3,2	955am B -0,6	428pm A 2,9	1017pm B 0,2			
12	Lu	419am A 3,0	1037am B -0,4	508pm A 3,0	1109pm B 0,1			
13	Ma	514am A 2,8	1121am B -0,1	549pm A 3,0				
14	Mi	1206am B 0,1	614am A 2,5	1209pm B 0,2	634pm A 3,0			
15	Ju	108am B 0,1	721am A 2,3	104pm B 0,5	725pm A 3,0			
16	Vi	215am B 0,0	837am A 2,1	206pm B 0,8	824pm A 2,9			
17	Sab	323am B 0,0	956am A 2,1	313pm B 0,9	928pm A 2,9			
18	Do	428am B -0,1	1110am A 2,2	419pm B 1,0	1032pm A 2,9			
19	Lu	527am B -0,2	1211pm A 2,3	521pm B 0,9	1130pm A 2,9			
20	Ma	618am B -0,3	101pm A 2,5	616pm B 0,8				
21	Mi	1221am A 2,9	703am B -0,3	142pm A 2,6	705pm B 0,7			
22	Ju	106am A 2,9	744am B -0,3	220pm A 2,7	750pm B 0,6			
23	Vi	148am A 2,9	821am B -0,3	254pm A 2,7	831pm B 0,5			
24	Sab	228am A 2,8	856am B -0,2	326pm A 2,7	910pm B 0,5			
25	Do	307am A 2,8	928am B 0,0	355pm A 2,7	949pm B 0,4			
26	Lu	346am A 2,7	1000am B 0,2	423pm A 2,7	1027pm B 0,4			
27	Ma	426am A 2,5	1029am B 0,3	450pm A 2,7	1107pm B 0,4			
28	Mi	510am A 2,3	1058am B 0,5	519pm A 2,7	1152pm B 0,4			
29	Ju	600am A 2,2	1129am B 0,8	551pm A 2,7				
30	Vi	1244am B 0,4	659am A 2,0	1208pm B 1,0	633pm A 2,6			
31	Sab	146am B 0,4	810am A 2,0	113pm B 1,2	730pm A 2,6			

Nota: Las Alturas en esta tabla están en metros. Muchas tablas de mareas en Los Estados Unidos y en Canadá están en pies. Para convertir pies en metros, hay que dividir los datos entre 3,28 pies/metro.

Todas las tablas de mareas (incluida ésta) están en tiempo local, por lo que deberán convertirse a Tiempo Universal (UT).

Leyendo la Tabla de Mareas

Se necesita una tabla de marea calculada para el área local para poder determinar las mareas en el área de estudio. En la tabla de mareas aparecen el día, la hora y los niveles para la marea alta y baja. Estas tablas se pueden conseguir en dependencias oficiales, industrias pesqueras y en agencias de turismo. También se pueden encontrar en la web, en periódicos, o en otras publicaciones como folletos. Como las mareas varían cada año con el ciclo lunar es necesario utilizar una tabla de mareas calculada para el año en curso. Las mareas también varían con cada localidad, por eso hay que tratar de tener una tabla de mareas para el área exacta de observación o del área más próxima para la cual haya tabla disponible. Es posible que se necesite consultar dos tablas de mareas – una primera basada en la estación de mareas de la región general del sitio de estudio y una tabla auxiliar con correcciones para la hora y la altura de las mareas para el lugar concreto de estudio.

Para saber la altura de la marea en una hora en concreto de un día en particular, debe leer en la tabla las horas de marea alta y baja para el día en que se va a tomar la muestra y para el intervalo de tiempo del muestreo. Es importante determinar si la marea está subiendo o bajando cuando se está tomando la muestra, asumiendo que la marea cambia de dirección a las horas de mareas altas y bajas. Por ejemplo, si la muestra fue tomada a las 4 pm el día 1 de agosto de 2002 (Tabla HI-SA-1), la marea estaba subiendo porque estaba baja a la 1:06 pm y alta a una hora posterior 7:40 pm.

Para determinar la hora y la fecha de la marea más baja para un mes en particular, utilice la tabla de marea para ver las alturas de las mareas a lo largo de todo el mes. ¿Qué número es el más bajo? (incluyendo valores negativos). Esta es la marea más baja del mes, cuando el agua se retira lo más lejos de la orilla.

¿Qué valor es el más alto? Este número debe estar justo detrás de la marea más baja. Mire la tabla de mareas de Aberdeen para Agosto del 2002 para determinar las horas y las fechas de las mareas más alta y más baja para ese mes. El valor más extremo de marea baja, - 0,8 m, tiene lugar el 9 de agosto a las 8:31, hora local. Una marea alta de 3,2 metros tiene lugar 6 horas y 44 minutos antes, a la 1:47, hora local.

Es importante saber, para interpretar los datos, cual es el valor cero de marea que se usa en la tabla de marea.

Los valores negativos se refieren a niveles del agua por debajo del nivel cero de marea para su área. Por ejemplo, un nivel de marea de -0,5 se lee como “medio metro bajo el nivel cero de marea”

Actividades de Apoyo

Los hidrómetros son utilizados para comparar las densidades de muchos líquidos. Por ejemplo, la cantidad de azúcar en zumo de frutas, la cantidad de grasa en la leche, y la cantidad de sal en el agua. Usted puede fabricar su propio hidrómetro colocando un peso en un palo suspendido en el agua. Pruebe con tres líquidos transparentes: agua dulce, agua salada y agua destilada. Identifique cada líquido utilizando el hidrómetro. Se puede calibrar este hidrómetro, fabricado por usted, comparándolo con el hidrómetro calibrado.

Consejos Prácticos

- Un hidrómetro de cristal se puede romper con facilidad. Apóyelo siempre con suavidad. No lo deje donde pueda rodar. Póngalo dentro de la probeta con suavidad, sin dejarlo caer.
- La solución de referencia de 35 ppmil se puede guardar durante un año en una botella muy bien cerrada para usarse muchas veces.
- Cuando se utilice un nuevo hidrómetro hay que utilizar la solución estándar para revisar su precisión. Si no lee correctamente póngase en contacto con el proveedor.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

- ¿Podría ser buena el agua salobre para riego? ¿Por qué sí o por qué no?
- ¿Por que tienen aproximadamente la misma salinidad todos los océanos (35 ppmil)?
- ¿Cómo podría afectar a un área de estuarios o bahías un aumento del nivel en el océano?
- ¿Cuál es la salinidad de su sitio de estudio comparada con la de otros sitios de la misma y de diferentes latitudes?
- ¿Cómo influye el flujo externo de agua dulce de ríos cercanos en la salinidad del sitio de estudio?
- ¿Hay patrones estacionales del agua de río en el área de estudio?
- ¿Es posible esperar cambios estacionales en los niveles de salinidad del sitio de estudio?
- ¿Cómo varía la salinidad con respecto a la media mensual de temperatura del aire en el sitio de estudio?

Protocolo de Salinidad.

Procedimiento de Control de Calidad

Guía de Laboratorio

Actividad

Revisar la precisión del hidrómetro.

Qué se Necesita

- Guía de Campo de Temperatura del Agua*
- Hidrómetro
- Tabla de conversión de Salinidad en la *Guía del Profesor*
- Probeta de 500 ml transparente
- Termómetro de alcohol (calibrado)
- Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*
- Agua destilada
- Sal (NaCl)
- Balanza

En el Laboratorio

Preparar la solución estándar de 35 ppmil

1. Pesar 17,5 g de sal de mesa (NaCl) con la balanza.
2. Echar la sal en la probeta de 500 ml.
3. Llenar la probeta hasta los 500 ml con agua destilada.
4. Mezclar suavemente la sal y el agua hasta que toda la sal esté disuelta. Esta es la solución estándar de 35 ppmil.

Revisar el Hidrómetro Utilizando Agua Destilada.

1. Echar 500 ml de agua destilada en la probeta.
2. Meter el termómetro en el agua destilada. Utilizar *La Guía de Campo de Temperatura del Agua* para medir la temperatura del agua. Anotar los datos en la *Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad del Área de Investigación de Hidrología*.
3. Poner el hidrómetro en el agua suavemente, y después de que deje de moverse leer la densidad relativa en la parte baja del menisco. No debería tocar los lados de la probeta. Leer la densidad relativa con tres decimales y anotarlo en la *Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*.
4. Mirar la densidad relativa en la tabla de conversión. La salinidad debería estar entre 0,0 y 1,0 ppmil.
5. Si la salinidad no está entre 0,0 y 1,0 ppmil, revisar las mediciones. Si la salinidad sigue sin estar entre esos valores quiere decir que el hidrómetro no lee correctamente.

Revisar el Hidrómetro utilizando la solución de referencia

1. Poner la solución de referencia o estándar en la probeta.
2. Meter el termómetro en el agua destilada. Usar la *Guía de Campo de Temperatura del Agua* para medir la temperatura del agua. Anotarla en la *Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad para la Investigación de Hidrología*.
3. Suavemente colocar el hidrómetro dentro de la probeta. Cuando pare de oscilar, leer la densidad relativa en la parte baja del menisco. No debería tocar los lados de la probeta. Leer la densidad relativa con tres decimales y anotarlo en la *Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*.
4. Buscar la densidad relativa y la temperatura del agua en la tabla de conversión para encontrar la salinidad del agua. Anotar la salinidad en la *Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*.
5. Si la salinidad del estándar está fuera de rango por más de 1 ppmil, mezclar una nueva estándar y repetir el proceso. Si está todavía fuera más de 1 ppmil, puede haber algún problema.
6. Desechar la solución de referencia de 35 ppmil o echarla dentro de una botella de litro limpia y seca, tapar y etiquetar. Enjuagar el equipo con agua destilada, secar y guardar.

Protocolo de Salinidad

Guía de Campo

Actividad

Medida de la salinidad de la muestra de agua.

Qué se Necesita

- Tabla de mareas de la zona
- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Guía de Campo del Protocolo de Temperatura
- Hidrómetro
- Probeta de 500 ml
- Termómetro
- Tabla de conversión
- Bolígrafo o lápiz
- Guantes de Látex

En el Campo

1. Cumplimentar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.
2. En la sección de Salinidad de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*, anotar la hora de la marea alta y la baja que tienen lugar antes y después de que se mida la salinidad. También anotar el lugar para el que están calculadas las horas en la Tabla de Mareas.
3. Ponerse los guantes.
4. Enjuagar la probeta con el agua de la muestra dos veces.
5. Llenar la probeta con agua de la muestra a 2 ó 3 cm. del borde.
6. Medir y anotar la temperatura del agua en la probeta. (Ver *Guía de Campo del Protocolo de Temperatura del Agua de la Investigación de Hidrología*)
7. Suavemente poner el hidrómetro dentro de la probeta.
8. Esperar a que el hidrómetro pare de oscilar. No debe tocar las paredes de la probeta.
9. Leer el hidrómetro en la parte baja del menisco. Leer la gravedad específica con tres decimales. Anotar la gravedad específica en la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*
10. Buscar la gravedad específica y la temperatura del agua en la Tabla de conversión para calcular la salinidad del agua. Anotar la salinidad en la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología como Observador 1*
11. Repetir los pasos 3 al 9 utilizando nuevas muestras de agua. Anotar las medidas de salinidad como *Observador 2 y 3*
12. Calcular la media de las tres medidas.
13. Cada una de las tres medidas deberán estar dentro del rango de 2 ppmil de la media. Si una o más de las observaciones no están dentro de ese rango, repetir la medición y calcular la media de nuevo. Si las medidas siguen estando fuera del rango, comentar con la persona responsable el posible problema.

Tabla HI-SA-2: Salinidad (partes por mil) Como una Función de la Densidad Relativa y de la Temperatura (desde 9/2005)

LECTURA	Temperatura del Agua (°C)																
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,998																	
0,999																	
1																	
1,001	2	1,9	1,9	1,8	1,8	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,8	1,9	1,9	2	2,1
1,002	3,3	3,2	3,2	3,1	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6
1,003	4,6	4,5	4,4	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,9
1,004	5,8	5,7	5,5	5,5	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	5,7	5,8	5,9	6,1	6,2
1,005	7,1	7	6,8	6,7	6,7	6,7	6,6	6,6	6,7	6,7	6,7	6,8	6,8	7	7,1	7,2	7,5
1,006	8,3	8,1	8,1	8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	8	8	8,1	8,1	8,3	8,4	8,5	8,8
1,007	9,4	9,4	9,3	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,3	9,4	9,4	9,6	9,7	9,8	10,1
1,008	10,7	10,6	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,6	10,6	10,7	10,9	11	11,1	11,3	
1,009	11,9	11,8	11,8	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,8	11,8	11,9	11,9	12	12,2	12,3	12,4	12,6
1,01	13,2	13,1	13	13	13	13	13	13	13	13,1	13,1	13,2	13,3	13,5	13,6	13,7	13,9
1,011	14,4	14,3	14,3	14,1	14,1	14,1	14,1	14,3	14,3	14,4	14,4	14,5	14,7	14,8	14,9	15	15,2
1,012	15,6	15,6	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,6	15,6	15,7	15,8	16	16,1	16,2	16,3	16,5
1,013	16,9	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,9	17	17,1	17,1	17,3	17,5	17,6	17,8
1,014	18	18	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	18	18	18,2	18,3	18,3	18,4	18,6	18,8	19	19,1
1,015	19,3	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,3	19,3	19,5	19,6	19,7	19,9	20,1	20,3	20,4
1,016	20,5	20,5	20,4	20,4	20,4	20,4	20,5	20,5	20,6	20,6	20,8	20,9	21	21,2	21,4	21,6	21,7
1,017	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,8	21,8	21,9	22,1	22,2	22,3	22,5	22,6	22,9	23
1,018	23	23	23	22,9	22,9	23	23	23	23,1	23,3	23,4	23,5	23,6	23,8	23,9	24,2	24,3
1,019	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	24,3	24,3	24,4	24,6	24,7	24,8	24,9	25,1	25,2	25,5	25,6
1,02	25,5	25,5	25,5	25,3	25,5	25,5	25,5	25,6	25,6	25,7	25,9	26	26,1	26,4	26,5	26,8	26,9
1,021	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,8	26,8	26,9	26,9	27	27,2	27,3	27,4	27,7	27,8	28,1	28,2
1,022	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	28,1	28,1	28,2	28,3	28,5	28,6	28,7	29	29,1	29,4	29,5
1,023	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,2	29,2	29,4	29,5	29,6	29,8	29,9	30	30,2	30,4	30,7	30,8
1,024	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,5	30,7	30,8	30,8	31,1	31,2	31,3	31,5	31,7	31,9	32,1
1,025	31,6	31,6	31,6	31,6	31,7	31,7	31,9	31,9	32	32,1	32,2	32,4	32,6	32,8	33	33,2	33,4
1,026	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	33	33	33,2	33,3	33,4	33,5	33,7	33,9	34,1	34,3	34,5	34,7
1,027	34,1	34,1	34,1	34,2	34,2	34,2	34,3	34,5	34,6	34,7	34,8	35	35,2	35,4	35,6	35,8	36
1,028	35,2	35,4	35,4	35,4	35,4	35,5	35,6	35,8	35,8	36	36,1	36,3	36,4	36,7	36,9	37,1	37,3
1,029	36,5	36,5	36,5	36,7	36,7	36,8	36,8	36,9	37,1	37,2	37,5	37,6	37,7	38	38,1	38,4	38,6
1,03	37,7	37,8	37,8	37,8	38	38	38,1	38,2	38,4	38,5	38,6	38,9	39	39,3	39,4	39,7	39,9
1,031	39	39	39	39,1	39,1	39,3	39,4	39,5	39,7	39,8	39,9	40,2	40,3	40,6	40,7	41	41,2

Tabla HI-SA-2: Salinidad (partes por mil) como una Función de la Densidad Relativa y de la Temperatura (desde 9/2005)-Continuación

LECTURA	Temperatura del Agua (°C)																
	15	16	17	18	18,5	19	19,5	20	20,5	21	21,5	22	22,5	23	23,5	24	24,5
0,998																	
0,999										1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2	
1		1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3
1,001	2,3	2,5	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8	3,8	4	4,1	4,2	4,4	4,5
1,002	3,7	3,8	4,1	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,9	5	5,1	5,3	5,4	5,5	5,7	5,9	6,1
1,003	5	5,1	5,4	5,5	5,7	5,8	5,9	6,1	6,2	6,3	6,4	6,6	6,7	6,8	7,1	7,2	7,4
1,004	6,3	6,4	6,7	6,8	7	7,1	7,2	7,4	7,5	7,6	7,7	7,9	8	8,3	8,4	8,5	8,7
1,005	7,6	7,9	8	8,3	8,4	8,4	8,5	8,7	8,8	8,9	9	9,2	9,4	9,6	9,7	9,8	10
1,006	8,9	9,2	9,3	9,6	9,7	9,8	10	10,1	10,2	10,4	10,5	10,6	10,7	10,9	11	11,1	11,4
1,007	10,2	10,5	10,6	10,9	11	11,1	11,3	11,4	11,5	11,7	11,8	11,9	12	12,2	12,3	12,6	12,7
1,008	11,5	11,8	11,9	12,2	12,3	12,4	12,6	12,7	12,8	13	13,1	13,2	13,3	13,5	13,7	13,9	14
1,009	12,8	13,1	13,2	13,5	13,6	13,7	13,9	14	14,1	14,3	14,4	14,5	14,7	14,9	15	15,2	15,3
1,01	14,1	14,4	14,5	14,8	14,9	15	15,2	15,3	15,4	15,6	15,7	15,8	16,1	16,2	16,3	16,5	16,6
1,011	15,4	15,7	15,8	16,1	16,2	16,3	16,5	16,6	16,7	16,9	17	17,3	17,4	17,5	17,6	17,8	18
1,012	16,7	17	17,1	17,4	17,5	17,6	17,8	17,9	18	18,3	18,4	18,6	18,7	18,8	19	19,2	19,3
1,013	18	18,3	18,4	18,7	18,8	19	19,1	19,2	19,3	19,6	19,7	19,9	20	20,1	20,4	20,5	20,6
1,014	19,3	19,6	19,9	20	20,1	20,3	20,4	20,6	20,8	20,9	21	21,2	21,3	21,4	21,7	21,8	21,9
1,015	20,6	20,9	21,2	21,3	21,4	21,7	21,8	21,9	22,1	22,2	22,3	22,5	22,6	22,9	23	23,1	23,3
1,016	21,9	22,2	22,5	22,6	22,7	23	23,1	23,3	23,4	23,5	23,6	23,8	24	24,2	24,3	24,6	24,7
1,017	23,3	23,5	23,8	24	24,2	24,3	24,4	24,6	24,7	24,8	24,9	25,1	25,3	25,5	25,6	25,9	26
1,018	24,6	24,8	25,1	25,3	25,5	25,6	25,7	25,9	26	26,1	26,2	26,5	26,6	26,8	26,9	27,2	27,3
1,019	25,9	26,1	26,4	26,6	26,8	26,9	27	27,2	27,3	27,4	27,7	27,8	27,9	28,1	28,3	28,5	28,6
1,02	27,2	27,4	27,7	27,9	28,1	28,2	28,3	28,5	28,6	28,7	29	29,1	29,2	29,5	29,6	29,8	29,9
1,021	28,5	28,7	29	29,2	29,4	29,5	29,6	29,8	29,9	30,2	30,3	30,4	30,5	30,8	30,9	31,1	31,3
1,022	29,8	30	30,3	30,5	30,7	30,8	30,9	31,1	31,3	31,5	31,6	31,7	32	32,1	32,2	32,5	32,6
1,023	31,1	31,3	31,6	31,9	32	32,1	32,2	32,5	32,6	32,8	32,9	33	33,3	33,4	33,5	33,8	33,9
1,024	32,4	32,6	32,9	33,2	33,3	33,4	33,5	33,8	33,9	34,1	34,2	34,5	34,6	34,7	35	35,1	35,2
1,025	33,7	33,9	34,2	34,5	34,6	34,7	35	35,1	35,2	35,4	35,5	35,8	35,9	36	36,3	36,4	36,5
1,026	35	35,2	35,5	35,8	35,9	36	36,3	36,4	36,5	36,7	36,9	37,1	37,2	37,3	37,6	37,7	38
1,027	36,3	36,6	36,9	37,3	37,4	37,6	37,7	37,9	38,1	38,3	38,5	38,6	38,8	39	39,2	39,4	39,6
1,028	37,6	37,9	38,2	38,5	38,7	38,9	39,1	39,2	39,4	39,6	39,8	40	40,2	40,4	40,6	40,7	40,9
1,029	38,9	39,2	39,5	39,9	40	40,2	40,4	40,6	40,7	40,9	41,1	41,3	41,5	41,7	41,9	42,1	42,3
1,03	40,2	40,5	40,8	41,2	41,3	41,5	41,7	41,8	42	42,2	42,4	42,6	42,8	43	43,2	43,4	43,6
1,031	41,5	41,8	42,1	42,4	42,6	42,8	43	43,2	43,3	43,5	43,7	43,9	44,1	44,3	44,5	44,7	44,9
1,032	42,8	43,1	43,4	43,8	43,9	44,1	44,3	44,5	44,7	44,8	45	45,2	45,4	45,6	45,8	46	46,2
1,033	44,1	44,4	44,7	45,1	45,2	45,4	45,6	45,8	45,9	46,1	46,3	46,5	46,7	46,9	47,1	47,3	47,5
1,034	45,4	45,7	46	46,4	46,5	46,7	46,9	47,1	47,2	47,4	47,6	47,8	48	48,2	48,4	48,6	48,8
1,035	46,7	47	47,3	47,7	47,8	48	48,2	48,4	48,6	48,7	48,9	49,1	49,3	49,5	49,7	49,9	50,1

Tabla HI-SA-2: Salinidad (partes por mil) como una Función de la Densidad Relativa y de la Temperatura (desde 9/2005)-Continuación

LECTURA	Temperatura del Agua (° C)																
	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31	31,5	32	32,5	33
0,998			1,4	1,5	1,6	1,9	2	2,1	2,4	2,5	2,8	2,9	3,2	3,3	3,6	3,7	
0,999	2,1	2,3	2,5	2,7	2,8	3,1	3,2	3,3	3,6	3,7	3,8	4,1	4,2	4,5	4,7	4,9	5,1
1	3,4	3,7	3,8	4	4,2	4,4	4,5	4,7	4,9	5	5,3	5,4	5,7	5,8	6,1	6,2	6,4
1,001	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7	5,8	6,1	6,2	6,4	6,4	6,7	6,8	7,1	7,2	7,5	7,7
1,002	6,2	6,3	6,4	6,7	6,8	7	7,2	7,4	7,6	7,7	7,9	8,1	8,3	8,5	8,8	8,9	9,2
1,003	7,5	7,6	7,9	8	8,1	8,4	8,5	8,7	8,9	9	9,3	9,4	9,7	9,8	10,1	10,4	10,5
1,004	8,8	9	9,2	9,3	9,6	9,7	9,8	10,1	10,2	10,5	10,6	10,9	11	11,3	11,4	11,7	11,8
1,005	10,2	10,4	10,5	10,6	10,9	11	11,3	11,4	11,5	11,8	11,9	12,2	12,3	12,6	12,8	13	13,2
1,006	11,5	11,7	11,8	12	12,2	12,3	12,6	12,7	13	13,1	13,3	13,5	13,7	13,9	14,1	14,4	14,5
1,007	12,8	13	13,2	13,3	13,5	13,7	13,9	14,1	14,3	14,4	14,7	14,9	15	15,3	15,4	15,7	16
1,008	14,1	14,3	14,5	14,7	14,9	15	15,2	15,4	15,6	15,8	16	16,2	16,5	16,6	16,9	17	17,3
1,009	15,4	15,7	15,8	16	16,2	16,3	16,6	16,7	17	17,1	17,4	17,5	17,8	17,9	18,2	18,4	18,6
1,01	16,9	17	17,1	17,4	17,5	17,8	17,9	18	18,3	18,4	18,7	18,8	19,1	19,3	19,5	19,7	20
1,011	18,2	18,3	18,6	18,7	18,8	19,1	19,2	19,5	19,6	19,9	20	20,3	20,4	20,6	20,9	21	21,3
1,012	19,5	19,6	19,9	20	20,3	20,4	20,6	20,8	20,9	21,2	21,4	21,6	21,8	21,9	22,2	22,5	22,6
1,013	20,8	21	21,2	21,3	21,6	21,7	21,9	22,1	22,3	22,5	22,7	22,9	23,1	23,4	23,5	23,8	24
1,014	22,2	22,3	22,5	22,7	22,9	23,1	23,3	23,5	23,6	23,9	24	24,3	24,4	24,7	24,9	25,1	25,3
1,015	23,5	23,6	23,8	24	24,2	24,4	24,6	24,8	24,9	25,2	25,3	25,6	25,9	26	26,2	26,5	26,6
1,016	24,8	24,9	25,2	25,3	25,6	25,7	26	26,1	26,4	26,5	26,8	26,9	27,2	27,4	27,6	27,8	28,1
1,017	26,1	26,4	26,5	26,6	26,9	27	27,3	27,4	27,7	27,8	28,1	28,3	28,5	28,7	29	29,1	29,4
1,018	27,4	27,7	27,8	28,1	28,2	28,5	28,6	28,9	29	29,2	29,4	29,6	29,8	30	30,3	30,5	30,7
1,019	28,9	29	29,1	29,4	29,5	29,8	29,9	30,2	30,3	30,5	30,8	30,9	31,2	31,3	31,6	31,9	32,1
1,02	30,2	30,3	30,5	30,7	30,9	31,1	31,3	31,5	31,7	31,9	32,1	32,2	32,5	32,8	32,9	33,2	33,4
1,021	31,5	31,6	31,9	32	32,2	32,4	32,6	32,8	33	33,3	33,4	33,7	33,8	34,1	34,3	34,6	34,7
1,022	32,8	33	33,2	33,3	33,5	33,8	33,9	34,2	34,3	34,6	34,7	35	35,2	35,4	35,6	35,9	36,1
1,023	34,1	34,3	34,5	34,7	34,8	35,1	35,2	35,5	35,8	35,9	36,1	36,3	36,5	36,8	36,9	37,2	37,5
1,024	35,5	35,6	35,8	36	36,3	36,4	37,1	37,3	37,6	37,8	38	38,2	38,5	38,7	39	39,2	39,4
1,025	36,8	36,9	37,2	37,3	37,6	37,7	38,5	38,7	38,9	39,1	39,4	39,6	39,8	40,1	40,3	40,6	40,8
1,026	38,1	38,2	38,5	38,6	38,9	39	39,8	40	40,2	40,5	40,7	40,9	41,2	41,4	41,6	41,9	42,1
1,027	39,8	40	40,2	40,5	40,7	40,9	41,1	41,3	41,6	41,8	42	42,2	42,5	42,7	43	43,2	43,5
1,028	41,2	41,4	41,6	41,8	42	42,2	42,4	42,7	42,9	43,1	43,3	43,6	43,8	44	44,3	44,5	44,8
1,029	42,5	42,7	42,9	43,1	43,3	43,5	43,8	44	44,2	44,4	44,7	44,9	45,1	45,4	45,6	45,9	46,1
1,03	43,8	44	44,2	44,4	44,6	44,8	45,1	45,3	45,5	45,8	46	46,2	46,5	46,7	46,9	47,2	47,4
1,031	45,1	45,3	45,5	45,7	45,9	46,2	46,4	46,6	46,9	47,1	47,3	47,6	47,8	48	48,3	48,5	48,8
1,032	46,4	46,6	46,8	47	47,3	47,5	47,7	47,9	48,2	48,4	48,6	48,9	49,1	49,4	49,6	49,9	50,1
1,033	47,7	47,9	48,1	48,4	48,6	48,8	49	49,3	49,5	49,7	50	50,2	50,4	50,7	50,9	51,2	51,4
1,034	49	49,2	49,5	49,7	49,9	50,1	50,3	50,6	50,8	51	51,3	51,5	51,8	52	52,2	52,5	52,8
1,035	50,3	50,6	50,8	51	51,2	51,4	51,6	51,9	52,1	52,4	52,6	52,8	53,1	53,3	53,6	53,8	54,1

Protocolo de Salinidad – Interpretando los Datos

¿Son razonables los datos?

El agua dulce normalmente tiene un nivel de salinidad de 0-0,5 ppmil. El agua salobre de entre 0,5-25 ppmil. La salinidad media de los océanos es de 34,5 ppmil y generalmente esta en un rango de 32 ppmil a 37 ppmil. Comúnmente, la salinidad puede variar en un lugar dependiendo de si se le añade o se le quita agua dulce. Los estuarios muestran la mayor variación de salinidad.

Como media, el océano es menos salado en los polos y en el ecuador y más salado en los océanos subtropicales. La asociación de la salinidad con la latitud tiene que ver con las cantidades relativas de lluvias y de evaporación alrededor del mundo. La salinidad es más baja donde el agua dulce llega a los océanos por la lluvia, el deshielo y los ríos que fluyen. La salinidad se incrementa en los lugares en los que el agua dulce sale de los océanos a través de la evaporación o de la formación de hielo. Cada uno de esos factores está influido por los patrones climáticos alrededor del mundo.

Los valores de salinidad disminuyen hacia el ecuador a 34-35 ppmil a causa de las abundantes lluvias y el ratio de evaporación relativamente bajo, que tiene lugar allí. La salinidad puede ser menor de 34 ppmil en latitudes muy frías con fuertes lluvias. Las aguas costeras pueden tener algunos de los valores más bajos de salinidad por la entrada de agua dulce de los ríos y del deshielo. Las aguas costeras pueden tener alguno de los valores más altos de salinidad por la congelación y por la evaporación de aguas superficiales durante el verano. El viento puede llevar salpicaduras de agua salada hacia la tierra que cubren las hojas de las plantas y el suelo.

La salinidad puede variar a lo largo de un ciclo de mareas también. En una marea baja, durante los meses de verano, la evaporación puede dar lugar a un incremento de la salinidad en la zona de marea hasta que vuelve el océano y diluye ese “charco” de marea volviendo a su salinidad normal. En los estuarios, la salinidad esta fuertemente influenciada por las mareas. Como la marea sube hasta llegar a la marea alta, el océano crece por encima del río y aumenta la salinidad en el estuario o en la desembocadura del río. Como la marea cae durante el retroceso del océano, el río es drenado del agua de mar y la salinidad vuelve a bajar. La salinidad en los estuarios también está determinada por la profundidad. El agua salada es más pesada que el agua dulce y se hunde hacia el fondo.

Esto mantiene la salinidad en los sedimentos del estuario relativamente alta y evita que los animales costeros que viven en el fango tengan que hacer ajustes con los cambios de salinidad en cada ciclo mareal.

Cabe esperar que la salinidad muestre un patrón estacional. Aumentando en verano y bajando en invierno debido al incremento de la evaporación en los meses de verano por el aumento de la temperatura del agua. Para analizar esto se pueden mirar los datos y ver si la salinidad es más alta en verano y más baja en invierno. Se puede también mirar si existe una correlación con cambios en la temperatura del aire y del agua.

Un buen conjunto de datos para mirar esta predicción son los recopilados por la academia Tabor, situada en la costa Atlántica en Marion, Massachussets, Estados Unidos. La Academia Tabor, registró los valores de salinidad y temperatura del agua desde 1997-2001 en un lugar costero llamado “Schaeffer Sea Wall”. También midieron la temperatura del aire en la ubicación de su centro escolar. Las siguientes gráficas de las medias de temperatura del aire, temperatura del agua y salinidad muestran un patrón estacional. Tal como las temperaturas del aire y del agua aumentan en primavera y verano así lo hace la salinidad. Según disminuyen la temperatura del aire y del agua en otoño e invierno así disminuye la salinidad. Además, mirando la gráfica se observa que la temperatura del aire comienza a aumentar primero, seguida de la temperatura del agua y por último la salinidad. Esto hace pensar que la salinidad probablemente aumente como consecuencia del aumento de la evaporación producida por el incremento en la temperatura del agua la cual es resultado del incremento de la del aire. Para reforzar más esta hipótesis, se observa que cada tres años se repite el mismo patrón.

¿Qué buscan los científicos en esos datos?

¿Cuáles son las tendencias en cuanto a salinidad en los estuarios? Hay más demanda de agua dulce de la que suministran los estuarios, así es que cada vez se irán volviendo más salinos.

En los océanos se espera que los cambios de salinidad estén relacionados con los cambios de temperatura. Un incremento de temperatura puede causar un aumento de la evaporación y esto da como resultado un incremento en la salinidad. Sin embargo cerca de los polos esto no sucede así, un incremento de temperatura puede causar un mayor deshielo y el aumento de agua dulce disminuirá la salinidad.

La distribución latitudinal de la salinidad puede también estar relacionada, a gran escala, con un patrón climático, ya que las precipitaciones y la evaporación pueden afectar a la salinidad. La salinidad tiende a ser más alta alrededor de 20-30° N y 15-20° S, y menor en los polos y cerca del ecuador.

Ejemplo de un Proyecto de Investigación del Alumnado

Formulando una Hipótesis

Los estudiantes, examinando la salinidad en estuarios, han analizado la salinidad en tres sitios como muestra la Figura HI-SA-3. Los dos primeros están en *Mobile Bay*, uno en la Playa de Mary Ann cerca de Robertsdale, Alabama y el segundo, “la rampa para embarcaciones” está cerca de la confluencia del río Tensaw con la Bahía Mobile. El tercero está en Bayou St. John en Nueva Orleans, Louisiana. Se le conoce como un sitio de agua dulce, pero el Bayou St. John es un estuario comunicado con el Golfo de México y los estudiantes han estado tomando datos de salinidad. Las mediciones de los dos primeros sitios fueron tomadas por el Instituto Robertsdale, y el Instituto Cabrini en Nueva Orleans realizó las mediciones del tercer sitio.

Los estudiantes del Instituto de Robertsdale tuvieron la curiosidad de ver cómo eran sus mediciones comparadas con las de otros dos sitios y formularon la siguiente hipótesis.

Hipótesis: La mayor salinidad será la de la Playa de Mary Ann y la más baja la de las proximidades a la rampa para embarcaciones la cual debe recibir la mayor cantidad de agua dulce. La salinidad en Bayou St John (parte del delta del río Mississippi) tendrá un valor intermedio.

Toma y Análisis de Datos

Los estudiantes hacen una gráfica en el tiempo de series de salinidad para los tres sitios. Aunque el Instituto Robertsdale normalmente utiliza el hidrómetro para medir la salinidad, algunas veces usan el método de “titulación”. Los valores obtenidos fueron similares a los tomados con el hidrómetro (Figura HI-SA-4) por lo que decidieron concentrarse sólo en la lectura del hidrómetro.

Dibujaron la media mensual de salinidad en los tres sitios (Figura HI-SA-5).

La media mensual de salinidad en el sitio de las embarcaciones es siempre menor de 5 ppmil y definitivamente la más baja de los tres sitios.

La salinidad en Bayou St John oscila entre 5 y 10 ppmil. Sin embargo la salinidad en la Playa de Mary Ann oscila entre 5 y 25 ppmil. Estos valores son también bajos para ser considerados agua de mar. Para el alumnado es sorprendente observar que la notable fluctuación de salinidad en la playa, pero se dan cuenta en investigaciones posteriores que es realmente típico del ambiente de un estuario.

Debate y Conclusiones

Deciden que su hipótesis es correcta en gran parte. La salinidad del sitio de las embarcaciones es la más baja y Bayou tiende a ser más bajo que la Playa Mary Ann, aunque hay algunos valores solapados.

No están seguros de si las fluctuaciones en la salinidad son debidas a las mareas, (las mareas bajas deberían llevar a salinidad baja) o a la temperatura, o quizá a ambas.

Dibujaron la media mensual de temperatura y de salinidad medida con hidrómetro (Figura HI-SA-6). Hay algunas similitudes en el patrón, pero la relación temperatura-salinidad no es tan obvia aquí como en otros sitios (como por ejemplo en la Academia Tabor), así pues saben que algunos otros factores tales como las mareas y el flujo de agua dulce deben influir en la salinidad también.

Comunicando Resultados

El alumnado dibuja las gráficas y escribe un informe analizando los resultados. También hace una exposición oral de los resultados en su clase.

Ideas para Posteriores Investigaciones

Los tres sitios son ejemplos de diferentes condiciones de estuario que existen en la desembocadura de un río. ¿Hay centros GLOBE estudiando otros estuarios? ¿Pueden encontrar datos de otros estuarios en la web o en los libros? ¿Cómo varía la salinidad en esos sitios?

Figura HI-SA-2

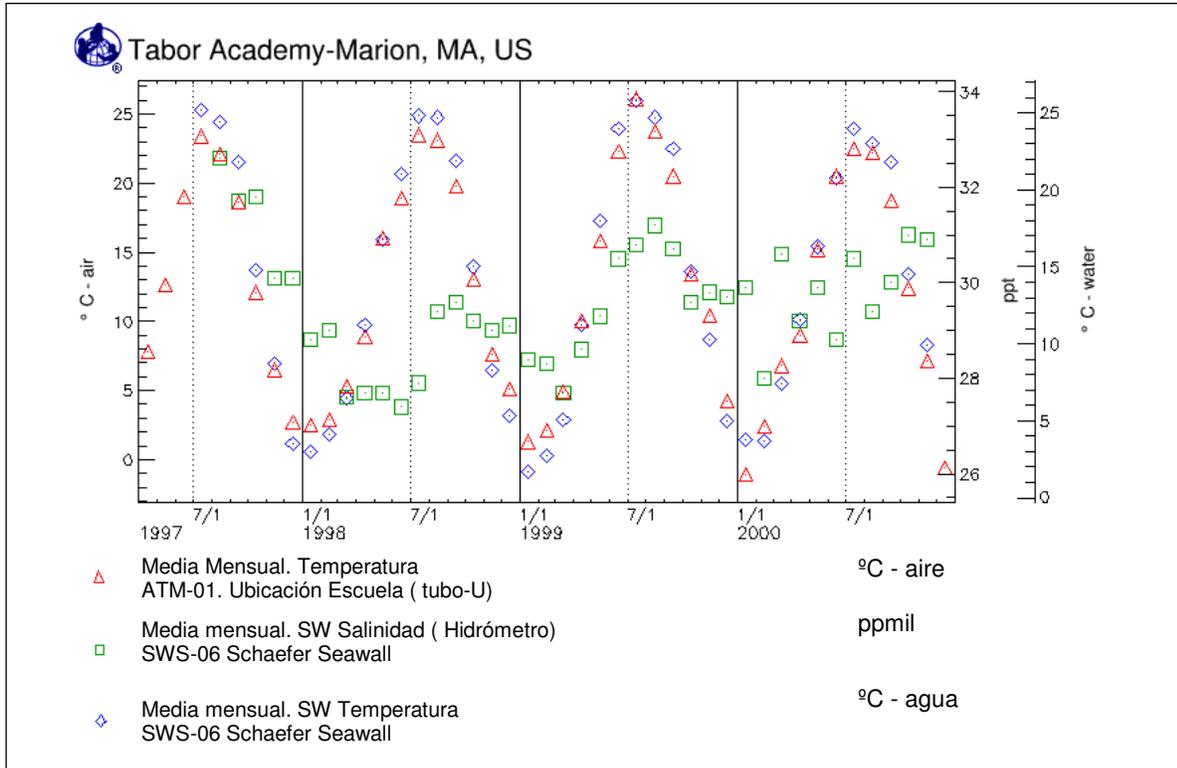


Figura HI-SA-3

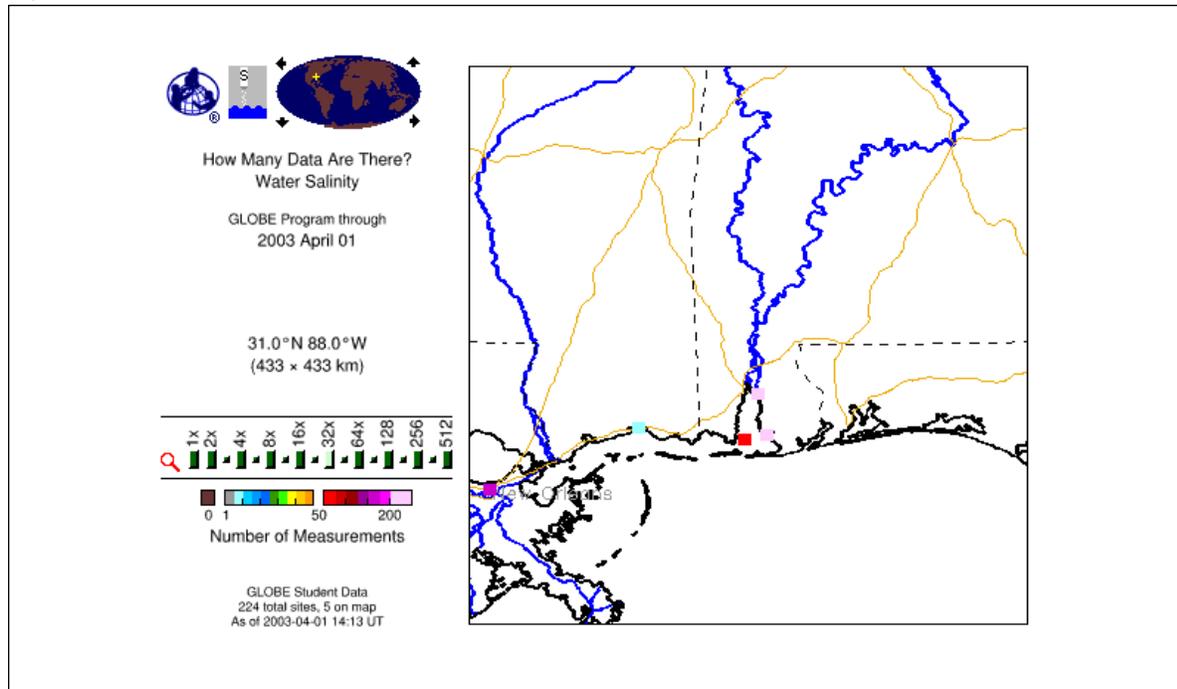


Figura HI-SA-4

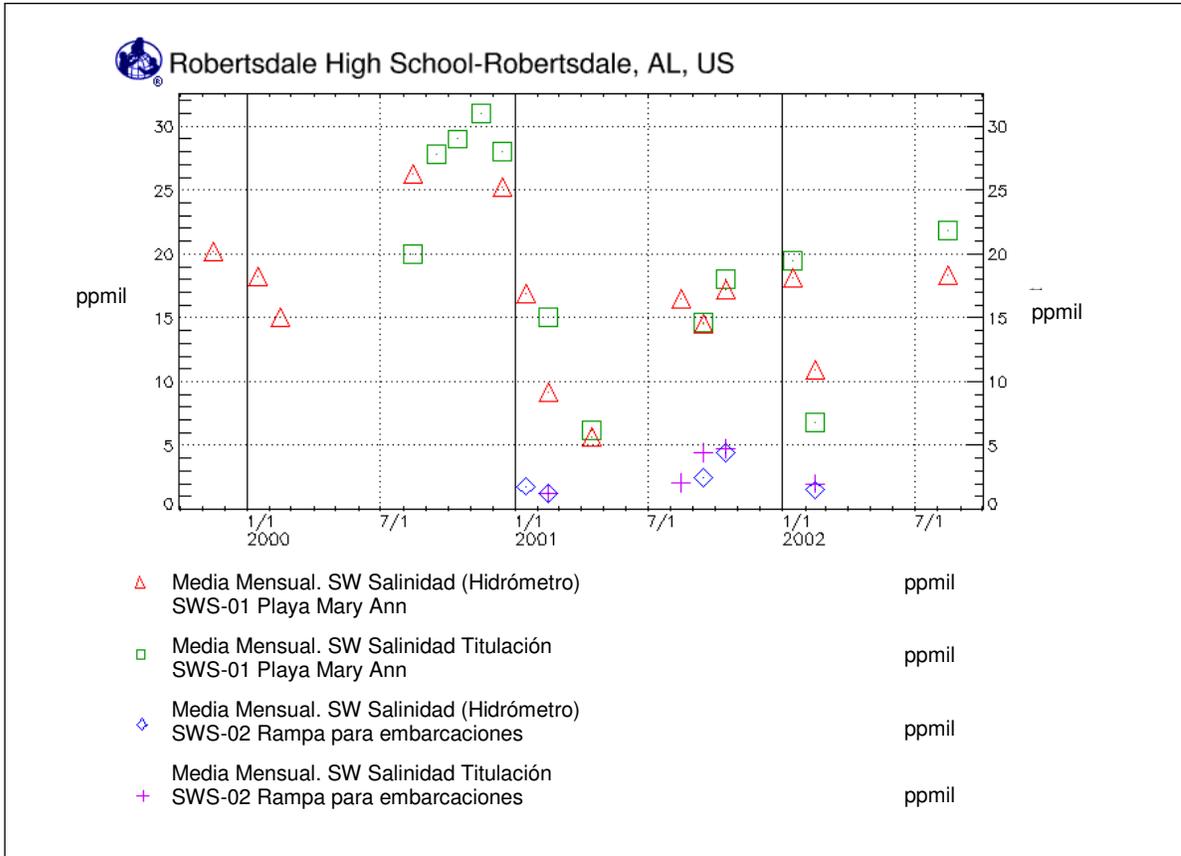


Figura HI-SA-5

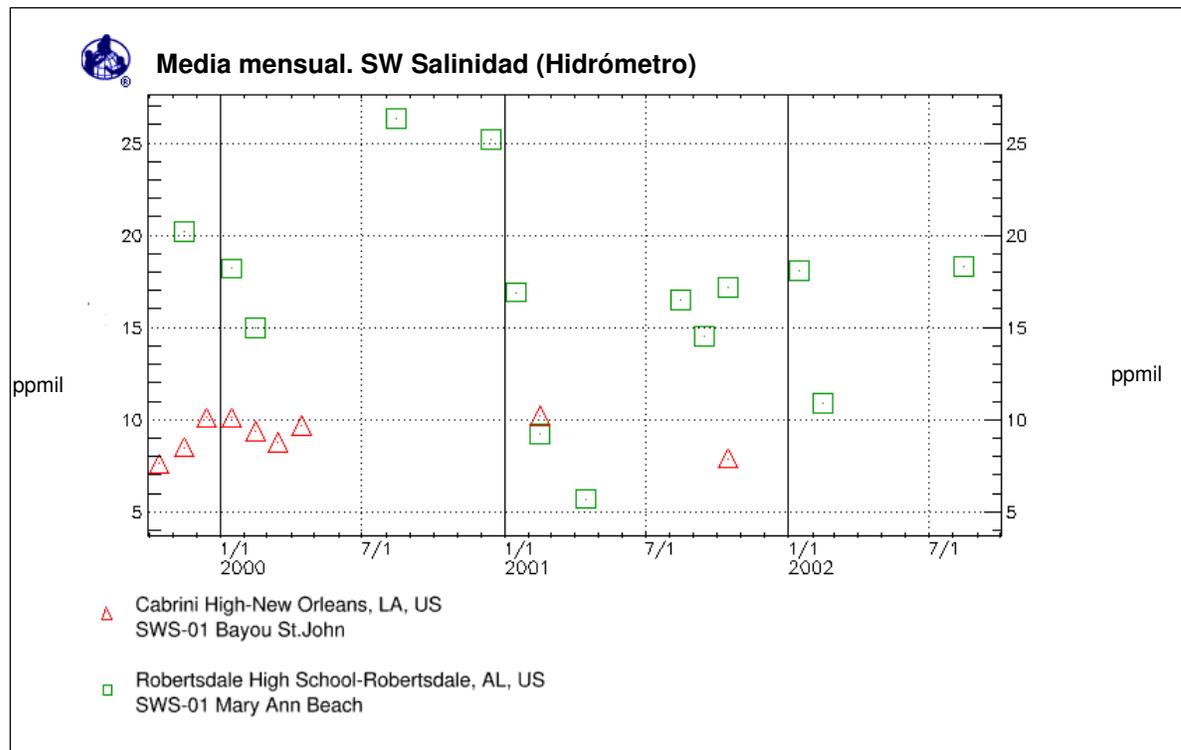
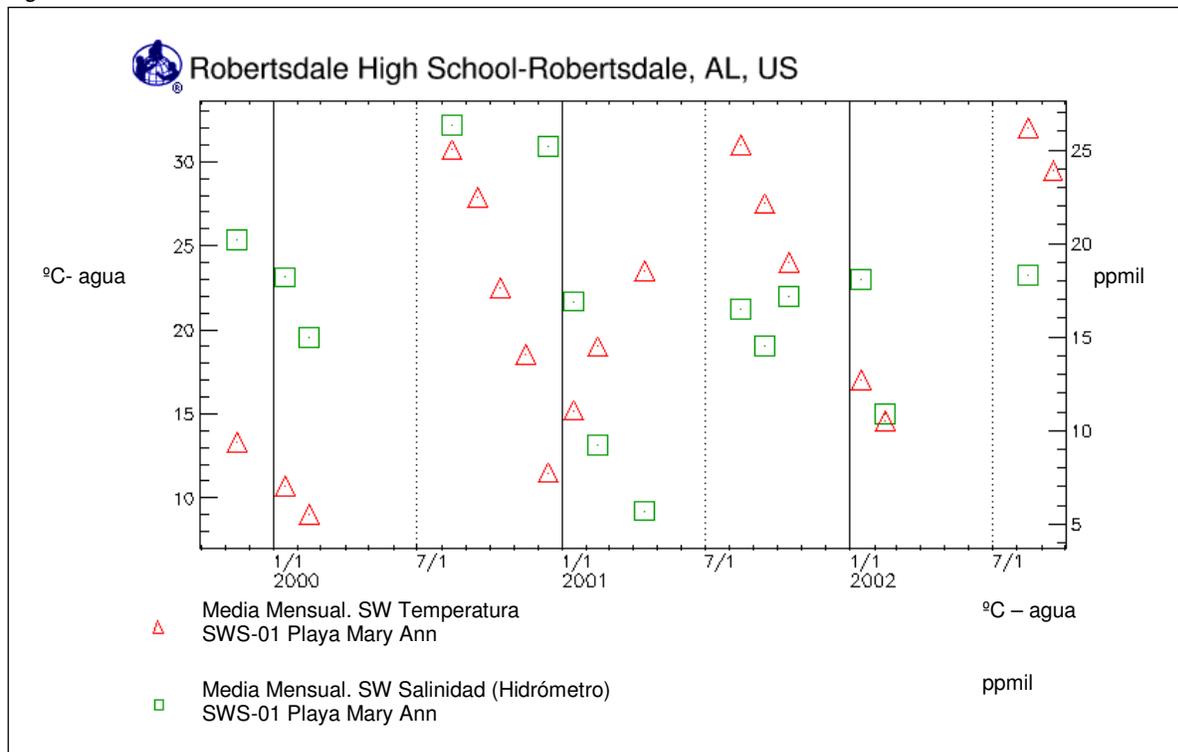


Figura HI-SA-6



Protocolo de pH



Objetivo General

Medir el pH del agua.

Visión General

Los estudiantes usarán un medidor electrónico de pH (también denominado pHmetro) o papel indicador de pH (para abreviar papel-pH) para medir el pH del agua. Si se usa el pHmetro, éste debe calibrarse con solución buffer (o tampón) que tenga valores de pH 4,7 y 10.

Objetivos Didácticos

Los estudiantes aprenderán a:

- Usar el pHmetro o el papel-pH.
- Entender las diferencias entre los valores de pH ácido, básico y neutro.
- Examinar las razones de los cambios del pH de un cuerpo de agua.
- Comunicar los resultados de proyectos con otras escuelas GLOBE.
- Colaborar con otras escuelas GLOBE (en su país o en otros países); y
- Compartir observaciones y datos en los archivos GLOBE.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y el Espacio

Los materiales de la Tierra son rocas sólidas, suelos, agua y atmósfera.

El agua es un disolvente.

Cada elemento se mueve entre diferentes reservorios (biosfera, litosfera, atmósfera, hidrosfera).

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

Los organismos sólo pueden sobrevivir en entornos donde sus necesidades son cubiertas.

La Tierra tiene diversos entornos que mantienen diferentes combinaciones de organismos.

Los organismos modifican el medio en el que viven.

Los humanos pueden alterar el ambiente natural.

Todos los organismos deben ser capaces de obtener y usar los recursos mientras viven en un entorno que cambia constantemente.

Habilidades de Investigación Científica

Usar papel-pH o pHmetro para medir el pH.

Identificar cuestiones relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación científica.

Usar apropiadamente las matemáticas para analizar datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones usando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas

Comunicar procedimientos y explicaciones.

Tiempo

10 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Semanalmente

Materiales y Herramientas

Para medir el pH con papel-pH:

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología.

- Guía de Campo de Uso de papel-pH (Conductividad eléctrica mayor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) o Guía de Campo de Uso de papel-pH (Conductividad eléctrica menor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

- Papel-pH

- Vaso de precipitación de 50 ml o 100 ml

- Guantes de látex

Para medir el pH con el pHmetro:

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología.

- Guía de Campo de Uso de pHmetro (Conductividad eléctrica mayor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) o Guía de Campo de Uso de pHmetro (Conductividad eléctrica menor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

- pHmetro
- Agua destilada
- Toallas de papel o pañuelos suaves
- Soluciones tampón (buffer) de pH 7,0; 4,0 y 10,0
- Tres recipientes con tapa de 100 ml
- Vaso de precipitación de 100 ml

Preparación

Los pHmetros deben calibrarse antes de cada uso. Se recomiendan las actividades de aprendizaje: *Practicando los Protocolos de Hidrología: pH (sólo en la guía electrónica)* y *el Juego del pH (sólo en la guía electrónica)*

Requisitos Previos

Protocolo de Conductividad Eléctrica

Protocolo de pH—Introducción

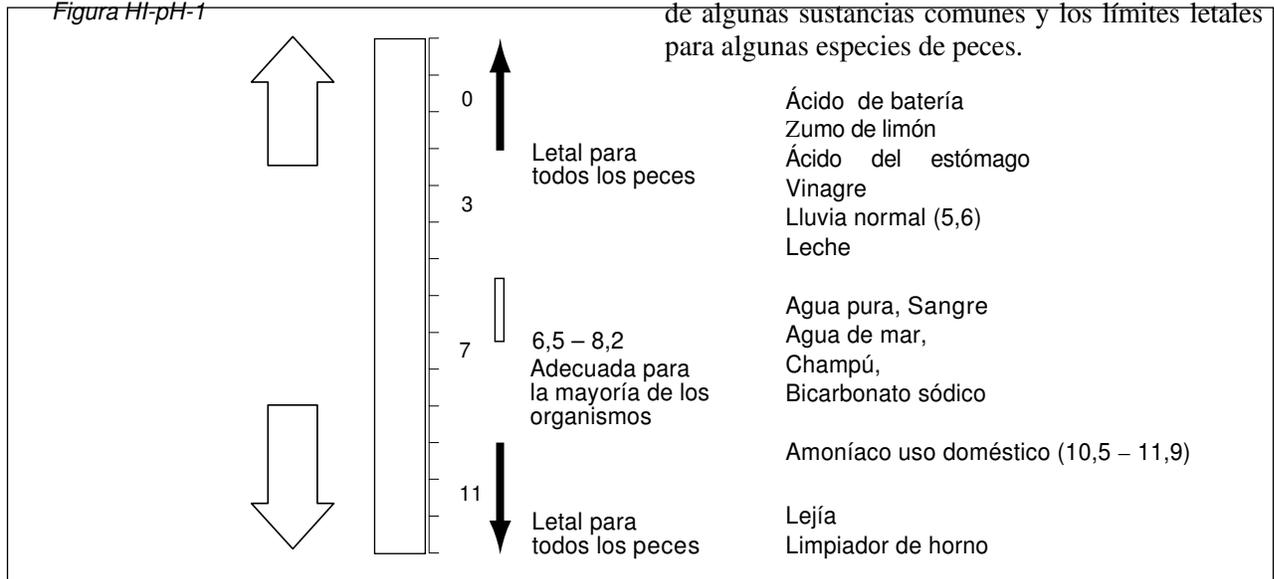
El pH indica el contenido ácido en el agua. La escala de pH (mide desde 0,0 a 14,0) es una escala logarítmica de la concentración del ión hidrógeno (H⁺). Soluciones con un pH mayor que 7,0 son clasificadas como básicas y aquellas que tienen pH menor de 7,0 son ácidas. Un pH de 7,0 es neutro. Por cada unidad de pH la concentración de iones de hidrógeno es diez veces mayor que en la siguiente. Por ejemplo, un agua de pH 4,0 tiene 10 veces la concentración de iones de hidrógeno de un agua con pH 5,0. Un pH de 3,0 contiene 100 veces el contenido ácido de un pH 5,0. Por esta razón un pequeño cambio en el pH podría tener efectos significativos en la calidad del agua.

La mayoría de los lagos y arroyos tienen valores de pH comprendidos entre 6,5 y 8,5. El agua pura, que no está en contacto con el aire, tiene un valor neutro de pH=7,0. El agua con impurezas puede tener también un pH de 7,0 si los ácidos presentes están en equilibrio con las bases. Los océanos están bien

tamponados y tienen un pH constante alrededor de 8,2. Uno puede encontrar aguas que son, de forma natural, más ácidas en áreas con cierto tipo de minerales (por ejemplo: sulfuros). La actividad minera puede también liberar ácidos, procedentes de los minerales, a los cuerpos de agua. De forma natural aguas básicas se encuentran en áreas donde el suelo es rico en minerales tales como la calcita o las calizas. Ácidos y bases pueden también llegar a los cuerpos de agua como productos de la actividad humana.

El pH afecta a la mayoría de los procesos químicos y biológicos en el agua. El pH tiene una fuerte influencia sobre lo que puede vivir en el agua; los organismos acuáticos tienen determinados rangos de pH que ellos prefieren o necesitan para vivir. Salamandras, ranas y otros anfibios, así como muchos macroinvertebrados, son particularmente sensibles a los valores extremos de pH. La mayoría de los insectos, anfibios y peces están ausentes en aguas con pH por debajo de 4,0 o por encima de 10,0. La figura HI-pH-1 muestra los valores de pH de algunas sustancias comunes y los límites letales para algunas especies de peces.

Figura HI-pH-1



Apoyo al Profesorado

Nota Especial para la Conductividad Eléctrica

La exactitud del papel-pH o del pHmetro depende de la conductividad eléctrica del agua. La conductividad eléctrica del agua necesita ser al menos 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para que el papel y el pHmetro midan con precisión. Los océanos y las aguas salobres tienen una conductividad mucho mayor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si no se está seguro si el agua dulce del sitio de hidrología tiene valores de conductividad suficiente para usar la técnica de medición, hay que medir la conductividad eléctrica antes de tomar las medidas de pH. Después de conocer la conductividad del agua utilizar la Guía de Campo de pH adecuada. Hay cuatro guías de campo entre las que elegir:

- Usar papel-pH con agua que tiene una conductividad eléctrica mayor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Usar papel- pH con agua que tiene una conductividad eléctrica menor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Usar pHmetro con agua que tiene una conductividad eléctrica mayor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Usar pHmetro con agua que tiene una conductividad eléctrica menor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Si no se tiene conductímetro y se quiere medir el pH existe el riesgo de que el dato no sea exacto y por eso es recomendable que se hagan las mediciones de la conductividad eléctrica. Si el agua tiene baja transparencia (muchos sólidos disueltos), es probable que tenga un valor de conductividad más alto de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si está cerca de una fuente de agua (por ejemplo, zonas de deshielo o de gran altitud) entonces se puede añadir una pequeña cantidad de sal, tal como se indica en las guías de campo para valores de conductividad menores de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Preparación Previa

Los estudiantes más jóvenes pueden tener

dificultades con el concepto de ácido y base, pero estarán familiarizados con las características de los ácidos tales como el zumo de limón y el vinagre y de las bases tales como la leche y el jabón. Utilizar el *Juego del pH* de las actividades de aprendizaje para iniciar a los estudiantes en el concepto de pH. Hay que asegurarse de la exactitud del dato de pH en agua dulce, es necesario medir la conductividad eléctrica de antemano. Los estudiantes deben revisar el *Protocolo de Conductividad Eléctrica*.

Algunos aparatos requieren preparación antes de usarlos.

Procedimiento de Medida

La *Guía de Campo* que se utilice dependerá de la conductividad eléctrica del agua y de si se está usando un pHmetro o un papel-pH. Si se sabe que el agua del sitio de hidrología tiene una conductividad eléctrica alta, entonces no es necesario medir la conductividad antes del pH. Si no se está seguro, hay que medir la conductividad eléctrica antes de medir el pH. Se puede necesitar tomar una muestra de agua y volver al laboratorio para obtener una temperatura entre 10° C y 20 ° C (*ver protocolo de conductividad eléctrica*).

Papel vs. pHmetro: ¿Cuál de los dos se debería usar?

Hay dos métodos para medir pH en GLOBE. Las ventajas y desventajas de ambos son:

Papel-pH

Ventajas:

- Fácil de usar para los más jóvenes
- No necesita calibración

Desventajas

- La resolución no es tan buena como la del pHmetro (que lee incrementos de 0,5 unidades)
- No está compensado para la temperatura.

Si se compra papel-pH para tomar datos GLOBE, poner especial atención en la calidad del papel que se elige. El equipo de Hidrología de GLOBE mantiene un sitio Web al que se puede acceder a través del Rincón de los Científicos donde se puede encontrar información sobre el papel-pH que ha sido analizado por los científicos.

pHmetro

Ventajas

- Mide 0,1 unidades de pH.
- Puede ser compensado para la temperatura.

Nota: Evitar usar pHmetros con un solo punto de calibración

Desventajas

- El pHmetro debe ser calibrado con soluciones tampón antes de cada uso
- Más caro que el papel-pH.
- El rendimiento se deteriora con el tiempo.

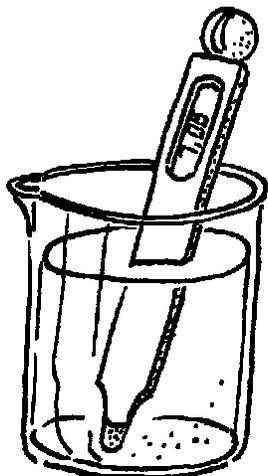
Los mejores pHmetros tienen al menos dos puntos de calibración y tienen una compensación automática de temperatura. Las soluciones tampón pueden comprarse en líquido o en polvo. En líquido es más caro y tiene una vida más corta pero puede ser más cómodo que mezclar los polvos. La mayoría de los pHmetros requiere pilas de "botón". Aunque las pilas duran mucho tiempo, es conveniente tener un paquete de pilas extra a mano.

Calibrando el pHmetro

El pHmetro debe ser calibrado antes de cada uso. Si se está midiendo el pH en el sitio de hidrología, entonces el pHmetro debería ser calibrado en el sitio de hidrología también. Si se está midiendo el pH en el laboratorio entonces el instrumento se debe calibrar antes de tomar la medida. Los instrumentos varían en el procedimiento de calibración, así pues se deben leer cuidadosamente las instrucciones para calibración que vienen con el pHmetro:

¡NUNCA enviar un dato de pH tomado con un instrumento sin calibrar!

Siga las instrucciones que vienen con el pHmetro para la preparación del electrodo. La mayoría de los pHmetros necesitan poner en agua el electrodo al menos 30 minutos antes de cada uso.



Calibración del Papel-pH

No se necesita calibrar el papel-pH. Sin embargo, hay que estar seguro de que el papel-pH que vamos a usar nos muestra la lectura correcta. Para ello se puede comparar el resultado del papel-pH con el obtenido usando un pHmetro calibrado (si se tiene uno). Si no tiene un pHmetro, use una tira de papel-pH para analizar el pH de una solución de pH conocida tal como una solución buffer o bebida gaseosa a temperatura ambiente.

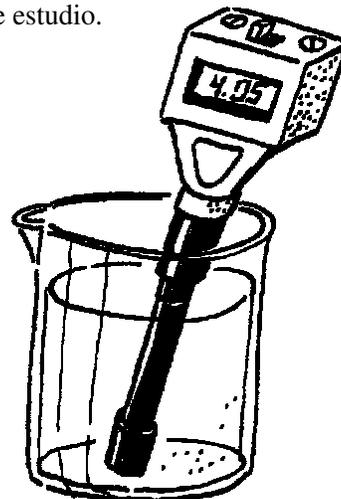
Algunos valores conocidos de pH son:

- Coca-Cola 2,5
- Pepsi-Cola 2,5
- Sprite 3,2

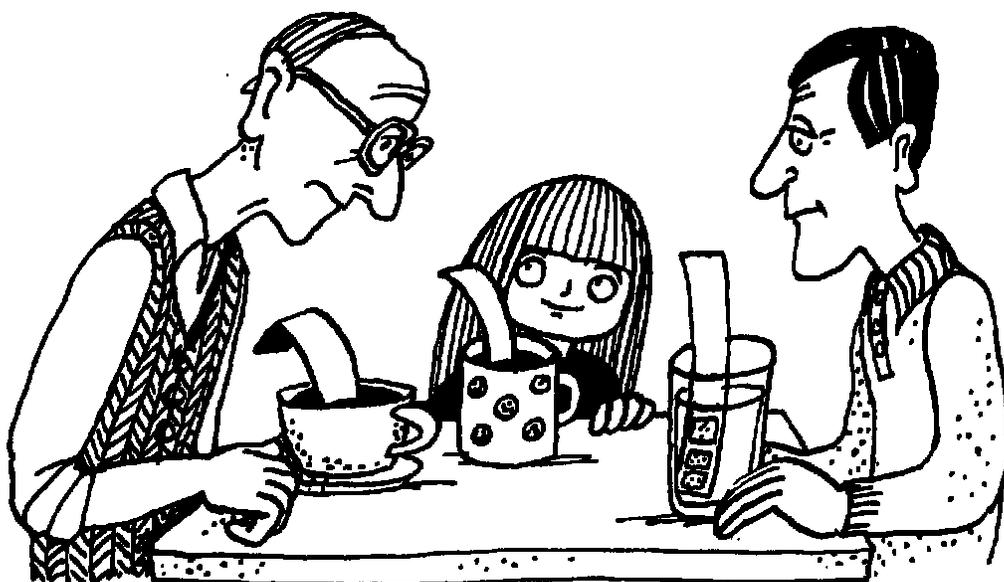
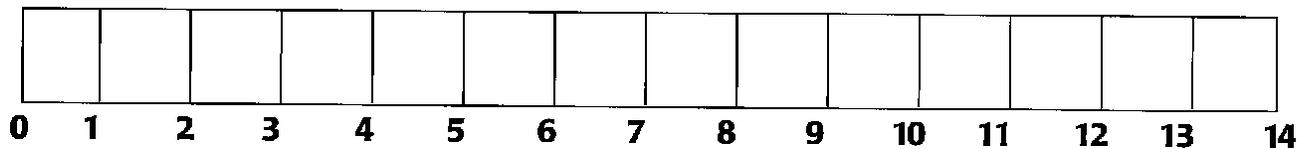
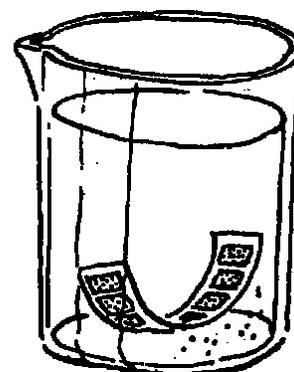
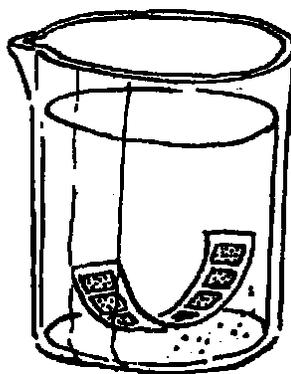
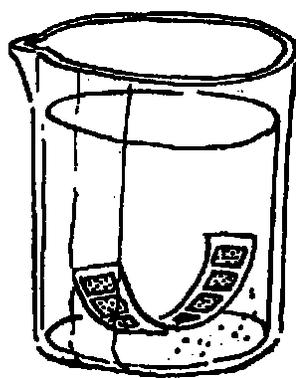
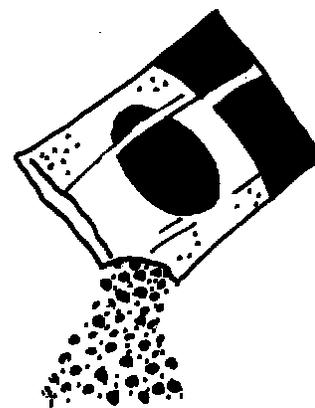
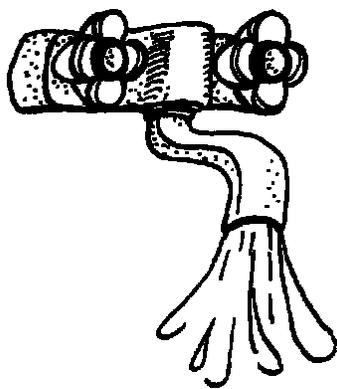
Protocolos de Apoyo

Atmósfera y Suelos: Los estudiantes de GLOBE miden el pH del agua, de las lluvias y del suelo. Es interesante para los estudiantes, e informativo para los científicos, tomar y comparar las tres medidas.

Hidrología: Para entender mejor los datos de pH, es muy útil medir también la alcalinidad. La alcalinidad es una medida de la capacidad de compensar los cambios de pH del agua, indicando si el sitio será muy sensible a entradas de ácido. Es también de gran ayuda conocer el tipo de suelo o de roca y la cobertura terrestre del área de estudio.



Fuente: Jan Smolík, 1996, TEREZA, Asociación para la Educación Ambiental, República Checa



Fuente: Jan Smotik, 1996, TEREZA, Asociación para la Educación Ambiental. República Checa

Medidas de Seguridad

Los estudiantes deben llevar guantes cuando manipulen el agua que puede contener sustancias potencialmente peligrosas tales como bacterias o residuos industriales.

Mantenimiento de los Instrumentos

Papel-pH

El papel pH deberá almacenarse en un lugar seco. No se guardará en ambientes muy calientes o húmedos. Tirar el papel si se ha mojado o humedecido durante el tiempo que ha estado guardado.

pHmetro

1. Los pHmetros necesitan cuidados meticulosos para mantener su precisión y vida útil. Consultar el manual para ver las instrucciones específicas de mantenimiento y almacenaje del pHmetro.
2. Estar seguro de que las condiciones de conservación del pHmetro están de acuerdo con las indicaciones del fabricante, pero no guardar el instrumento metido en agua.
3. Apagarlo cuando no se use.
4. Volver a poner la tapa después de usarlo para proteger el electrodo.
5. No sumergir el instrumento completo en el agua durante su uso. Sólo el extremo, donde está el electrodo, deberá ser metido en el agua.
6. No dejar caer o manipular bruscamente. Guardar en lugar seguro.
7. El pHmetro empieza a estar deteriorado si no guarda la calibración. En algunos pHmetros se puede recuperar el funcionamiento siguiendo las instrucciones del fabricante.
Si aún así no funciona correctamente, habrá que cambiar de pHmetro.

Soluciones Tampón (Buffer) de pH

1. Las soluciones premezcladas no usadas pueden guardarse por un año. Guardarlas siempre en una botella cerrada herméticamente.
2. Las soluciones tampón que usan una mezcla de polvo y agua destilada pueden ser guardadas por un mes en una botella, perfectamente tapada, después de la mezcla.

Preguntas para Investigaciones posteriores

¿Qué cambios en la cuenca hidrológica tendrían efecto sobre la lectura del pH en el sitio de hidrología?

¿Cuál es el valor del pH de su sitio comparado con el de otros sitios en la cuenca hidrográfica?

¿Qué animales y plantas vivirían en el agua con la lectura actual de pH? ¿Hay animales y plantas que no vivirían allí?

¿Cómo puede ayudar la medida de alcalinidad a entender la medida de pH?

¿Cómo es el pH del agua comparado con el pH del suelo y de la lluvia cerca de su centro escolar?

Usando Papel- pH (Conductividad eléctrica mayor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Guía de Campo

Actividad

Medir el pH de tu muestra de agua usando papel-pH.

Qué se Necesita.

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Guantes de Látex
- Papel-pH
- Lápiz o bolígrafo
- Vaso de precipitados de 100 ml

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de Investigación de Hidrología*.
2. En la sección de pH de la hoja de datos, marcar la casilla de “papel-pH”.
3. Ponerse los guantes de látex.
4. Enjuagar el vaso de precipitación con agua de la muestra, tres veces.
5. Llenar el vaso de precipitación hasta la mitad con el agua de la muestra.
6. Seguir las instrucciones que vienen con el papel-pH para analizar el pH de la muestra.
7. Poner el valor de pH en la *Hoja de Datos* como Observador 1.
8. Repetir los pasos 4-6 con nuevas muestras de agua y nuevas piezas de papel. Anotar el dato en la *Hoja de Datos* como Observador 2 y Observador 3.
9. Calcular la media de las tres observaciones.
10. Revisar los datos para estar seguro de que cada observación no se desvía en más de una unidad de la media. Si el valor se diferencia en más de 1,0 unidad, hay que repetir esa medición. Si todavía sus medidas siguen manteniendo una diferencia en más de 1,0 unidad de la media comentar el problema con el profesor.
11. Tirar el papel-pH usado y los guantes en un contenedor de basura. Enjuagar el vaso de precipitación con agua destilada.

Usando Papel- pH (Conductividad eléctrica menor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Guía de Campo

Actividad

Usar papel-pH para medir el pH de una muestra de agua dulce con valores de conductividad eléctrica menores de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Guía de Campo del Protocolo de Conductividad Eléctrica
- Pinzas
- Cristales de sal o sal de mesa.
- Medidor de conductividad eléctrica
- Dos vasos de precipitación o tazas de 100 ml
- Toallas de papel o de tejido suave
- Guantes de látex
- Papel-pH
- Varilla o cucharilla para remover
- Termómetro
- Lápiz o bolígrafo

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*. En la sección de *pH* marcar la casilla de “papel-pH”.
2. Ponerse los guantes de látex
3. Enjuagar las pinzas en la muestra de agua y secarlas con una toalla de papel.
4. Enjuagar dos vasos de precipitación o tazas con la muestra de agua, tres veces.
5. Llenar uno de los vasos de precipitación o taza con unos 50 ml de agua de la muestra.
6. Usando las pinzas, poner un cristal de sal en la muestra de agua. (Si no se tienen cristales de sal llenar esta letra “O” con sal de mesa y echarla en la muestra de agua).
7. Remover perfectamente con la varilla o la cucharilla de agitar.
8. Medir la conductividad eléctrica de la muestra tratada siguiendo *el Protocolo de Conductividad Eléctrica*.
 - a. Si la conductividad eléctrica es al menos 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, anotar el valor en la *Hoja de Datos* y pasar al punto 9.
 - b. Si la conductividad eléctrica es aún menor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, volver al paso 6 y repetirlo hasta que el valor de conductividad sea al menos 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Anotar el valor de la conductividad en la *Hoja de Datos*
9. Seguir las instrucciones que vienen con el papel indicador para analizar el pH de la muestra.
10. Anotar el pH en la *Hoja de Datos* como Observador 1.
11. Repetir los pasos 3 al 9 con nuevas muestras de agua y nuevas piezas de papel. Anotar el dato en la *Hoja de Datos* como Observador 2 y Observador 3.
12. Calcular la media de las tres observaciones.
13. Revisar los datos para estar seguro de que cada observación no se desvía en más de una unidad de la media. Si el valor se diferencia en más de 1,0 unidad, hay que repetir esa medición. Si todavía las medidas siguen manteniendo una diferencia en más de 1,0 unidad de la media, comentar el problema con el profesor.
14. Tirar el papel-pH usado y los guantes en un contenedor de basura. Enjuagar el vaso de precipitación con agua destilada.

*Una aclaración respecto a los cristales de sal. Con cristales de entre 0,5 y 2,0 mm de diámetro es mucho más fácil trabajar que con la sal de mesa que se usa en muchos países, porque es muy fina. La sal en cristales grandes en algunos países se llama “sal gorda” y en otros “sal marina”.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Por qué podría no encontrar un color que se ajuste al de mi papel pH?

La conductividad del agua puede ser baja (ver *Protocolo de Conductividad Eléctrica*). El papel -pH tarda más en reaccionar con el agua si la conductividad es menor de 400 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) microSiemens/cm. Si el agua tiene una conductividad menor de 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, algunos papel-pH no funcionan bien. Otra razón puede ser que el papel lleve mucho tiempo abierto y haya estado mal almacenado, deteriorándose.

2. ¿Qué hay que hacer si el pH está entre dos colores de los que indica la caja?



Anotar el valor que esté más próximo.

Esta es la razón de tener tres estudiantes que hagan el protocolo. Haciendo la media de las tres lecturas se da más precisión a la medida.

Usando un pH Metro (Conductividad eléctrica mayor de 200 μ S/cm)

Guía de Campo.

Actividad

Medir el pH de su muestra de agua usando un pHmetro.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- pH metro
- Vaso de precipitación de 100 ml
- 25 ml de solución buffer de pH 7,0 en un bote con tapa. Este bote debe estar etiquetado con *pH 7,0*
- 25 ml de solución tampón de pH 4,0 en un bote con tapa. Este bote debe estar etiquetado con *pH 4,0*
- 25 ml de solución tampón de pH 10,0 en un bote con tapa. Este bote debe estar etiquetado con *pH 10,0*
- Frasco lavador con agua destilada
- Toallas de papel o de tejido suave
- Guantes de látex
- Bolígrafo o lápiz

Nota: Los botes deben ser de boca grande para que quepa el pH-metro

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*. Marcar pH-metro como instrumento.
2. Ponerse los guantes de látex.
3. Quitar la tapa del pHmetro que cubre el electrodo (el bulbo de cristal en el pHmetro).
4. Enjuagar el electrodo y el área de alrededor con agua destilada del frasco lavador. Secar el pHmetro con una toalla de papel o pañuelo. Nota: No frotar ni tocar el electrodo con los dedos.
5. Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo de nuevo.
6. Calibrar el pHmetro de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
7. Enjuagar el vaso de precipitación de 100 ml tres veces con agua de la muestra.
8. Poner 50 ml de la muestra de agua en el vaso de 100 ml.
9. Poner la parte del electrodo dentro del agua.
10. Remover una vez con el pHmetro. No dejar que el pHmetro toque las paredes o el fondo del vaso de precipitado. Esperar un minuto. Si el pHmetro esta aún cambiando de valor, esperar un minuto más.

11. Anotar el valor de pH en la *Hoja de Datos* como Observador1.
12. Repetir los pasos 3 al 10 dos veces usando nuevas muestras de agua. NO es necesario calibrar el pHmetro otra vez. Anotar los valores de conductividad y pH en la *Hoja de Datos* como Observador 2 y Observador 3.
13. Calcular la media de las tres observaciones y anotarlo en la *Hoja de Datos*
14. Comprobar si cada una de las tres observaciones difiere en un máximo de 0,2 de la media. Si las tres lo cumplen, anotar la media en la *Hoja de Datos*, si las tres están fuera de ese rango, repetir las mediciones.
15. Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo. Apagar el pHmetro. Poner la tapa para proteger el electrodo.
16. Si no se consigue que las tres medidas estén dentro del rango de 0,2 unas de otras, hablar con el profesor sobre las posibles causas.

Usando un pH Metro (Conductividad eléctrica menor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Guía de Campo

Actividad

Utilizar un pH metro para medir el pH de una muestra de agua dulce con valores de conductividad eléctrica menores de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Investigación de Hidrología
- Guía de Campo del Protocolo de Conductividad Eléctrica
- pH metro
- Lector de conductividad eléctrica (Conductímetro)
- Dos vasos de precipitados de 100 ml
- 25 ml de solución buffer de pH 7,0 en un bote con tapa. Este bote deberá estar etiquetado con *pH 7,0*.
- 25 ml de solución buffer de pH 4,0 en un bote con tapa. Este bote deberá estar etiquetado con *pH 4,0*.
- 25 ml de solución buffer de pH 10,0 en un bote con tapa. Este bote deberá estar etiquetado con *pH 10,0*.
- Solución estándar para medir la conductividad eléctrica.
- Frasco lavador con agua destilada
- Toallas de papel o pañuelos suaves
- Guantes de látex
- Cristales de sal(*) o sal de mesa
- Pinzas
- Varilla o cucharilla para agitar.
- Termómetro
- Bolígrafo o lápiz

Nota: Cada bote deberá tener la boca ancha para poder meter el pH metro.

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*. En la sección de pH de la hoja marcar la casilla de pH metro.
2. Ponerse los guantes de látex.
3. Enjuagar las pinzas en la muestra de agua y secarlas con una toalla de papel.
4. Enjuagar dos vasos de precipitación o tazas con agua de la muestra tres veces.
5. Llenar uno de los vasos o tazas con aproximadamente 100 ml de agua de la muestra
6. Usando las pinzas, poner un cristal de sal en la muestra de agua. (Si no tiene sal en cristales, llenar esta letra “O” con sal de mesa y echarla dentro del agua del vaso de precipitación).
7. Removerlo fuertemente con la varilla o la cucharilla.

* Una aclaración respecto a los cristales de sal. Con cristales de entre 0,5 y 2,0 mm de diámetro es mucho más fácil trabajar que con la sal de mesa que se usa en muchos países, porque es muy fina. La sal en cristales grandes en algunos países se llama “sal gorda” y en otros “sal marina”.

8. Medir la conductividad eléctrica de la muestra de agua tratada, usando el *Protocolo de Conductividad Eléctrica*.
 - a. Si la conductividad es al menos 200 $\mu\text{S/cm}$, anotar el valor en la *Hoja de Datos*. Ir al paso 9.
 - b. Si la conductividad eléctrica es todavía menor de 200 $\mu\text{S/cm}$, volver al paso 6 y repetir hasta conseguir un valor que sea al menos de 200 $\mu\text{S/cm}$
9. Quitar la tapa del pH metro que cubre el electrodo (bulbo de cristal en el pH metro).
 10. Enjuagar el electrodo y el área de alrededor con el agua destilada del frasco lavador. Secarlo con una toalla de papel. Nota: No frotar ni tocar el electrodo con los dedos.
11. Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo de nuevo.
12. Calibrar el pH metro de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
13. Meter la parte del electrodo en la muestra de agua.
14. Mover una vez con el pH metro. No dejar que el pH metro toque el fondo o los lados del vaso de precipitación. Esperar un minuto. Si el pH metro está todavía cambiando la lectura, esperar un minuto más.
15. Anotar el valor de pH en la *Hoja de Datos* como Observador 1.
16. Repetir los pasos 3 al 14 usando una nueva muestra de agua. No es necesario calibrar el pH metro otra vez. Anotar los valores de conductividad y pH en la *Hoja de Datos* como Observador 2 y Observador 3.
17. Comprobar que cada una de las tres observaciones no se diferencia en más de 0,2 de la media. Si las tres están dentro del rango, anotar la media en la hoja de datos. Si las tres observaciones no están en el rango indicado repetir las mediciones.
18. Calcular la media de las tres observaciones y anotarlo en la hoja de datos.
19. Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo con una toallita de papel. Apagar el pH metro. Ponerle la tapa para proteger el electrodo.
20. Si no se obtienen las tres medidas con una diferencia menor a 0,2 entre ellas, preguntar al profesor sobre el posible error.

Preguntas Frecuentes.

1. ¿Qué cosas pueden afectar a la precisión de la lectura del pH metro?

- El pH metro no funcionará bien si la conductividad del agua es menor de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ver *Protocolo de Conductividad Eléctrica*.
- El pH metro deberá calibrarse cada vez que se utilice.
- Las pilas necesitan ser cambiadas.

2. ¿Afecta la temperatura del agua a la lectura del pH?

Un cambio en la temperatura puede realmente cambiar el valor del pH de la muestra de agua. Si queremos saber el valor real del pH no aplicaremos la corrección del cambio.

La temperatura puede también afectar al funcionamiento del pH metro. El electrodo está diseñado de tal manera que no es sensible a la temperatura cuando el pH es 7. Si el valor es distinto de 7, la temperatura del agua afecta a la exactitud del pH metro. Los pH metros con compensación automática de temperatura (CAT) corrigen los valores de pH por encima y por debajo de 7,0 para los cambios de temperatura por un factor de 0,003 $\text{pH}/^\circ\text{C}$ /unidad de pH alejada del valor 7,0. Corrige los errores del aparato, pero no corrige los cambios en el valor real de pH.

3. ¿Una alta concentración de sal afecta al pH?



La concentración de sal puede afectar al pH. Si la concentración de sal se incrementa, el pH puede elevarse. No es una relación lineal, pero puede ser importante en estuarios donde la salinidad varía con las mareas. Tener en cuenta los datos de salinidad y de conductividad puede ser útil para entender las variaciones en las medidas del pH.

4. ¿Por qué pueden ser imprecisas las medidas de pH en aguas con baja conductividad?

Al medir la concentración del ión hidrógeno, en realidad se está midiendo el potencial eléctrico de los iones de hidrógeno. Debe haber otros iones para permitir que pase la corriente para hacer esta medición. Cuando la concentración es demasiado baja, el pH metro modifica su lectura lentamente y en un caso extremo, se detiene en una medición incorrecta.

Protocolo de pH- Mirando los datos.

¿Son razonables los datos?

Los valores de pH para el sitio de estudio de agua dependerán de la geología de la zona, del suelo y de la vegetación de las orillas y de otros productos que lleguen al interior del cuerpo de agua. Las masas de aire que llegan también pueden afectar al pH del agua. Muchos cuerpos de agua son ligeramente ácidos, con valores comprendidos entre 5,0 y 7,0. Áreas con depósitos de calizas u otros restos de carbonato cálcico pueden ser más básicos, con valores entre 7,0 y 9,0. Los océanos son buenos tampones/amortiguadores ya que tienen un pH constante alrededor de 8,2.

Cuando se examinan los datos de pH de la base de datos de GLOBE, es importante tener en mente los diferentes instrumentos que los alumnos han utilizado. En las escuelas de primaria utilizan papel-pH por eso los datos parecen más variables. Sus datos pueden variar semanalmente ya que el papel solo mide en unidades o medias unidades.

¿Qué buscan los científicos en los datos?

Teniendo en cuenta que la mayoría de los organismos son sensibles a los cambios del pH del agua, los científicos observan los cambios inusuales de pH en los cuerpos de agua. El pH no cambia mucho normalmente, aunque se pueden encontrar algunas tendencias estacionales debidas a cambios de temperatura, comportamiento de las lluvias o la cobertura terrestre.

La alcalinidad es un amortiguador contra la entrada de ácidos en el cuerpo de agua. Una disminución repentina de pH debería corresponder con un descenso de la alcalinidad. Las aguas con más alta alcalinidad deberán mostrar menos cambio de pH después de que se añada ácido como, por ejemplo, lluvia ácida.

Ejemplo de un Proyecto de Investigación de los Estudiantes.

Formulando una Hipótesis

Un estudiante está examinando el pH de arroyos y lagos en Europa. Sabe que mucha de la acidez del agua proviene de la lluvia ácida. Los depósitos de la lluvia ácida pueden ser de forma desigual a lo largo de todo el año debido a la variación estacional de las lluvias, así como también a las diferencias en la dirección de los vientos dominantes. Él hizo una hipótesis sobre

las tendencias anuales que deben estar presentes en los datos de pH para ciertos cuerpos de agua en Europa.

Toma y Análisis de Datos

La primera tarea fue localizar un área en la que fueran probables las precipitaciones ácidas. Entonces, investigando el tema, el estudiante descubre que la parte noroeste de Europa recibe la mayoría de la lluvia ácida del continente. Esto hace que probablemente sea un área cuyos lagos y arroyos estén ya bastante acidificados.

Empezó por examinar el mapa GLOBE para Europa. Hizo mapas que mostraban las medias mensuales de pH de estas regiones para cada mes del año 2001 (Figura HI-pH-1). Se dio cuenta de que ciertas escuelas de Escandinavia parecían mostrar lo que debería considerarse una tendencia anual en el pH. Analizó, independientemente, las escuelas Escandinavas con los gráficos de GLOBE para cada escuela. Eligió cuatro escuelas que parecían mostrar la tendencia más fuerte en el pH. Estas escuelas son: Husbyskolan en Kista, Suecia; St. Eriks Gymnasium, en Estocolmo, Suecia; Sem skole (13-16) en Sem, Noruega; and Vang barne-og ungdomsskule (6-16) en Valdres, Noruega. Los gráficos de pH para esas escuelas desde 1999 hasta 2002 se muestran en la Figura HI-pH-2. Parece, viendo este gráfico, que los valores de pH son mayores en verano y más bajos en invierno para los sitios elegidos.

Para examinar con más detalle el estudiante descargó los datos de esos gráficos en una hoja de cálculo. (Tabla HI-pH-1, columna 1-5). Calculó la media de pH para el año, en cada escuela, última fila de la tabla HI-pH-1. Después añadió una columna para cada escuela, que muestra las desviaciones para cada dato con respecto a la media calculada:

Desviación = pH Observado – media de pH

Contó el número de desviaciones positivas y negativas para cada mes y los anotó en la Tabla HI-pH-2.

Viendo los datos de esta manera el estudiante es capaz de ver que los meses de diciembre hasta marzo muestran más desviaciones negativas que positivas. Las desviaciones negativas están debajo de la media mientras que las desviaciones positivas están sobre la media. Así entre Diciembre y marzo, el pH estuvo generalmente por debajo de la media del valor del pH. Los meses de Mayo hasta octubre muestran más desviaciones positivas de la media que negativas, lo cual indica que tuvieron valores de

pH más altos que el valor medio. Los meses de abril a noviembre tienen por igual valores de desviación positivos y negativos.

Concluyó que en Escandinavia, los meses más fríos muestran valores de pH por debajo de la media y los meses de verano muestran valores de pH por encima de la media. Por lo tanto, la hipótesis del estudiante era correcta: Se puede detectar una tendencia en el pH en las escuelas más al norte de Europa.

Investigaciones Posteriores.

Al estudiante le gustaría investigar más y descubrir si esas conclusiones pueden ser explicadas por el comportamiento de las lluvias y los valores de pH de las precipitaciones, para esta parte de Europa.

Figura HI-pH-2: Valores Mensuales de pH de Algunas Escuelas GLOBE de Europa

2001

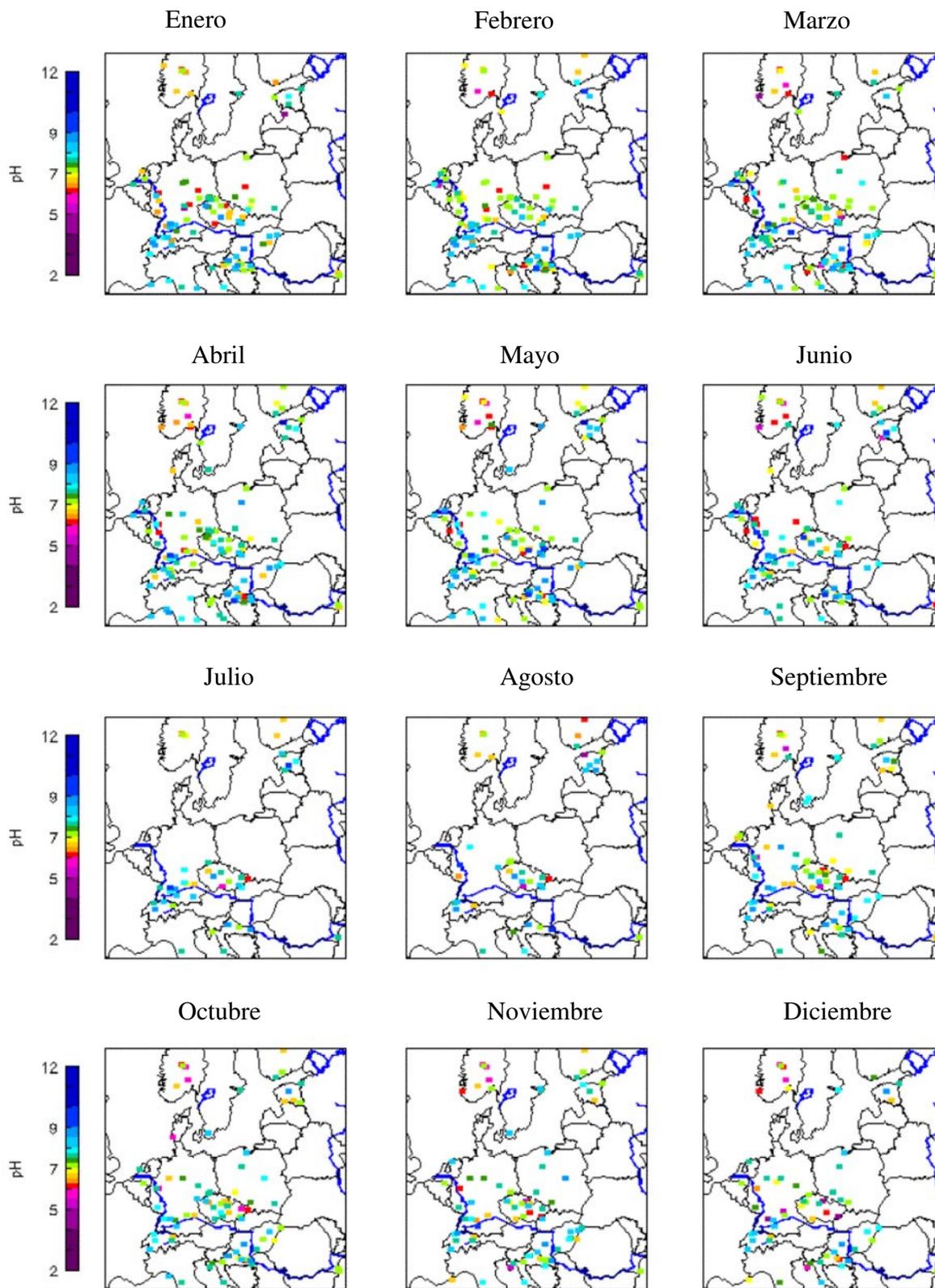


Figura HI-pH-3: Datos Temporales de pH Para Ciertas Escuelas Escandinavas.

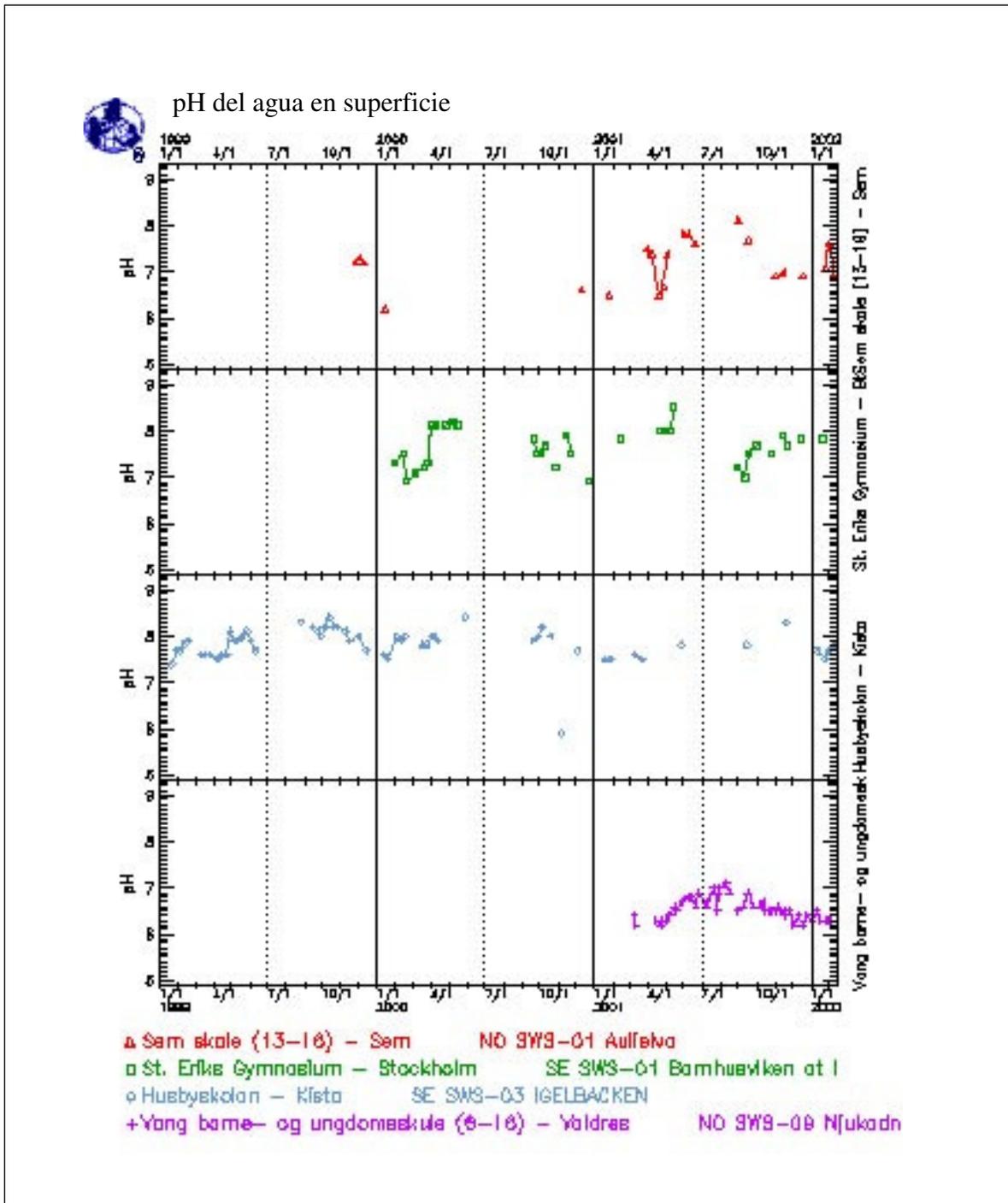


Tabla HI-pH-1: Valores Medidos y Desviaciones del Valor Medio para Determinadas Escuelas Escandinavas.

Fecha	Valores medidos			Desviaciones de la Media				
	Sem	Stockholm	Kista	Valdres	Sem	Stockholm	Kista	Valdres
1/21/1999			7,4				-0,43	
1/28/1999			7,7				-0,13	
2/4/1999			7,7				-0,13	
2/10/1999			7,8				-0,03	
2/18/1999			7,9				0,07	
3/11/1999			7,6				-0,23	
3/18/1999			7,6				-0,23	
3/25/1999			7,6				-0,23	
4/8/1999			7,5				-0,33	
4/15/1999			7,6				-0,23	
4/22/1999			7,6				-0,23	
4/29/1999			8,1				0,27	
5/6/1999			7,9				0,07	
5/12/1999			7,9				0,07	
5/20/1999			8				0,17	
5/27/1999			8,1				0,27	
6/3/1999			7,9				0,07	
6/11/1999			7,7				-0,13	
8/26/1999			8,3				0,47	
9/15/1999			8,2				0,37	
9/24/1999			8,1				0,27	
9/29/1999			8				0,17	
10/6/1999			8,2				0,37	
10/13/1999			8,4				0,57	
10/20/1999			8,2				0,37	
10/27/1999			8,2				0,37	
11/10/1999			8,1				0,27	
11/17/1999			7,9				0,07	
11/26/1999	7,2				0,02			
12/1/1999			8				0,17	
12/3/1999	7,3				0,12			
12/10/1999	7,2				0,02			
12/15/1999			7,7				-0,13	
1/13/2000			7,6				-0,23	
1/14/2000	6,2				-0,98			
1/20/2000			7,5				-0,33	
1/31/2000		7,3				-0,33		
2/3/2000			8				0,17	
2/10/2000			7,9				0,07	
2/14/2000		7,5				-0,13		
2/17/2000			8				0,17	
2/21/2000		6,9				-0,73		
3/6/2000		7,1				-0,53		

Tabla pH-1: Continuación

Fecha	Sem	Valores medidos			Sem	Desviaciones de la media		
		Stockholm	Kista	Valdres		Stockholm	Kista	Valdres
3/17/2000			7,8				-0,03	
3/20/2000		7,2				-0,43		
3/24/2000			7,8				-0,03	
3/27/2000		7,3				-0,33		
4/3/2000		8,1				0,47		
4/5/2000			8				0,17	
4/10/2000		8,1				0,47		
4/13/2000			7,9				0,07	
4/26/2000		8,1				0,47		
5/8/2000		8,2				0,57		
5/15/2000		8,1				0,47		
5/29/2000			8,4				0,57	
9/20/2000		7,8	7,9			0,17	0,07	
9/28/2000		7,5				-0,13		
9/29/2000			8				0,17	
10/2/2000		7,5				-0,13		
10/5/2000			8,2				0,37	
10/10/2000		7,7				0,07		
10/20/2000			8				0,17	
10/26/2000		7,2				-0,43		
11/6/2000			5,9				-1,93	
11/15/2000		7,9				0,27		
11/23/2000		7,5				-0,13		
12/4/2000			7,7				-0,13	
12/11/2000	6,6				-0,58			
12/21/2000		6,9				-0,73		
1/19/2001			7,5				-0,33	
1/26/2001	6,5				-0,68			
1/29/2001			7,5				-0,33	
2/15/2001		7,8				0,17		
3/9/2001			7,6	6,4			-0,23	-0,14
3/12/2001				6,2				-0,34
3/23/2001			7,5				-0,33	
3/30/2001	7,5				0,32			
4/6/2001	7,4				0,22			
4/16/2001				6,3				-0,24
4/20/2001	6,5				-0,68			
4/23/2001		8		6,2		0,37		-0,34
4/27/2001	6,7			6,3	-0,48			-0,24
5/2/2001				6,3				-0,24
5/4/2001	7,4				0,22			
5/7/2001		8				0,37		
5/8/2001				6,4				-0,14
5/15/2001		8,5		6,6		0,87		0,06
5/20/2001				6,5				-0,04
5/28/2001			7,8				-0,03	
5/29/2001				6,7				0,16
6/1/2001	7,8				0,62			

Tabla pH-1: Continuación

Valores medidos					Desviaciones de la media			
Fecha	Sem	Stockholm	Kista	Valdres	Sem	Stockholm	Kista	Valdres
6/7/2001				6,8				0,26
6/8/2001	7,8				0,62			
6/13/2001				6,8				0,26
6/20/2001	7,6				0,42			
6/21/2001				6,6				0,06
6/26/2001				6,9				0,36
7/7/2001				6,6				0,06
7/11/2001				6,7				0,16
7/22/2001				7				0,46
7/27/2001				6,5				-0,04
7/29/2001				6,9				0,36
7/31/2001				7				0,46
8/11/2001				7,1				0,56
8/16/2001				6,9				0,36
8/30/2001		7,2				-0,43		
8/31/2001	8,1			6,5	0,92			-0,04
9/9/2001				6,6				0,06
9/11/2001		7				-0,63		
9/14/2001			7,8				-0,03	
9/16/2001	7,7				0,52			
9/17/2001				6,9				0,36
9/18/2001		7,5				-0,13		
9/27/2001				6,6				0,06
10/1/2001		7,7				0,07		
10/6/2001				6,6				0,06
10/12/2001				6,7				0,16
10/16/2001				6,5				-0,04
10/22/2001				6,5				-0,04
10/26/2001		7,5				-0,13		
10/28/2001				6,5				-0,04
11/2/2001	6,9				-0,28			
11/3/2001				6,5				-0,04
11/5/2001				6,6				0,06
11/11/2001				6,5				-0,04
11/16/2001	7	7,9			-0,18	0,27		
11/17/2001				6,4				-0,14
11/19/2001				6,5				-0,04
11/20/2001			8,3				0,47	
11/21/2001		7,7				0,07		
11/25/2001				6,5				-0,04
12/2/2001				6,2				-0,34
12/11/2001				6,4				-0,14
12/14/2001		7,8				0,17		
12/18/2001	6,9			6,2	-0,28			-0,34
12/25/2001				6,4				-0,14
1/4/2002				6,3				-0,24
1/11/2002			7,7	6,5			-0,13	-0,04
1/17/2002				6,3				-0,24

Tabla pH-1: Continuación

Fecha	Valores medidos			Desviación de la media				
	Sem	Stockholm	Kista	Valdres	Sem	Stockholm	Kista	Valdres
1/19/2002		7,8				0,17		
1/25/2002	7,1		7,5		-0,08		-0,33	
1/26/2002				6,3				-0,24
2/1/2002	7,6		7,7	6,3	0,42		-0,13	-0,24
2/3/2002				6,3				-0,24
2/8/2002	7		7,8		-0,18		-0,03	
Media	7,18	7,63	7,83	6,54	□	□	□	□

Tabla HI-pH-2: Totales de Desviación Mensual de Cuatro Escuelas GLOBE de Escandinavia.

	Nº Desv. Neg.	Nº Desv. Pos.
Ene	16	1
Feb	9	6
Mar	12	1
Abr	8	8
May	4	12
Jun	1	8
Jul	1	5
Ago	2	4
Sep	4	10
Oct	6	10
Nov	9	8
Dic	9	4

Protocolo de Alcalinidad



Objetivo General

Medir la alcalinidad de una muestra de agua.

Visión General

Los estudiantes usarán el “kit” de alcalinidad para medir la alcalinidad del agua de su sitio de estudio de Hidrología. El procedimiento exacto se especifica en las instrucciones del kit utilizado.

Objetivos Didácticos

Los estudiantes aprenderán a:

- Usar un kit de alcalinidad.
- Examinar las causas del cambio de alcalinidad de una masa de agua.
- Explicar las diferencias entre pH y alcalinidad.
- Compartir los resultados del proyecto con otras escuelas GLOBE.
- Colaborar con otras escuelas GLOBE (dentro de su país o en otros países).
- Compartir las observaciones utilizando los datos del archivo de GLOBE.

Conceptos de Ciencia

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Los materiales terrestres son las rocas sólidas, el suelo, el agua y la atmósfera.

El agua es un disolvente.

Cada elemento se mueve entre diferentes reservorios (Biosfera, Litosfera, Atmósfera e Hidrosfera).

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

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

La Tierra tiene diversos entornos que soportan diferentes combinaciones de organismos.

Los humanos pueden cambiar el ambiente natural.

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

Habilidades de Investigación Científica.

Usar un kit de test para medir la alcalinidad.

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación científica.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones usando las evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

15 minutos.

Práctica de control de calidad: 20 minutos

Nivel: Medio y Avanzado.

Frecuencia

Semanalmente

Control de calidad: Dos veces al año.

Materiales y Herramientas

Kit de análisis de Alcalinidad

Hoja de Datos del Protocolo de Alcalinidad

Guía de Laboratorio (opcional) Fabricando el Estándar de Alcalinidad de Bicarbonato de Sodio.

Guía de Campo del Protocolo de Alcalinidad.

Frasco lavador (pizeta) con agua destilada

Guantes de látex

Gafas de protección

Para la práctica de control de calidad, todo lo mencionado arriba más:

- El Estándar de Alcalinidad

- *Hoja de Datos de Control del Procedimiento de Investigación de la Calidad del Agua.*

- *Guía de Laboratorio del Procedimiento del Control de Calidad para Alcalinidad.*

Preparación

Actividades propuestas: *Practicando los Protocolos de Hidrología : Alcalinidad (sólo en la guía electrónica)*

Requisitos Previos

Debate sobre la seguridad de los procedimientos cuando se usan kits de análisis químicos.

Protocolo de Alcalinidad: Introducción

La alcalinidad y pH son propiedades del agua que están relacionadas pero que no son lo mismo. La alcalinidad es la medida de la capacidad amortiguadora o tampón del agua. Por otro lado, el pH indica la acidez del agua (ver protocolo de pH). El pH es un parámetro muy importante de la calidad del agua. Muchas plantas y animales tienen unos requerimientos de pH muy específicos y son dañados por cambios repentinos de pH o por valores extremos. ¿Qué le ocurre al pH de la muestra de agua si se le añade un ácido? La respuesta depende de la alcalinidad del agua y de cuánto ácido se añade.

La alcalinidad se expresa en términos de la cantidad de carbonato de calcio (CaCO_3) presente en el agua, aunque hay otras sustancias que pueden contribuir a la alcalinidad también. La alcalinidad se mide en partes por millón (ppm) o en mg/l. Estas unidades son equivalentes $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/l}$.

Diremos que el agua tiene una alta alcalinidad si al añadirle ácido, se neutraliza. Parte de la alcalinidad es utilizada, por lo que disminuirá. Si añadimos más ácido, la alcalinidad continuará disminuyendo. Finalmente, cuando la alcalinidad es suficientemente baja al añadir más ácido el pH disminuirá.

Cuando el agua tiene una alcalinidad alta, decimos que está bien tamponada (*well buffered*). Resiste un descenso de pH cuando se acidifica el agua por ejemplo con la lluvia o el deshielo. La alcalinidad proviene de la disolución de rocas, sobre todo calizas (CaCO_3), y suelos. Se añade de forma natural al agua por el contacto con las rocas y el suelo. El agua disuelve el CaCO_3 , transportándolo hasta arroyos y lagos. Los lagos y arroyos en zonas ricas en calizas tenderán a tener una alcalinidad más alta que aquellos de las regiones con rocas no carbonatadas.

Si el agua tiene una alcalinidad por debajo de 100 mg/l de CaCO_3 , está poco tamponada (*poorly buffered*) y el pH es muy sensible a cualquier variación. Una lluvia intensa o un periodo de deshielo puede añadir suficiente ácido para bajar el pH en un sistema “sensible”. Esto sería perjudicial para las plantas y los animales que viven allí, sobre todo en determinadas épocas del año (por ejemplo época de incubación de huevos o larvas).

Apoyo al Profesorado Preparación Previa

Practicando los Protocolos de Hidrología: : Actividades de Aprendizaje sobre Alcalinidad, este material ayudará a los estudiantes a entender las variables que pueden afectar sus mediciones.

Desarrollar el Protocolo de Control de Calidad si no se ha hecho en seis meses.

Procedimiento de Medición.

Este kit está basado en la técnica de añadir a la muestra de pH sensible un indicador y después añadir una solución ácida de valoración, gota a gota, hasta que haya un cambio de color observable.

Hay una serie de procesos que el alumnado debe seguir para poder tomar datos de calidad:

1. Leer las instrucciones hasta que esté seguro de que ha entendido el proceso a seguir.
2. Medir cuidadosamente: Leer el volumen de la muestra en el frasco de muestras a la altura de los ojos, y en la parte baja del “menisco”.
3. Si se usa un titulador estar seguro de que se valora correctamente. La mayoría de los kits incluyen instrucciones para el uso adecuado de tituladores. Esté seguro de que los estudiantes están familiarizados con las unidades del titulador.
4. Si el kit de alcalinidad usa cuentagotas, colgar la botella verticalmente para que todas las gotas sean del mismo tamaño.
5. Durante el proceso de Control de Calidad y el análisis real de agua, asegurarse de que el cambio de color indica la alcalinidad de forma correcta. En algunos kits, es un cambio de color intermedio el que indica la correcta alcalinidad y no el color final. Para kits con un color intermedio como indicador (tales como el kit La Motte), si no se está seguro de cuando tiene lugar el cambio de color intermedio, leer el titulador o escribir el número de gotas cuando se piense que ha ocurrido el cambio por primera vez. Para kits con sólo un cambio de color durante la titulación, añadir una gota más para ver si el color sigue cambiando. Si no cambia más utilizar el número de gotas anterior a la última.

Procedimiento de Control de Calidad

Para este Protocolo se debe tener la propia solución de referencia o estándar de Bicarbonato sódico (*Guía de Laboratorio Fabricando el Estándar de Alcalinidad de Bicarbonato Sódico*). Independientemente debe adquirir una solución estándar para hacer la lectura de la alcalinidad. Por favor, asegúrese de anotar, en la Hoja de Datos de Control de Calidad de Hidrología, cuál es el estándar que utiliza.

La alcalinidad de la solución estándar de bicarbonato sódico estándar es aproximadamente 84 mg/l. Es la suma de la alcalinidad real del bicarbonato sódico añadido (70 mg/l) más la alcalinidad del agua destilada utilizada (normalmente 14 mg/l o menos):

$$70 \text{ mg/l} + 14 \text{ mg/l} = 84 \text{ mg/l.}$$

La pureza del agua destilada disponible en todo el mundo varía significativamente. Por lo tanto su alcalinidad también varía. Desafortunadamente la mayoría de los kits de análisis de alcalinidad no son capaces de dar medidas exactas para muestras de muy baja alcalinidad, (por ejemplo, menos de 30 mg/l). Por eso resulta muy difícil determinar la alcalinidad exacta del agua destilada que se ha usado, así como la alcalinidad de la solución estándar de bicarbonato sódico. Teniendo en cuenta todo esto, el valor real de la solución estándar de Bicarbonato sódico que usemos debe ser 84 mg/l \pm 10 mg/l. Si la alcalinidad de la solución es menor de 74 mg/l o mayor de 94 mg/l, debe preparar una nueva solución asegurándose de que las cantidades y disoluciones son las adecuadas. Si el valor sigue estando por encima o por debajo más de 10 mg/l, se necesitará reemplazar los productos del kit.

Las soluciones estándar de alcalinidad ya preparadas tienen una alcalinidad conocida con precisión. A lo largo de este estudio, las medidas resultantes deben ser la alcalinidad real de la estándar más o menos la diferencia máxima aceptable para el equipo de análisis utilizado.

Precisión del kit de Alcalinidad.

Los diferentes kits para medir Alcalinidad tienen diferente grado de precisión. En la siguiente tabla están los valores de las diferencias máximas aceptables para los equipos más comunes.

La Motte	\pm 8 mg/l
Hach	\pm 6,8 mg/l (rango inferior, 0–10 mg/l)
	\pm 17 mg/l (rango superior, 0-50 mg/l)

Si su equipo no está en la tabla y no sabe con certeza cómo calcular su precisión, por favor contacte con la coordinación nacional de su país o con GLOBE Help Desk y menciónese el nombre de la empresa y el modelo del kit que utiliza.

Medidas de Seguridad

- Los estudiantes deben llevar guantes cuando manejan productos químicos y agua que podría tener sustancias potencialmente peligrosas.
- Los estudiantes deben llevar gafas de seguridad cuando trabajan con productos químicos.
- Hay que consultar a las autoridades locales sobre la apropiada eliminación de los productos químicos usados.

Protocolos de Apoyo

pH: La alcalinidad está directamente relacionada con el pH; aguas con alcalinidad muy alta son más resistentes a variar el pH por la llegada de ácidos. Es, por lo tanto, importante tomar el dato exacto del pH para compararlo con el dato de alcalinidad.

Atmósfera: Las medidas de atmósfera, especialmente las de temperatura y precipitación, son también importantes para interpretar el dato de alcalinidad. Las lluvias fuertes o el deshielo producen la entrada de una gran cantidad de agua dulce al sistema, disminuyendo la alcalinidad del agua.

Además es importante conocer la geología y el tipo de suelo del área de estudio para poder interpretar el dato de alcalinidad.

Consejos Útiles.

- Si sus estudiantes están usando varios kits, marque todos los componentes de cada kit con un punto del mismo color. Use distintos colores para cada kit. Así ayudará a evitar contaminación de los kits por intercambio de reactivos.

Mantenimiento del Instrumental

1. El kit de alcalinidad debe guardarse en un lugar seco, alejado de fuentes directas de calor.
2. Todos los productos químicos deben guardarse perfectamente tapados.
3. Los productos químicos de los kits tienen una duración de un año si no se contaminan, y son almacenados en lugares secos y alejados de calor extremo.
4. La disolución de alcalinidad estándar debe guardarse en un refrigerador después de haber sido abierta y desecharla después de un año.
5. Guardar el titulador con el cuentagotas retirado para evitar que la goma se pegue al tubo.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Cuál es la relación entre el cambio del pH y el Cambio de alcalinidad en su lugar de estudio?

¿Cómo debería influir en el valor de la alcalinidad del agua de su sitio de estudio, el tipo de roca y de suelo?

¿Qué factores de su ambiente piensa que podrían causar un cambio en la alcalinidad de su sitio de estudio?

Elaborando la Solución Estándar de Bicarbonato de Sodio

Guía de Laboratorio

Qué se Necesita

- Bicarbonato de sodio (1,9 g)
- Balanza
- Probeta de 500 ml
- Agua destilada
- Varilla para remover
- Probeta de 100 ml
- Lápiz o bolígrafo
- Vaso de precipitación de 500 ml

En el Laboratorio

1. Pesar 1,9 g de bicarbonato de sodio y echarlo a la probeta grande.
2. Añadir agua destilada a la probeta hasta la marca de 500 ml.
3. Poner la solución en el vaso de precipitación y moverlo con la varilla para estar seguro de que todo el bicarbonato se ha disuelto.
4. Lavar la probeta de 500 ml con agua destilada. Medir 15 ml de la solución de bicarbonato de sodio con la probeta de 100 ml y ponerla en la probeta limpia de 500 ml.
5. Añadir agua destilada hasta la marca de 500 ml.
6. Esta solución es la estándar y tiene una alcalinidad de aproximadamente 84 mg/l.

Procedimiento de Control de Calidad para la Alcalinidad

Guía de Laboratorio

Actividad

Revisar la precisión del kit de alcalinidad. Practicar usando el kit de análisis correctamente.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Control de Calidad de Hidrología
- Kit de análisis de alcalinidad
- Solución estándar de alcalinidad (comprada o hecha por ti)
- Frasco lavador con agua destilada.
- Gafas de protección
- Lápiz o bolígrafo.
- Guantes de látex
- Probeta de 100 ml

En el Laboratorio

1. Ponerse los guantes y las gafas protectoras.
2. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de Control de Calidad de Hidrología*. Asegurarse de anotar el tipo de solución estándar que se está usando, así como la empresa y el modelo del kit.
3. Medir la alcalinidad de la solución estándar siguiendo las instrucciones del kit.
Nota: Usar la solución estándar como si fuera la muestra de agua.
4. Anotar los resultados en la *Hoja de Datos de Control de Calidad de Hidrología*.
5. Comparar los resultados con el valor de la solución estándar:
 - Si se usa la propia solución estándar, los resultados deben ser de $84 \text{ mg/l} \pm 10 \text{ mg/l}$.
 - Si se está usando una solución estándar comprada, los resultados deben ser la alcalinidad real de la solución estándar más/menos el máximo aceptable de diferencia para el kit de análisis que se usa.

Diferencias máximas aceptables para los kits más comunes de análisis de alcalinidad.

LaMotte	$\pm 8 \text{ mg/l}$
Hach	$\pm 6,8 \text{ mg/l}$ (Rango inferior, 0–10 mg/l)
	$\pm 17 \text{ mg/l}$ (Rango superior, 0-50 mg/l)

6. Si los valores de las medidas no están dentro del rango esperado, repetir el proceso usando solución estándar nueva.
7. Si el valor continúa fuera del rango, comentarlo con el profesorado.

Protocolo de Alcalinidad

Guía de Campo

Actividad

Medir la alcalinidad de la muestra de agua.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Hidrología
- Kit de análisis de alcalinidad
- Guantes
- Frasco lavador con agua destilada
- Gafas de protección
- Bolígrafo o lápiz

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de Hidrología*.
2. Ponerse los guantes y las gafas de protección.
3. Seguir las instrucciones del kit para medir la alcalinidad del agua.
4. Anotar la medida en la *Hoja de Datos de Hidrología* como Observador 1.
5. Repetir la medida usando una muestra de agua nueva.
6. Anotar el dato como Observador 2 y repetir el proceso como Observador 3
7. Calcular la media de las tres medidas.
8. Cada una de las medidas individuales debe estar dentro del rango aceptable de la media.

Máxima diferencia aceptable para los kits más comunes de análisis de alcalinidad

La Motte	± 8 mg/l
Hach	$\pm 6,8$ mg/l (Rango inferior, 0–10 mg/l)
	± 17 mg/l (Rango superior, 0-50 mg/l)

9. Si una de las medidas está fuera de este rango, descartarla y hacer la media de las otras dos.
10. Si el resultado está dentro del rango, anotar sólo esas dos medidas.

Preguntas Frecuentes.

1. ¿Cómo puedo estar seguro de que el cambio de color ya ha tenido lugar ?

Familiarizándose con el cambio de color al practicar el procedimiento de control de calidad.



2. ¿Debería preocuparme si el agua de mi estudio tiene una alcalinidad muy baja?

Algunas zonas tendrán de forma natural una baja alcalinidad. Esto debería ser así en arroyos de montaña. Las aguas no han estado en suficiente contacto, a lo largo de su recorrido, con rocas o suelos como para haberlos disuelto.

Una baja alcalinidad sólo significa que esas áreas son más sensibles a la adición de ácidos.

Protocolo de Alcalinidad. Interpretando los Datos

¿Son razonables los datos?

El rango de los valores de alcalinidad va desde casi 0,0 ppm a más de 500 ppm, aunque la mayoría de los cuerpos de agua tendrán valores entre 40-300 ppm. Descubrir valores inusuales depende del conocimiento del comportamiento típico del lugar de estudio. Si un sitio ha sido medido casi sin alcalinidad durante varios meses y de pronto tiene 300 ppm, los estudiantes deben reconocer una desviación del comportamiento normal y hacer una investigación posterior. Otros lugares pueden tener de forma natural grandes oscilaciones de alcalinidad en respuesta a las precipitaciones, deshielos u otras entradas al sistema.

¿Qué buscan los científicos en los datos?

Los científicos están interesados en saber cómo puede un cuerpo de agua compensar la entrada de ácido. Arroyos con baja alcalinidad son más sensibles, el pH puede llegar a ser peligrosamente bajo con la entrada de una cantidad, relativamente pequeña, de ácido. Los científicos deberían también estar interesados en investigar áreas que muestren grandes oscilaciones de alcalinidad. Estas áreas pueden estar recibiendo cantidades muy grandes de ácido, incluso aunque el curso de agua tenga una alcalinidad que ayude a compensar la entrada de ácido, ésta sería, eventualmente, neutralizada por el ácido resultando un pH más bajo.

Ejemplo de Proyectos de Investigación de los Estudiantes

Formulando una Hipótesis

Una estudiante, observando los datos de alcalinidad en la tabla SWS-02 de Crescent Elk School en California, (el cuerpo de agua es un pequeño riachuelo de agua dulce, el Elk), se da cuenta de que, aunque hay mucha dispersión en los datos, los valores parecen ser más altos en verano y bajos en invierno. Ella sabe que la precipitación a veces puede afectar a la alcalinidad, así que cruza precipitación y alcalinidad como gráficas superpuestas, (Figura HI-AL-1). La precipitación es claramente más alta desde noviembre hasta marzo, y más baja en julio y agosto.

Formula una hipótesis: *En el riachuelo Elk la alcalinidad es más alta cuando las precipitacio-*

nes son más bajas y la alcalinidad es más baja cuando las precipitaciones son más altas.

Tomando datos

La estudiante analiza los datos diariamente. Tres de los puntos de datos de alcalinidad parecen muy bajos. El 15 de agosto de 1997 el dato enviado de alcalinidad fue 1 mg/l y el 15 y 18 de septiembre de 1998 fue de 9 mg/l. Esos valores parecen muy bajos comparados con el resto de los valores. Sin embargo, ella decide ir adelante con su análisis y espera que los datos sean correctos.

Ella quiere eliminar algunos de los “ruidos” dispersión en el gráfico para ver la relación más claramente. Representa la media mensual total de precipitaciones y la media de alcalinidad para los cinco años completos del registro 1997-2001. Figura HI-AL-2. Después descargó los datos mensuales (total de precipitaciones, número de días en los que se midió, media de alcalinidad y número de días en los que se midió la alcalinidad) y los llevó a la hoja de cálculo.

Análisis de Datos

La estudiante vio que no todos los meses tenían registro de datos de cada día. En lugar de mirar el total de precipitaciones en cada mes decidió que sería más apropiado mirar la media de precipitaciones por cada día. Haciendo esto ella supuso que los días que faltaban tendrían en torno a la misma media de precipitaciones que el resto de los días del mes. Calculó la media dividiendo el total de precipitaciones (mm) por el número de días de mediciones que fue enviado el dato. [Por ejemplo, el total de precipitaciones en abril 1997 fue 113,4 mm, las medidas fueron enviadas los 30 días, y así la media de precipitación era 3,78 mm/día].

Entonces eliminó los meses para los cuales no había valor ni del total de precipitaciones ni de la media de alcalinidad. Seis de los 60 meses no tienen datos de media de alcalinidad, tres meses no tienen datos del total de precipitaciones y un mes, oct de 2001, no tiene ninguno. Después de hacer esto tiene 50 meses con datos.

Clasifica sus datos para precipitaciones como muestra la tabla HI-AL-1 y después calcula la media de precipitaciones y alcalinidad para bloques de cada 10 meses. Los diez meses con la media mas alta de precipitaciones incluyen 1 noviembre, 2 diciembres, 3 febreros y 1 marzo con una media de precipitación de 12,7 mm/día.

El rango de alcalinidad va desde 55 a 72 ppm, con una media de 66 durante esos meses. Como las precipitaciones disminuyen para los próximos tres bloques de meses (desde 5,5 a 3,3 a 1,4 mm/día). La media de alcalinidad para los 10 meses está en torno a los 70s: 74, 79 y 76 mg/l. Durante los 10 meses con la menor precipitación (media de 10-meses de solo 0,1 mm/día), los rangos de alcalinidad van desde 66 a 99, con una media de 6 mg/l. Esos meses incluyen 1 junio, 3 julio, 4 agosto y 2 septiembre. Así ella está satisfecha ya que en la media, la alcalinidad es más alta en los meses con muy poca precipitación que en los meses con altas precipitaciones.

Siguiente paso, toma los mismos datos y los ordena, en este caso por alcalinidad en lugar de por precipitaciones, y de nuevo calcula la media de 10 meses como muestra la tabla HI-AL-2. La media de los 10 meses ordenada muestra una buena tendencia. Para la media de alcalinidad de 94, 81, 75, 70 y 61 mg/l, la media de precipitaciones es de 1,6; 2,7; 3,5; 6,5 y 8,7 mm/día, respectivamente. De los 10 valores más altos de alcalinidad, la mayoría tienen lugar desde junio hasta septiembre, aunque hay 1 en marzo y 1 en abril. La media mensual de precipitación asociada con los 10 valores más altos muestra que el rango va desde 0,0 a 4,4 mm/día. Ocho de los 10 valores más bajos fueron recogidos entre noviembre y marzo, los otros dos meses fueron mayo y agosto, los cuales tuvieron bajas precipitaciones. El rango de la media mensual de precipitaciones va de 0,0 a 16,9 mm/día (el valor más bajo y el más alto) a pesar de la media alta de 10 meses.

La estudiante pensó que tenía suficientes datos para apoyar su hipótesis. Dibujó sus gráficas y tablas y escribió sus resultados como un informe y lo presentó en la Web de GLOBE dentro del apartado Investigaciones de estudiantes.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

Hay algunos otros aspectos que ésta estudiante necesita considerar. ¿Qué extensión de la corriente de agua es afectada por el deshielo? ¿Cuánta precipitación en forma de nieve contribuye al total de la precipitación en esta cuenca? ¿Cómo puede el deshielo, durante la primavera, afectar a la alcalinidad incluso en meses con pocas precipitaciones?

Este sitio tiene bastante poca alcalinidad todo el año (menos de 100 mg/l de CaCO_3). ¿Mostraría un sitio con una alcalinidad más alta tantos cambios? ¿Qué ocurriría en un sitio con más precipitaciones estacionales?

Figura HI-AL-1

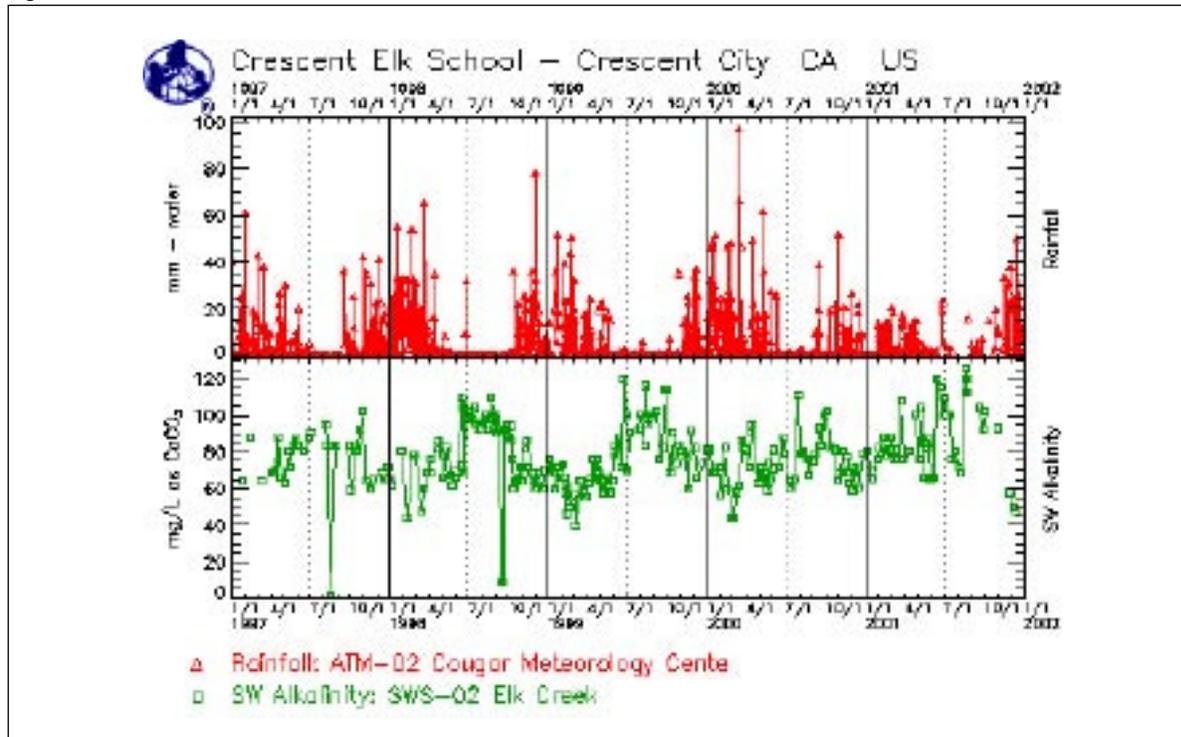


Figura HI-AL-2

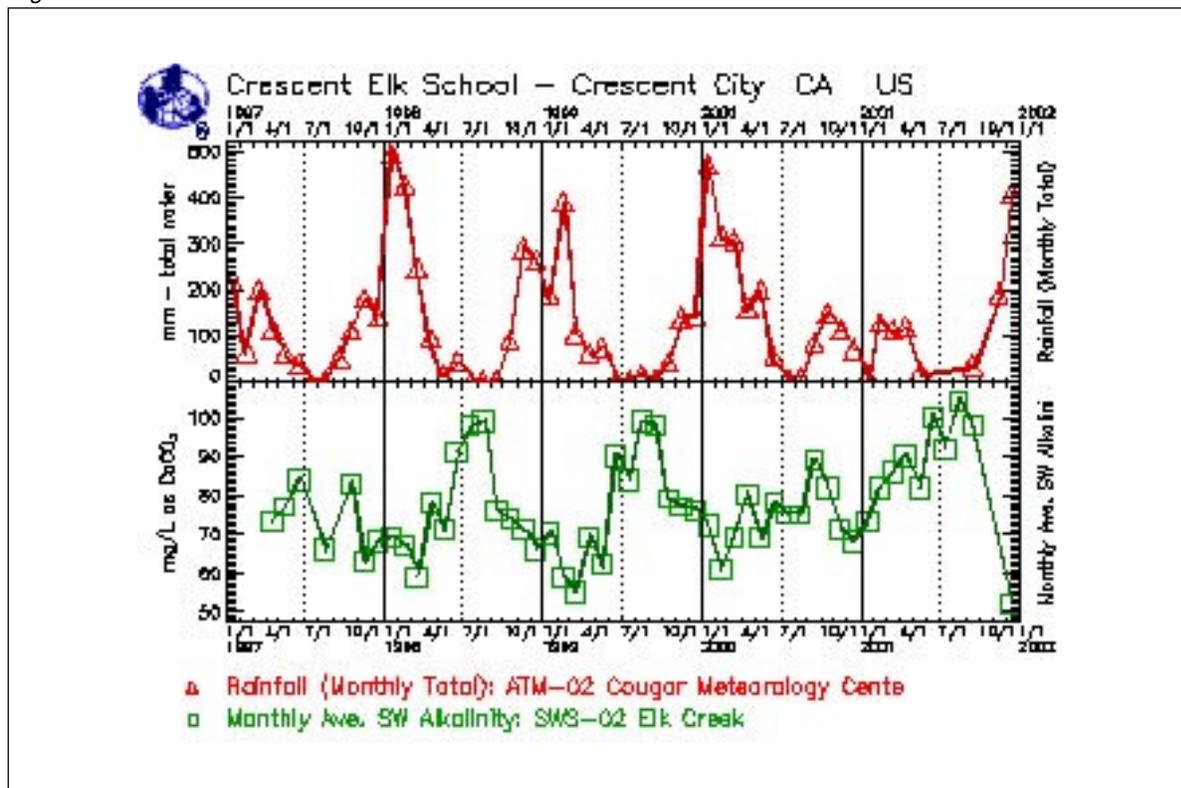


Tabla HI-AL-1: 1997-2001 Media Mensual de Precipitaciones y Alcalinidad, Clasificado por Descenso de la Media de las Precipitaciones

Mes	Media Diaria Precipitaciones (mm/day)	Media de Precipitaciones de 10 meses	Media Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Media Alcalinidad de 10 meses	Mes	Media Diaria Precipitaciones (mm/day)	Media de Precipitaciones de 10 meses	Media Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Media Alcalinidad de 10 meses
Dic-01	16,9	12,7	52	66	May-99	2,3	1,4	62	76
Ene-98	16,0		69		Dic-00	2,2		68	
Feb-98	15,8		67		Abr-99	1,9		69	
Ene-00	15,2		72		Jun-00	1,8		78	
Feb-99	13,9		59		Oct-99	1,5		79	
Feb-00	10,9		61		Jun-98	1,4		91	
Nov-98	10,7		71		Jun-97	1,4		84	
Mar-00	10,2		69		May-01	0,8		82	
Ene-99	9,0		70		May-98	0,4		71	
Dic-98	8,8		66		Ene-01	0,4		73	
Mar-98	7,7	5,5	59	74	Ago-99	0,4	0,1	99	86
May-00	6,4		69		Ago-00	0,3		75	
Nov-97	6,4		63		Jun-99	0,2		90	
Abr-00	5,3		80		Sep-99	0,1		98	
Nov-99	5,3		77		Jul-00	0,1		75	
Dic-99	4,9		76		Jul-99	0,0		84	
Oct-00	4,9		82		Ago-97	0,0		66	
Dic-97	4,7		68		Jul-98	0,0		98	
Feb-01	4,5		82		Ago-98	0,0		99	
Mar-01	4,4		86		Sep-98	0,0		76	
Mar-99	4,3	3,3	55	79					
Abr-01	3,9		90						
Abr-97	3,8		73						
Nov-00	3,7		71						
Oct-97	3,5		83						
Oct-98	3,2		74						
Abr-98	3,1		78						
Sep-00	2,8		89						
Sep-01	2,4		98						
May-97	2,3		77						

Tabla HI-AL-2: 1997-2001 Media Mensual de Precipitaciones y Alcalinidad, Clasificado por el Descenso de la Alcalinidad.

Mes	Media Diaria Precipitaciones (mm/day)	Media de Precipitaciones de 10 meses	Media Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Media Alcalinidad de 10 meses	Mes	Media Diaria Precipitaciones (mm/day)	Media de Precipitaciones de 10 meses	Media Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Media de Alcalinidad de 10 meses
Ago-99	0,4	1,6	99	94	Nov-98	10,7	6,5	71	70
Ago-98	0,0		99		Nov-00	3,7		71	
Sep-01	2,4		98		May-98	0,4		71	
Sep-99	0,1		98		Ene-99	9,0		70	
Jul-98	0,0		98		Ene-98	16,0		69	
Jun-98	1,4		91		Mar-00	10,2		69	
Abr-01	3,9		90		May-00	6,4		69	
Jun-99	0,2		90		Abr-99	1,9		69	
Sep-00	2,8		89		Dic-97	4,7		68	
Mar-01	4,4		86		Dic-00	2,2		68	
Jun-97	1,4	2,7	84	81	Feb-98	15,8	8,7	67	61
Jul-99	0,0		84		Dic-98	8,8		66	
Oct-97	3,5		83		Ago-97	0,0		66	
Oct-00	4,9		82		Nov-97	6,4		63	
Feb-01	4,5		82		May-99	2,3		62	
May-01	0,8		82		Feb-00	10,9		61	
Abr-00	5,3		80		Feb-99	13,9		59	
Oct-99	1,5		79		Mar-98	7,7		59	
Abr-98	3,1		78		Mar-99	4,3		55	
Jun-00	1,8		78		Dic-01	16,9		52	
Nov-99	5,3	3,5	77	75					
May-97	2,3		77						
Dic-99	4,9		76						
Sep-98	0,0		76						
Ago-00	0,3		75						
Jul-00	0,1		75						
Oct-98	3,2		74						
Abr-97	3,8		73						
Ene-01	0,4		73						
Ene-00	15,2		72						

Protocolo de Nitratos



Objetivo General

Medir el Nitrato - Nitrógeno ($\text{NO}_3 - \text{N}$) del agua

Visión General

Los alumnos utilizarán un kit de nitratos para medir el nitrógeno en forma de nitratos que se encuentra en el agua de su sitio de estudio de Hidrología.

El procedimiento exacto depende de las instrucciones del kit de nitratos utilizado.

Objetivos Didácticos

El alumnado aprenderá a:

- Utilizar el kit de nitratos.
- Examinar las razones de los cambios del nitrato de los cuerpos de agua.
- Comunicar los resultados del estudio con otros centros escolares GLOBE.
- Colaborar con otros centros escolares GLOBE (del mismo país u otros países)
- Compartir observaciones mediante la presentación de los datos en el archivo GLOBE.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la tierra y el Espacio

Cada elemento se mueve entre diferentes reservorios (biosfera, litosfera, atmósfera, hidrosfera).

Los materiales que forman la tierra son rocas sólidas, suelos, agua y atmósfera.

El agua es un disolvente.

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

Los organismos sólo pueden sobrevivir en un entorno en el que sus necesidades estén cubiertas.

La Tierra tiene diversos entornos que acogen diferentes combinaciones de organismos.

Los organismos cambian el entorno en el que viven.

El ser humano puede cambiar el entorno natural.

Todos los organismos deben ser capaces de obtener y utilizar los recursos viviendo en un entorno que cambia constantemente.

Habilidades de Investigación Científica

Utilizar un kit químico de análisis de nitratos.

Identificar las preguntas y respuestas relacionadas con el protocolo.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Utilizar cálculos matemáticos apropiados para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones

utilizando pruebas.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

Tiempo

20 minutos para el kit de análisis de nitratos.

Procedimiento de control de calidad: 20 minutos

Nivel

Medio y avanzado

Frecuencia

Semanalmente

Control de calidad cada 6 meses

Materiales y Herramientas

Kit de análisis de nitratos (hay que asegurarse de utilizar un kit adecuado si hay agua salada)

Guía de Campo del Protocolo de Nitratos

Hoja de Control de Calidad de Hidrología

Hoja de Datos de Investigación de Hidrología.

Reloj

Guantes de látex

Gafas de protección

Mascarilla (si se utilizan reactivos)

Agua destilada

Para el procedimiento de control de calidad, se necesitará todo lo mencionado anteriormente, más :

- *Guía de Campo para el Procedimiento de Control de Calidad*

- *Hoja de Datos para el Procedimiento de Control de Calidad.*

- *Guía de Laboratorio para la Elaboración del Estándar de 2 ppm de Nitratos.*

- Solución estándar de nitratos (1000 mg/l Nitrato - Nitrógeno)

- El equipamiento depende de cómo se realiza el estándar (ver la *Guía de Laboratorio para la Elaboración del Estándar de 2 ppm de Nitratos*)

Preparación

Actividad sugerida: *Practicando los Protocolos de Hidrología: Nitratos (sólo en la guía electrónica)*

Requisitos Previos

Discusión de las diferencias entre Nitrato, Nitrato-Nitrógeno y Nitrito.

Discusión de procedimientos seguros al utilizar kits de análisis químico.

Protocolo de Nitratos— Introducción

El nitrógeno puede tener varias formas químicas en los cuerpos de agua. El nitrógeno puede encontrarse como nitrógeno molecular disuelto (N_2), como un compuesto orgánico (tanto disuelto como en partículas), y como numerosas formas inorgánicas, tales como el ión Amonio (NH_4^+), Nitrito (NO_2^-) y Nitrato (NO_3^-). El Nitrato (NO_3^-) es habitualmente la forma inorgánica más importante del nitrógeno porque es un nutriente esencial para el crecimiento y reproducción de muchas algas y otras plantas acuáticas. El Nitrito (NO_2^-) habitualmente se encuentra en aguas con un bajo nivel de oxígeno disuelto, denominadas aguas subóxicas.

Los científicos a menudo llaman al Nitrógeno “nutriente limitante” porque las plantas usan, en pequeñas cantidades, el nitrógeno disponible en el agua y no pueden crecer o reproducirse más si falta. Por lo tanto, limita la cantidad de plantas en el agua. Muchas plantas que utilizan el Nitrógeno son algas microscópicas o fitoplancton. Cantidades adicionales de Nitrógeno añadidas al agua pueden permitir a las plantas crecer y reproducirse más.

La forma de Nitrato del Nitrógeno, que se encuentra en aguas naturales, viene de la atmósfera, en forma de lluvia, nieve o niebla, también puede ser depositada por el viento, por la entrada de aguas subterráneas o superficiales y por los residuos que fluyen bajo la superficie desde la cobertura terrestre y los suelos circundantes. Asimismo, la descomposición de restos vegetales o animales en el suelo o los sedimentos generan nitratos. La actividad humana puede afectar enormemente a la cantidad de nitratos en los cuerpos de agua.

Cuando se añade una cantidad excesiva de un nutriente limitante, como el Nitrógeno, a un lago o arroyo, el agua se convierte en altamente productiva. Esto puede causar un tremendo crecimiento de algas y otras plantas. Este proceso de enriquecimiento del agua se denomina eutrofización. El resultado del exceso de crecimiento de plantas puede causar problemas de olor y sabor en los lagos que se utilizan para el consumo de agua potable o puede causar problemas molestos para aquellos que utilizan esos cuerpos de agua.

Aunque las plantas y las algas añaden oxígeno, un sobrecrecimiento puede llevar a la reducción de los niveles de luz en los cuerpos de agua.

Cuando las algas y plantas mueren y se descomponen, las bacterias se multiplican y utilizan el oxígeno disuelto del agua. La cantidad de oxígeno disuelto disponible en el agua puede llegar a ser muy bajo y resultar perjudicial para los peces y otros animales acuáticos.

Apoyo al Profesorado

Entender las propiedades de los kits de Nitratos.

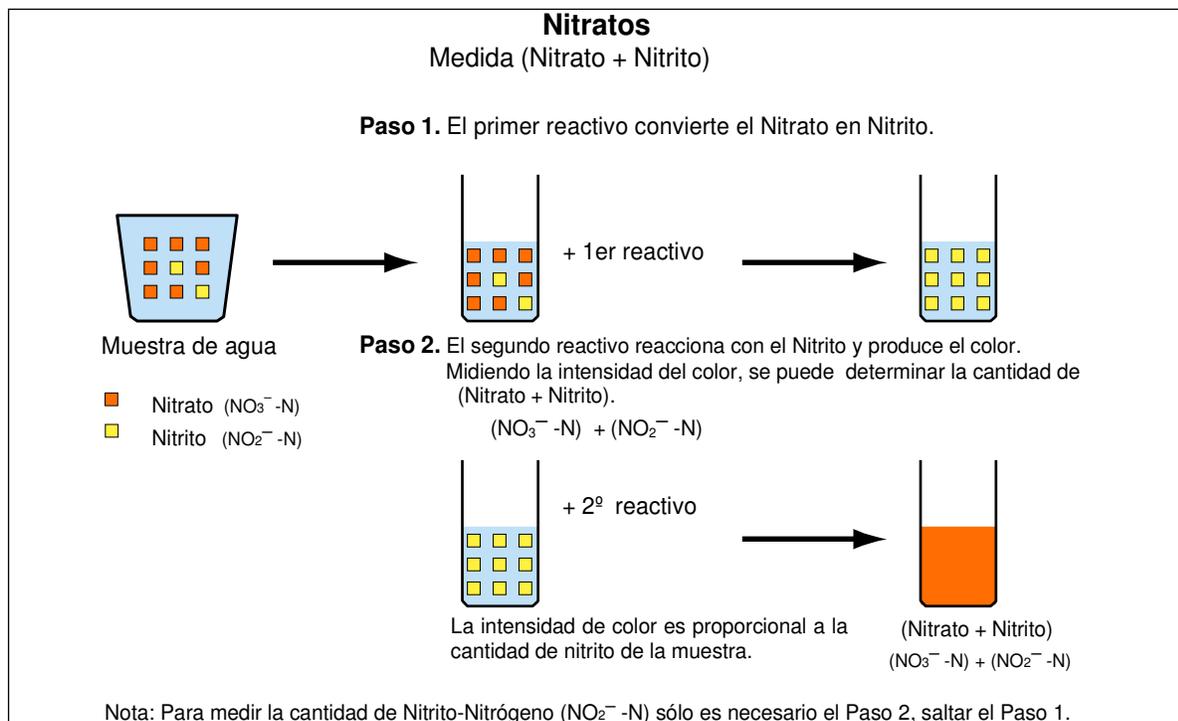
Es muy difícil medir directamente el Nitrato (NO_3^-), mientras que el nitrito (NO_2^-) es fácil de ser evaluado. Por lo tanto, para medir el nitrato, los kits de nitratos convierten el nitrato (NO_3^-) de la muestra de agua, en nitrito (NO_2^-). Tal y como se explica en las instrucciones del kit de nitratos, habrá que añadir algún producto (como por ejemplo, el cadmio) a la muestra de agua, para convertir el nitrato (NO_3^-) del agua en nitrito (NO_2^-). Un segundo producto se añade entonces a la muestra de agua, el mismo que reacciona con el nitrito produciendo un cambio de color. El cambio de color que resulta de la muestra de agua, es proporcional a la cantidad de nitrito en la muestra.

La medida en el kit de nitratos da la concentración combinada de nitrito (si está presente) y nitrato (recordar que el nitrato se ha convertido en nitrito). En la guía del profesor de 1997, se pedía tanto la medida del nitrito, como la combinación de nitrato y nitrito (el procedimiento descrito más arriba). Ahora solamente se pide registrar la combinación de nitrito y nitrato.

Si el agua del sitio de estudio tiene un nivel bajo de oxígeno disuelto, es recomendable medir la cantidad de nitratos. Para medir el nitrito no hay que añadir el primer producto químico (como por ejemplo, el cadmio). En su lugar, solamente se añade el segundo producto, que reacciona con el nitrito y produce un cambio de color. Las instrucciones del kit de nitratos explicarán cómo hacerlo. Ver figura HI-N1-1.

La reacción química que provoca el cambio de nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) se llama reacción de oxidación-reducción. Este tipo de reacciones son muy comunes y suponen el intercambio de electrones de una molécula a otra. A menudo, los kits señalarán que utilizan un método de reducción de cadmio. Esto significa que el cadmio ha tomado los electrones del nitrato (NO_3^-) para formar el nitrito (NO_2^-).

Figura HI-NI-1



El equipo de investigación hidrológica ha probado kits que utilizan tanto cadmio como zinc, como elemento reductor. Los kits que utilizan cadmio proporcionan una mayor resolución de 0,1 ó 0,2 ppm. En otras palabras, el valor de la medida tendrá una fiabilidad del 0,2. Los kits que utilizan zinc han sido probados y en general tienen una resolución aproximada de 0,25 ppm. No obstante, el cadmio es cancerígeno y no debe estar permitido o recomendado en los centros escolares. Los kits están diseñados para minimizar la exposición al cadmio o al zinc. Es necesario comprobar la póliza de seguros del centro educativo antes de pedir estos kits. Se están buscando nuevos kits que utilicen otros productos. Para GLOBE, las concentraciones de Nitrato se expresan como la cantidad de nitrógeno elemental en forma de Nitrato. Las concentraciones se expresan como Nitrato - Nitrógeno (NO₃⁻-N) en miligramos por litro.

Miligramos por litro (mg/l) es lo mismo que partes por millón (ppm). Por ejemplo, una concentración puede ser medida como 14 g de Nitrógeno por mol de NO₃⁻ y no como gramos de NO₃⁻ (que serían 62 gramos por mol (NO₃⁻). Puede ser útil revisar la tabla periódica de elementos. El peso del nitrógeno es de 14 g y el del NO₃⁻ es de 62 g (O= 16 g). Los kits de Nitrato-Nitrógeno están

diseñados para medir el Nitrato - Nitrógeno y GLOBE pide datos de los valores de Nitrato-Nitrógeno también.

Para practicar, puede convertir mg/l de Nitrato - Nitrógeno a mg/l de nitrato. Simplemente multiplicando el valor de su medida por 4,4. Este valor es la ratio de Nitrato - Nitrógeno de los pesos moleculares (62 g/ 14 g). Por ejemplo, supongamos que se miden 10 mg/l (NO₃⁻ - N). Multiplicando 10 por 4,4 se obtendrán 44 mg/l de NO₃⁻

Procedimiento de Medida

- La mayoría de aguas naturales tienen niveles de Nitrato menores de 1,0 mg/l de Nitrógeno en forma de nitratos, pero podemos encontrar concentraciones mayores de 10 mg/l de Nitrato-Nitrógeno en algunas áreas. Si el kit posee un rango bajo (0-1 ppm) y un rango alto (1-10 ppm), probablemente sólo se necesitará el test de rango bajo. Si no está seguro de cuáles son los niveles de nitrato, utilice el rango inferior. El alumnado deberá anotar el rango del test en su tabla de datos. Los valores por encima de 10 ppm deberán ser corregidos a menos que un centro escolar indique que sus resultados son válidos por encima de este nivel.
- Si el kit mide Nitrato - Nitrógeno (NO₃⁻ - N) no hay que multiplicar el valor de la medida por 4,4. Registre el valor del kit directamente.

- Si el kit de nitratos requiere agitar la muestra, es importante agitarlo durante el tiempo exacto que señalan las instrucciones. Utilice un reloj para medir el tiempo. Un alumno agitará la muestra mientras que otro controlará el tiempo.
- No registre ningún valor si no se han analizado los nitratos del agua. Un valor de 0,0 ppm indica que el agua ha sido examinada y que no se ha detectado Nitrato.
- Si hubiera valores bajos de oxígeno disuelto (por ejemplo, menos de 3,0 mg/l) y se detectan cantidades de Nitrato - Nitrógeno ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) será necesario tomar las medidas de Nitrógeno en forma de Nitrito ($\text{NO}_2^- - \text{N}$).
- Si el sitio de estudio es de agua salada o salada, hay que asegurarse de que el kit pueda ser utilizado en agua salada. Si ya se dispone de un kit, mirar las instrucciones para los nitratos. Algunos kits no se pueden utilizar en agua salada.

Procedimiento de Control de Calidad

Para llevar a cabo el procedimiento de control de calidad, se necesita comprar una solución estándar de Nitrato - Nitrógeno. Se puede utilizar tanto una solución líquida de Nitrato - Nitrógeno, así como una solución seca. El líquido a comprar tiene una concentración alta de $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (1000 ppm). La guía de laboratorio explica cómo diluir la solución estándar a 2 ppm. El alumnado podrá entonces medir la concentración de $\text{NO}_3^- - \text{N}$ en la solución estándar y comparar su resultado con el valor esperado de 2 ppm.

La *Realización de la Guía de Laboratorio de Nitratos Estándar* proporciona dos opciones para realizar 2 ppm de Nitrato-Nitrógeno estándar. La segunda opción utiliza menor cantidad de solución y tiene menor desperdicio, pero requiere una mayor destreza.

Después de que los alumnos hayan completado el procedimiento de control calidad utilizando el estándar de 2 ppm, hay que desechar lo que queda sin utilizar de los estándar 2 ppm y 10 ppm. La solución estándar de nitratos debe hacerse de nuevo cada vez que se realiza el procedimiento de control de calidad.

Por último, *La Guía de Laboratorio para la Elaboración de la Solución Stock Estándar de 1000 ppm de Nitrato - Nitrógeno* muestra cómo hacer el estándar de concentración de 1000 ppm a partir del Nitrato de Potasio (KNO_3). Este método es recomendado sólo cuando hay un laboratorio de química disponible.

Protocolos de Apoyo

Hidrología: El alumnado debe explorar las relaciones entre transparencia, temperatura y oxígeno disuelto con la cantidad de nitratos presentes en el agua.

Cobertura Terrestre: Examinar los tipos de cobertura terrestre en la cuenca puede ayudar a explicar las tendencias que se encuentran en los cuerpos de agua.

Atmósfera: La cantidad de precipitaciones afectará a la cantidad de residuos y de nutrientes que llevan estos residuos.

Medidas de Seguridad

1. El alumnado deberá llevar guantes cuando maneje productos químicos y las muestras de agua.
2. El alumnado deberá llevar gafas de protección cuando trabaje con productos químicos. Deberá llevar también máscaras cuando abra algún agente reactivo.
3. Las autoridades del centro escolar deberán ser consultadas para eliminar de forma apropiada los reactivos utilizados.

Mantenimiento de las Herramientas

- Todos los productos deberán mantenerse rigurosamente tapados y lejos del calor directo. Será necesario reemplazar los productos después de un año.
- El material de cristal del kit deberá ser lavado con agua destilada antes de guardarlo.
- Realizar el procedimiento de control de calidad del kit cada 6 meses para asegurarse de que los productos son todavía útiles.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Por qué cree que debe haber muestras de cada estación en los datos de Nitrato?

¿Hay alguna relación entre la cantidad de Nitrato de su sitio de estudio y el tipo de cobertura terrestre en la cuenca?

¿Afecta la temperatura a la cantidad de nitrato en el agua?

¿Hay alguna relación entre los tipos de suelos presentes en la cuenca y la cantidad de Nitrato en el cuerpo de agua?

Elaboración de la Solución Estándar de Nitratos de 2 ppm

Opción 1

Guía de Laboratorio

Actividad

Realizar la estándar de Nitrato - Nitrógeno para el procedimiento de control de calidad utilizando 5 ml de la solución de Nitrato – Nitrógeno .

Qué se Necesita

- Solución estándar de Nitrato - Nitrógeno (1000 ppm)
- Vaso de precipitación de 100 ml (o más grande)
- Probeta de 100 ml
- Frasco o vaso de precipitación de 500 ml
- Probeta de 500 ml
- Guantes de latex
- Gafas de protección
- Pipeta
- Varilla para remover (opcional)
- Agua destilada
- Botella o bote con tapa de 250 ml

En el Laboratorio

1. Ponerse los guantes y las gafas de protección.
2. Enjuagar una probeta de 100 ml y un frasco de 100 ml con agua destilada. Secar.
3. Utilizando una pipeta (si es posible), medir 5 ml de la solución de 1000 ppm de nitratos en la probeta de 100 ml. Diluir con agua destilada hasta los 50 ml.
4. Echar la solución en el vaso de precipitación de 100 ml y mezclarla (agitando o utilizando una varilla para remover). Etiquetar la solución estándar de Nitrato de 100 ppm.
5. Lavar la probeta de 100 ml con agua destilada.
6. Medir 10 ml de la solución estándar de Nitrato 100 ppm, utilizando la probeta de 100 ml. Echar la solución en un matraz o vaso de precipitación de 500 ml. Medir 490 ml de agua destilada en la probeta de 500 ml. Añadir este volumen al matraz o al vaso de precipitación de 500 ml.
7. Cuidadosamente, agitar la solución para que se mezcle. Guardarla en una botella con tapón y etiquetarla como *Solución Estándar de Nitrato - Nitrógeno de 2,0 ppm*.

Elaboración de la Solución Estándar de Nitratos de 2 ppm

Opción 2

Guía de Laboratorio

Actividad

Realizar el estándar de Nitrato - Nitrógeno para el procedimiento de control de calidad utilizando 1 ml de la solución stock de Nitrato - Nitrógeno.

Qué se Necesita

- Solución estándar de Nitrato - Nitrógeno (1000 ppm)
- Vaso de precipitación de 100 ml (o más grande)
- Frasco o vaso de precipitación de 500 ml
- Guantes de latex
- Gafas de protección
- Pipeta
- Agua destilada
- Balanza
- Botella o bote con tapa de 250 ml

En el Laboratorio

1. Ponerse los guantes y las gafas de protección.
2. Enjuagar un vaso de precipitación de 100 ml y una probeta de 500 ml con agua destilada. Secar.
3. Medir la masa del vaso de precipitación de 100 ml con una balanza. Dejar el vaso de precipitación sobre la balanza.
4. Utilizando una pipeta, añadir 1,0 g de la solución de 1000 ppm de Nitrato - Nitrógeno en el vaso de precipitación de la balanza.
5. Retirar el vaso de precipitación de la balanza y llenarlo con agua destilada hasta la línea de 100 ml. Remover la solución. Etiquetarla como Solución Estándar de 10 ppm de Nitrato.
6. Medir la masa de la probeta de 500 ml. Dejar la probeta sobre la balanza.
7. Medir 40 g de la solución estándar de 10 ppm de Nitrato en la probeta de 500 ml. Utilizar una pipeta limpia para añadir los últimos gramos de la solución para así no exceder los 40g.
8. Añadir agua destilada hasta los 200 g (10 ppm de la solución de nitrato + agua destilada) en la probeta. Utilizar una pipeta limpia para añadir los últimos gramos de agua, y así no exceder los 200 g.
9. Mover la solución para que se mezcle. Guardarla en una botella con tapón y etiquetarla como *Solución Estándar de Nitrato - Nitrógeno de 2,0 ppm*.
10. Lavar todos los instrumentos de cristal y pipetas con agua destilada y guardarlos.

Elaboración de la Solución Estándar de Nitratos 1000 ppm

Guía de Laboratorio

Actividad

Elaborar la solución estándar de Nitrato - Nitrógeno de 1000 ppm para el procedimiento de control de calidad utilizando KNO_3 (Nitrato de Potasio).

Qué se Necesita

- KNO_3 (Nitrato de Potasio)
- Agua destilada
- Horno para secar
- Probeta de 500 ml
- Guantes de látex
- Botella o frasco con tapa de 250 ml
- Balanza
- Cloroformo (opcional)
- Gafas de protección

En el Laboratorio

1. Ponerse los guantes y las gafas de protección.
2. Secar el KNO_3 (Nitrato de Potasio) en un horno durante 24 horas a 105 °C
3. Medir 3,6 g de KNO_3 .
4. Disolver 3,6 g de KNO_3 en 100 ml de agua destilada.
5. Echar la solución en una probeta de 500 ml. Añadir agua destilada en la probeta hasta la línea de 500 ml.
6. Mover cuidadosamente la solución (no agitar).
7. Guardarla en una botella o frasco y etiquetarlo como solución estándar de 1000 mg/l de Nitrato - Nitrógeno. Poner la fecha en la etiqueta.
8. La solución de nitrato puede conservarse hasta 6 meses utilizando cloroformo (CHCl_3). Para conservar la solución, añadir 1 ml de cloroformo a 500 ml de la solución de nitratos guardada.

NOTA: Para calcular el Nitrato - Nitrógeno, tener en cuenta la composición molecular del KNO_3 (la proporción del peso molecular del nitrógeno sobre el nitrato es 0,138): $7200 \text{ mg/l } \text{KNO}_3 \times 0,138 = 1000 \text{ mg/l}$ de solución de Nitrato - Nitrógeno.

Procedimiento de Control de Calidad de Nitratos.

Actividad

Controlar la precisión del kit de análisis de nitratos.

Qué se Necesita

- Kit de comprobación de nitratos
- Hoja de Datos Control de Calidad de Hidrología
- Estándar 2 ppm de Nitrato
- Guantes de látex
- Reloj
- Gafas
- Agua destilada
- Mascarilla (si se usa reactivos en polvo)
- Botella de residuos químicos

En el Laboratorio

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de Control de Calidad de Hidrología*. En la sección de Nitratos, rellenar el nombre del fabricante del kit y del modelo.
2. Ponerse los guantes y las gafas de protección.
3. Seguir las instrucciones del kit de comprobación de nitratos para medir el Nitrato – Nitrógeno de la solución estándar de 2 ppm. Si el kit de comprobación de nitratos tiene instrucciones tanto para un rango bajo (0-1) como para un rango alto (0-10), utilizar las instrucciones del rango bajo para la calibración. Utilizar el estándar donde dice “muestra de agua”. Si se utilizan polvos reactivos, usar la mascarilla al abrir esos productos. Utilizar un reloj para medir el tiempo si el kit requiere que se agite la muestra.
4. Buscar el color de la muestra tratada que corresponde con el color del kit de comprobación. Grabar el valor como ppm de Nitrato - Nitrógeno para el color que corresponde en la *Hoja de Datos de Control de Calidad de Hidrología*.
Nota: Si no está seguro del color que mejor corresponde pida la opinión de otros compañeros.
5. Repetir los pasos 3 y 4 con muestras de agua fresca. Habrá un total de tres medidas de Nitrato - Nitrógeno.
6. Calcular la media de estas tres medidas.
7. Si la medida no está dentro de +/- 1 ppm (rango alto) con respecto al valor de la solución estándar, repita la medida. Si la medida no está todavía dentro de los límites, hablar con el profesor o profesora porque puede haber algún problema.
8. Poner las sustancias utilizadas en un contenedor de residuos. Lavar los instrumentos de cristal con agua destilada. Tapar todos los productos rigurosamente.

Protocolo de Nitratos

Guía de Campo

Actividad

Medir el Nitrato de la muestra de agua.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Kit de comprobación de Nitratos
- Guantes de látex
- Reloj
- Gafas de protección
- Agua destilada
- Mascarilla (si se usan reactivos en polvo)
- Botella de residuos químicos

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*. En la sección de Nitratos, rellene el nombre del fabricante del kit y el modelo.
2. Ponerse los guantes y las gafas.
3. Seguir las instrucciones del kit para medir el Nitrato - Nitrógeno. Se deberá utilizar el “Test de rango bajo” (0-1 mg/l) a menos que los resultados previos indiquen que el sitio de estudio habitual tiene más de 1 mg/l de Nitrato - Nitrógeno. Si se utilizan reactivos en polvo, usar la mascarilla al abrir esos productos. Utilizar un reloj para medir el tiempo si el kit requiere que se agite la muestra.
4. Comparar el color de la muestra tratada con los del kit de análisis. Anotar el valor como ppm de Nitrato - Nitrógeno para el color que corresponde. Tiene que haber otros dos alumnos que comprueben el color de la muestra de agua tratada, para tener un total de 3 observaciones. Anotar estos tres valores en la hoja de datos.
5. Calcular la media de estas tres medidas.
6. Comprobar si cada una de las tres medidas está dentro de la media (o dentro de la media de 1,0 ppm si se utiliza el test de rango superior). Si es así, anotar la media en la hoja de datos. Si no es así, leer las medidas de los colores de nuevo (Nota: no se puede leer de nuevo si han pasado más de 5 minutos). Calcular una nueva media. Si la medida no está todavía dentro de los límites, analizar con el profesor los posibles problemas.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Es lógico tener una medida de nitratos de 0 en el agua?

Sí, un valor de 0 ppm indica que la cantidad de nitratos (si hay) en el agua está por debajo del límite de detección (normalmente 0,1 ppm de N-NO_3) del kit de nitratos que está utilizando. Muchos cuerpos de agua deberían tener 0 ppm la mayor parte del año.

2. ¿Qué ocurre si el agua cambia a un color diferente del rosa durante el proceso de análisis?

Es probable que no se deba utilizar el kit que se está utilizando en ese momento. Por favor, contactar con el equipo de hidrología de la Universidad de Arizona para ver si les interesaría una muestra de agua.

3. ¿Es correcto que los valores de nitratos fluctúen mucho en un corto período de tiempo?



Sí, después de unas precipitaciones los residuos procedentes de la cubierta terrestre y de los suelos de los alrededores, que contienen nitratos, pueden llegar a un arroyo, a un lago o estuario y pueden causar un aumento de los niveles de nitratos. Después de tormentas o cuando la nieve se derrite, los niveles pueden disminuir.

4. ¿Es correcto utilizar un kit de nitratos con una base de zinc?

Sí. Mientras que los kits con base de cadmio dan valores más exactos en aguas con bajo nivel de nitratos, nos hemos dado cuenta de que el reglamento de los centros educativos no permite a algunos centros GLOBE utilizar los kits con base de cadmio. Si esa es la situación de su centro educativo, utilice los kits con base de zinc. Por favor, señale en la página que corresponde el tipo de kit que está utilizando.

Protocolo de Nitratos – Interpretando los Datos

¿Son razonables los datos?

El rango de los valores de Nitrato generalmente está entre 0,0 y 10 ppm. Un valor de 0,0 es posible y debe informarse de ello. Valores repetidos de 0,0 ppm (ver Figura HI-NI-2) son habituales. Es posible tener valores por encima de 10 ppm, sin embargo la Web rechazará esos valores como parte de las características del control de calidad. Por favor, hay que revisar los valores por encima de 10,0 ppm para asegurarse de que son correctos. Si son correctos, póngase en contacto con el equipo de hidrología.

¿Qué buscan los científicos en los datos?

Los niveles de nitratos pueden afectar a la ecología de los cuerpos de agua así como afectar al uso que hace el ser humano de ésta. Los científicos controlan el nitrato en el agua potable para la seguridad pública. Cada país tiene distintos niveles de nitratos permitidos para el agua potable. Los científicos y administradores de recursos también controlan los sitios de estudio con niveles altos de Nitrato porque pueden llevar a la eutrofización de los cuerpos de agua. Los niveles altos de nitratos pueden, ocasionalmente, desembocar en niveles bajos de oxígeno, lo que a su vez puede llevar a dañar a los animales acuáticos como los peces. El fosfato puede ser una causa común de eutrofización en los cuerpos de agua, especialmente en lagos y lagunas de agua dulce.

Los sitios de estudios a menudo tienen fluctuaciones estacionales (ver Figura HI-NI-3). Los científicos generalmente observan la atmósfera, la cobertura terrestre, los datos del suelo y la actividad humana para encontrar relaciones con las cantidades estacionales de nitratos.

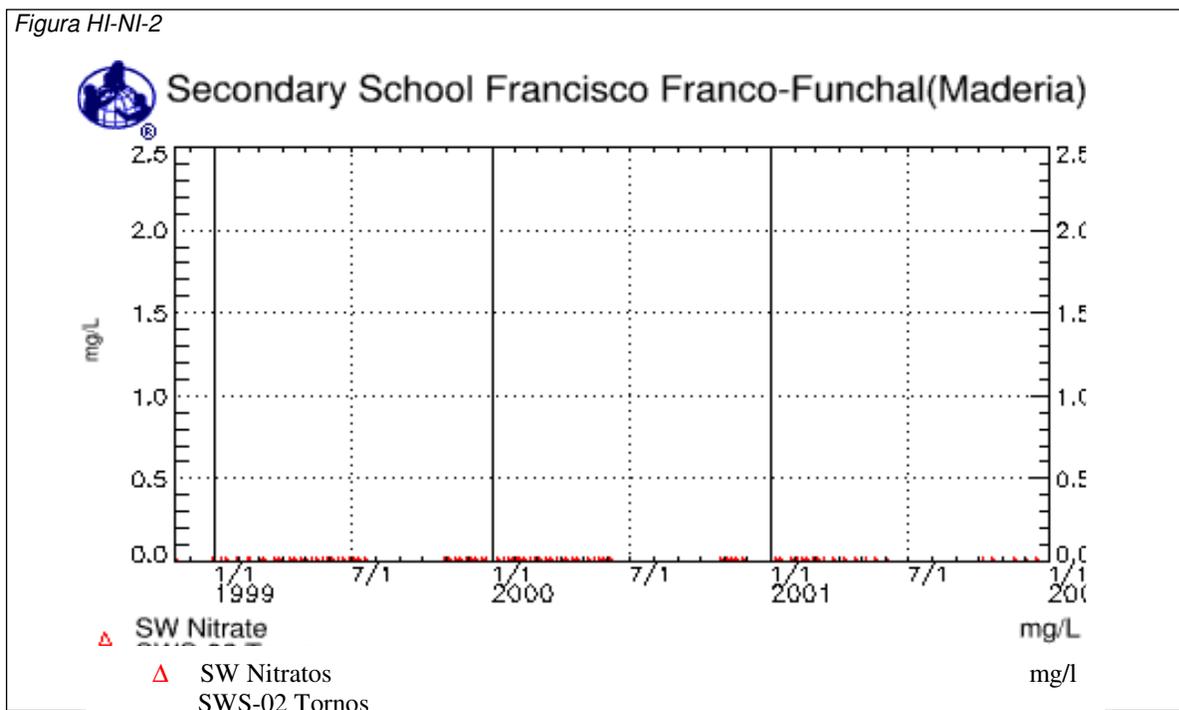
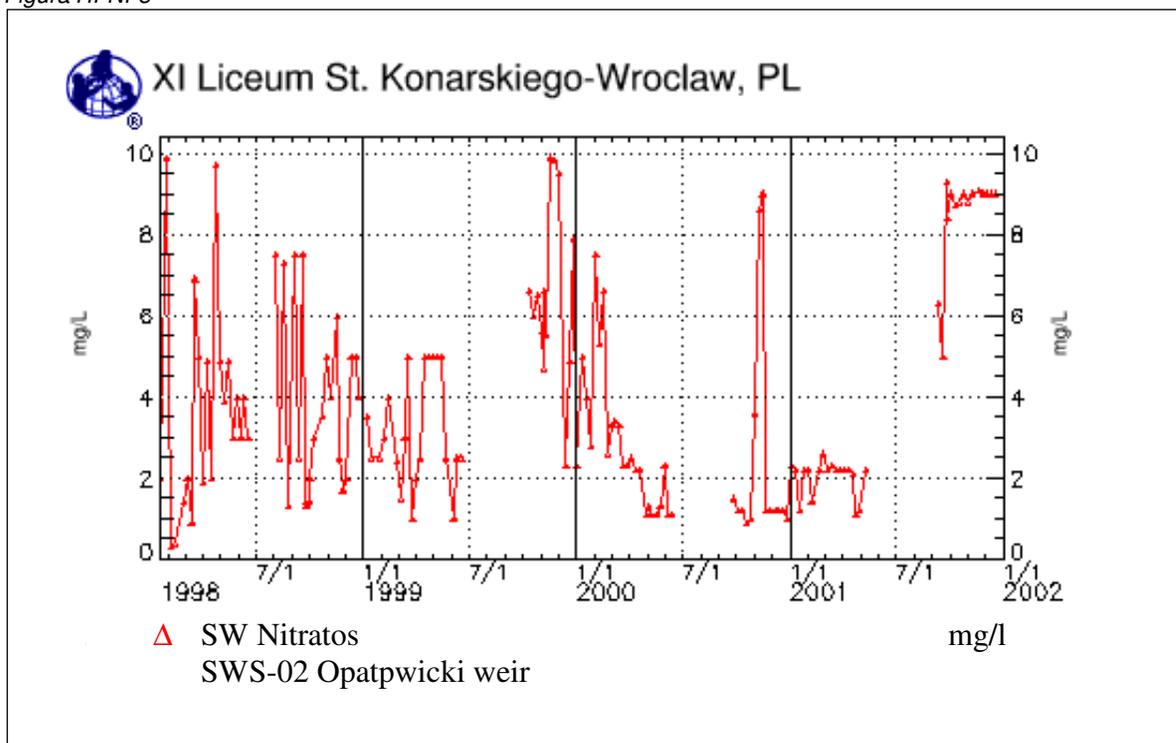


Figura HI-NI-3



Ejemplos de Investigaciones de los Estudiantes

Investigación nº 1

Formulando una Hipótesis

Los alumnos llevan examinando los datos de nitratos recogidos en el río Warta, por un conjunto de centros escolares de C. K. Norwida en Czestochowa, Polonia, durante más de tres años. (Figura HI-NI-4, gráfico de arriba). Algunos de los alumnos creen que hay un ciclo anual, con mayores valores a mitad del año, y valores más bajos en invierno. No todos los alumnos están convencidos porque hay mucha dispersión en los datos. No obstante, todos coinciden en la hipótesis de que los *niveles de nitrato en el Río Warta siguen un ciclo anual*.

Recopilando Datos

Los alumnos comienzan determinando la media mensual de Nitrato - Nitrógeno en el servidor de GLOBE (Figura 3, gráfico de abajo). Esto hace que la muestra anual sea más evidente. Crean entonces una tabla de datos que se muestra en la Web y descargan la media mensual de cada de los datos de Nitrato - Nitrógeno. Después, pasan los datos a una hoja de cálculo y crean una tabla con los datos con una fila para cada mes y una columna para cada año (ver Tabla HI-NI-1).

Después de esto, calculan la media de todos los años, que se encuentra en la última columna de la derecha.

Los alumnos utilizan un programa de hoja de cálculo para marcar los datos de cada mes utilizando símbolos distintos para cada año y una línea para mostrar la media de los datos (Figura HI-NI-5). Así, es mucho más fácil ver el ciclo anual. La media de Nitrato - Nitrógeno es menor (~2 ppm) desde enero a marzo y es más alta (~7 ppm) de mayo a agosto. Se encontraron valores intermedios (~4 ppm) entre septiembre y diciembre. La mayoría de los meses, el Nitrato de cualquier año está entre ± 2 ppm de NO_3^- -N de la media, excepto en junio y noviembre.

Comunicación de los Resultados

Los alumnos escriben un informe y presentan sus resultados a la clase.

Investigaciones Posteriores

Los alumnos no están seguros de por qué se produce un ciclo anual de Nitrato - Nitrógeno. Así que van a tomar datos de las precipitaciones para ver cuáles son los meses más lluviosos; ¿Coincidirán estos con los meses de niveles más altos de Nitrato?

Investigación n°2

Formulando una Hipótesis

Un equipo de investigación de alumnos ha estado observando los niveles de Nitrato – Nitrógeno en el río Warta, en Czestochowa, Polonia, utilizando los datos recogidos por el complejo de escuelas de C. K. Norwida. Ya han determinado que las observaciones llevan a pensar que los niveles de Nitrato-Nitrógeno tienen un ciclo anual con una media más alta entre mayo y agosto, y una más baja entre enero y marzo.

Crean que los niveles de Nitrato - Nitrógeno deben estar relacionados con la cantidad de residuos después de las precipitaciones.

Realizan la siguiente hipótesis: *la media de nitrato es mayor durante los meses con mayores precipitaciones.*

Recogiendo y Analizando Datos

La primera tarea es encontrar datos de precipitaciones de la región. El centro educativo que recogió datos de nitratos tiene un excelente conjunto de datos de agua superficial de varios años pero no recogieron datos de la atmósfera. Los alumnos primero buscaron, en el servidor de GLOBE, centros educativos cercanos. No hay otros centros GLOBE en Czestochowa, pero si en ciudades cercanas con datos de precipitaciones, como el Liceo XI y Gimnazjum N° 9 en Rzeszow. Representaron los datos con el total de precipitaciones mensuales de los tres centros (ver Figura HI-NI-5). No han encontrado ningún patrón común para los tres lugares. A pesar de que los datos de Rzeszow muestran la tendencia que esperaban (altas precipitaciones durante el verano), no todos los meses tienen datos. Los datos de Wroclaw muestran que las precipitaciones sumamente altas tienen lugar durante los meses de invierno de 2000 y 2001 mientras que los datos de Katrovice no muestran una tendencia clara y hay meses de verano que faltan.

Después, los alumnos decidieron buscar datos de Czestochowa en internet. Encontraron un sitio de estudio que contenía las medias del tiempo de varias ciudades y tomaron la media mensual de precipitaciones de Czestochowa. Estos datos no son del mismo período que los datos de nitratos (1997-2001), pero en cambio son la media de los

valores de las precipitaciones mensuales de un gran período de tiempo. Se introducen los valores en la tabla con los datos de Nitrato-Nitrógeno.

	Nitrato (ppm)	Precipitaciones (mm)
Ene	2,2	33,0
Feb	1,7	30,5
Mar	2,6	30,5
Abr	5,6	38,1
May	7,1	68,6
Jun	6,8	81,3
Jul	7,1	86,4
Ago	6,6	76,2
Sep	3,9	48,3
Oct	3,9	40,6
Nov	3,7	40,6
Dic	4,3	38,1

Los cuatro meses entre mayo y agosto tienen la media más alta de nitratos y las mayores precipitaciones. Los tres meses con los valores más bajos de Nitrato - Nitrógeno (enero-marzo) tienen las medias más bajas de precipitaciones. Concluyeron que la hipótesis era correcta, las medias de Nitrato - Nitrógeno- son mayores durante los meses más lluviosos.

Debate e Investigaciones Posteriores

El alumnado realiza una gráfica final mostrando la media de las precipitaciones a largo plazo y la media de tres años de Nitrato - Nitrógeno frente al tiempo en la misma gráfica (Ver Figura HI-NI-6). Un alumno se pregunta por qué los niveles de Nitrato comienzan a subir en abril antes del aumento de las precipitaciones.

Se presentan posibles ideas, y se discute qué información necesitan para probarlas.

Quizá el deshielo ocurrido en abril es el responsable del arrastre de nitratos hasta el agua.

(Necesitarán buscar un banco de nieve más arriba de donde se encuentran y mirar el registro de temperatura para determinar cuándo ha debido empezar a derretirse).

Quizá se produjeron más lluvias en abril de 1998-2000 que en otros meses de abril. Podría calcularse la media de las precipitaciones (se necesitaría encontrar datos de 1998-2000 para comprobar esto).

Quizá los agricultores comienzan a usar fertilizantes en exceso en abril (necesitarían determinar cuando comienzan a fertilizar aguas arriba y cuáles son los fertilizantes).

Comunicación de los Resultados

Los estudiantes escriben un informe y presentan sus resultados a la clase. Asimismo, envían su informe a la web de GLOBE en el apartado de *Investigaciones de los Estudiantes*.

Figura HI-NI-4

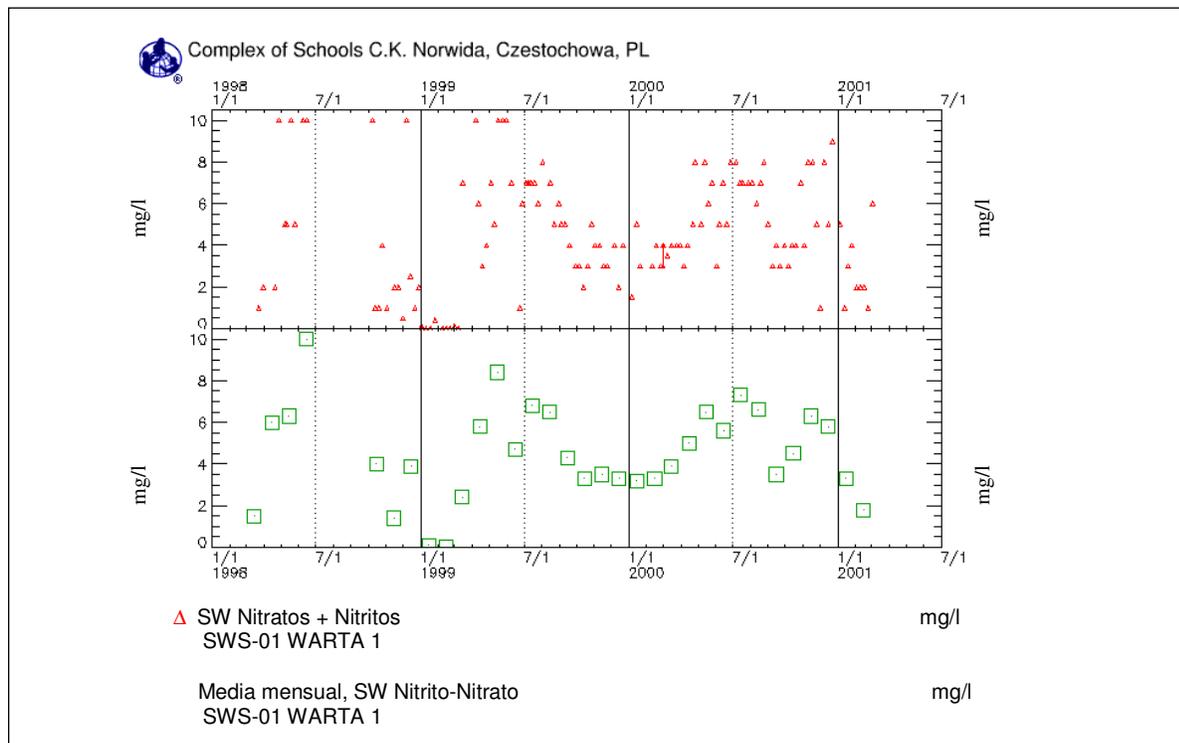


Tabla HI-NI-1

Media mensual de Nitratos en el Río Warta (ppm)					
Mes	1998	1999	2000	2001	Media
Ene		0,1	3,2	3,3	2,2
Feb		0	3,3	1,8	1,7
Mar	1,5	2,4	3,9		2,6
Abr	6	5,8	5		5,6
May	6,3	8,4	6,5		7,1
Jun	10	4,7	5,6		6,8
Jul		6,8	7,3		7,1
Ago		6,5	6,6		6,6
Sep		4,3	3,5		3,9
Oct	4	3,3	4,5		3,9
Nov	1,4	3,5	6,3		3,7
Dic	3,9	3,3	5,8		4,3

Figura HI-NI-5

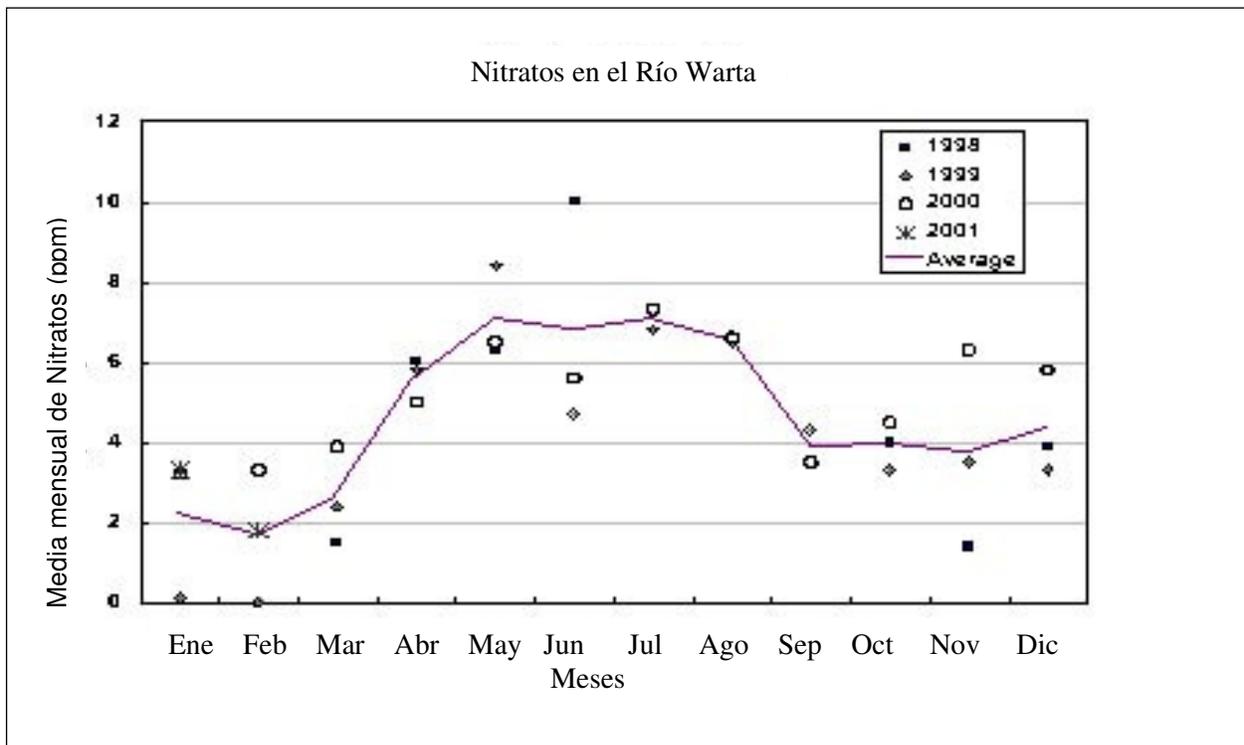


Figura HI-NI-6

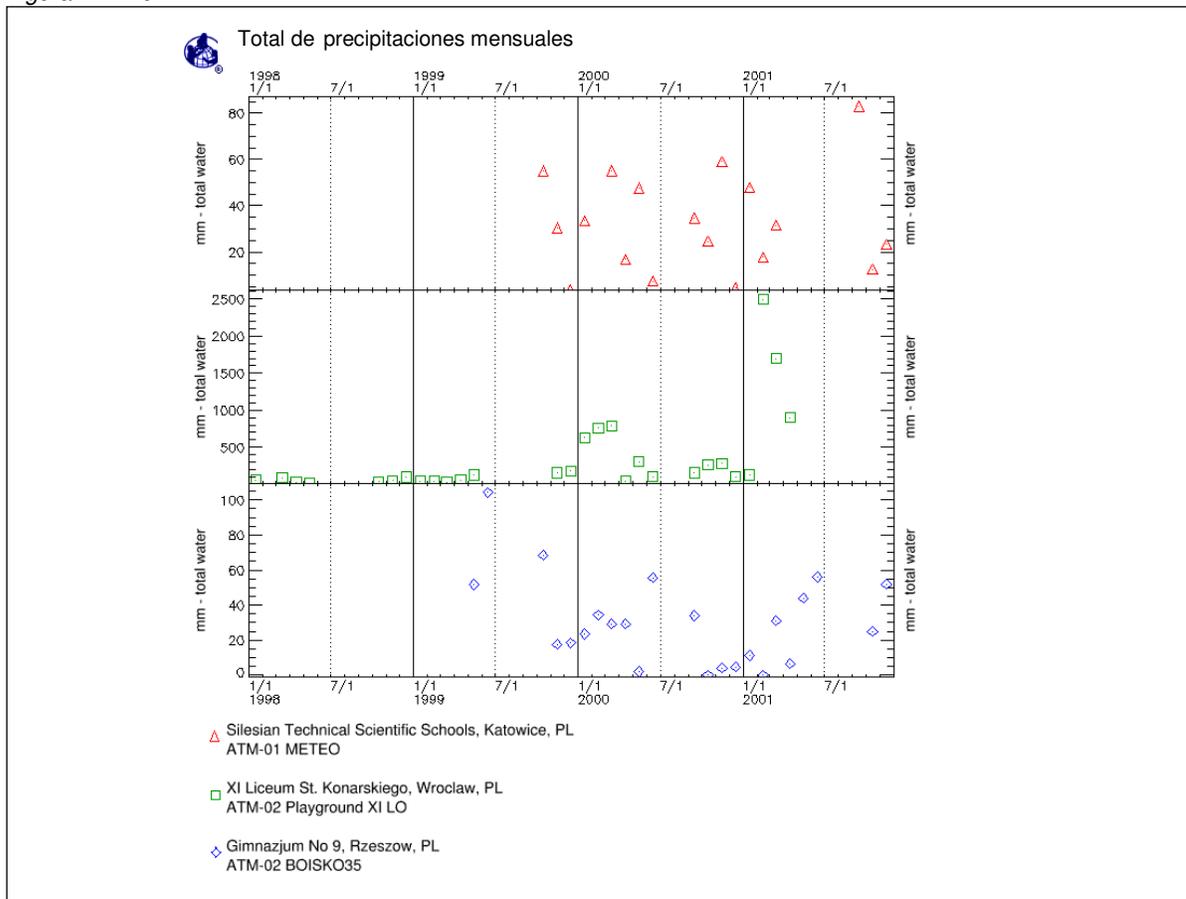
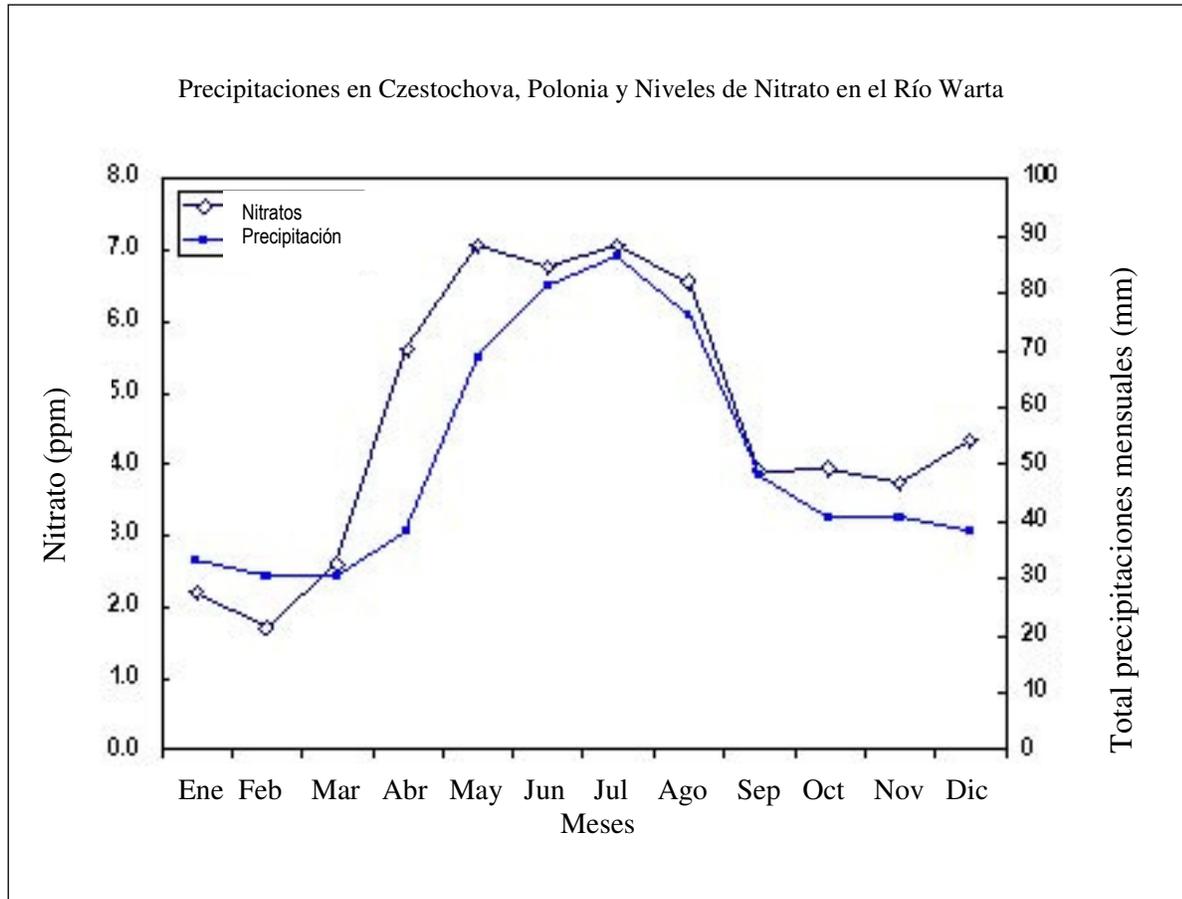


Figura HI-NI-7



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?

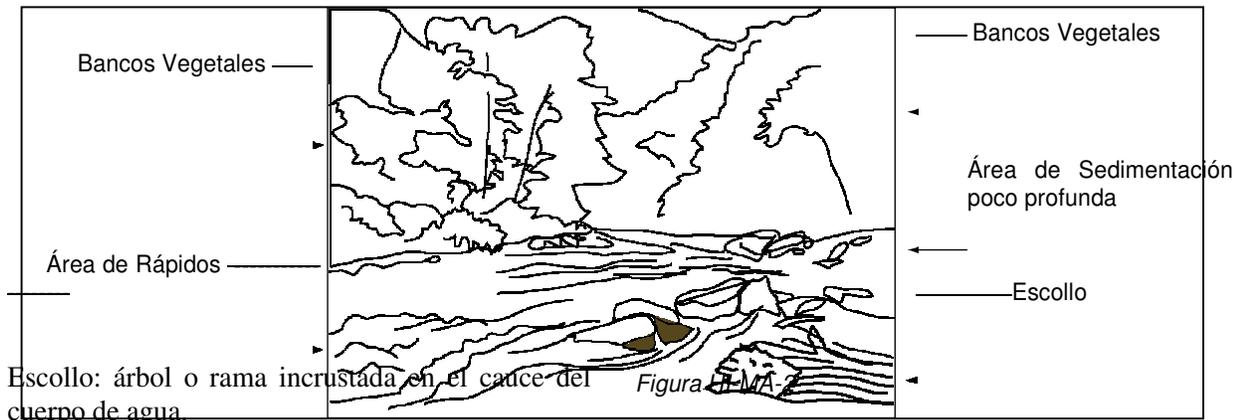
Si tu Sitio de Estudio tiene agua que se mueve y piedras, se indica hábitats de rápidos, hábitats de corriente, hábitats de poza y sustrato: rocas, cantos rodados o grava. Otros posibles hábitats en aguas corrientes o aguas estancadas y pantanos son: bancos de vegetación, vegetación sumergida, ramas,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

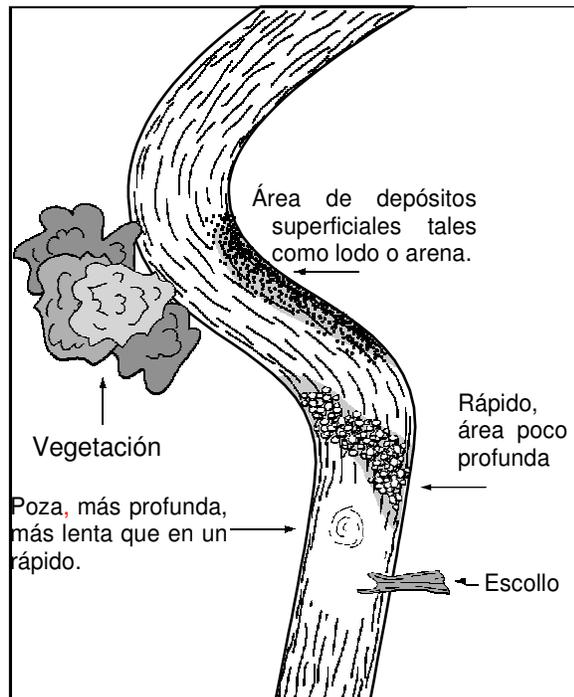
Figura HI-MA-1



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 Rcoso 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

muestrados, 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 los 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.

PROTOCOLO OPCIONAL TITULACIÓN DE SALINIDAD



Objetivo General

Medir la salinidad del agua utilizando un kit de titulación.

Visión General

El alumnado usará un kit de titulación para medir la salinidad del agua en el sitio de Hidrología.

Objetivos Didácticos

El alumnado será capaz de medir la salinidad utilizando un kit de reactivos, hacer hipótesis sobre las razones para el cambio en la salinidad y proporcionar parámetros para la interpretación de los datos de salinidad.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El agua es un disolvente.

Las mareas son causadas por la gravedad.

Ciencias Físicas

El agua tiene propiedades características, tales como la densidad y la solubilidad.

Ciencias de la Vida

Los organismos pueden sobrevivir sólo en el ambiente donde pueden satisfacer sus necesidades.

Habilidades de Investigación Científica

Usar un kit de productos químicos para medir la salinidad.

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones utilizando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Transmitir procedimientos y explicaciones

Tiempo

10 minutos

Control de calidad – 10 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Semanalmente

El control de calidad cada 6 meses.

Materiales y Herramientas

Kit de Titulación de Salinidad

Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología

Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad.

Guantes de Látex

Para el Control de Calidad

Sal (NaCl)

Agua destilada

Balanza

Probeta de 500 ml

Preparación

Sugerencias de actividades de aprendizaje:

Practicando los Protocolos de

Hidrología: Salinidad

Detectives del Agua

Requisitos Previos

Práctica en la interpretación de datos de una tabla de mareas.

Protocolo Opcional de Titulación de Salinidad

Aunque muchos iones diferentes contribuyen a la salinidad del agua de los océanos, seis iones suman el 99% del material disuelto. En el océano esos seis iones están muy bien mezclados y se encuentran en proporciones casi constantes:

Cloro (Cl^-), 55,0%; sodio (Na^+), 30,6%; sulfato (SO_4^{2-}), 7,7%; magnesio (Mg^{+2}), 3,7%; calcio (Ca^{+2}), 1,2%; y potasio (K^+), 1,2%.

Debido a que estos iones están en proporciones casi constantes, podemos medir la concentración de uno de los más abundantes constituyentes y después estimar el total de la salinidad. Ya que el cloro es el ión más abundante es el más fácil de medir con precisión. La concentración de cloruro o *clorinidad*, se expresa en gramos de cloro por kilogramo de agua de mar. La salinidad se puede determinar a partir de la *clorinidad* aplicando la siguiente fórmula:

Salinidad (ppmil) = Clorinidad (ppmil) x 1,80655

Procedimiento de Titulación de Salinidad

La *clorinidad* se mide por titulación con un procedimiento bastante sencillo. Primero un indicador, el cromato de potasio, se añade a un volumen cuidadosamente medido de muestra. Este reactivo produce un color amarillo. Después, se añade como titulador una solución de nitrato de plata de una concentración estándar. La plata reacciona con el cloro de la muestra y forma un precipitado blanco, cloruro de plata. Cuando todo el cloro ha precipitado, la cantidad restante de plata añadida forma cromato de plata de color rojo, tirando a naranja-rosáceo.

La concentración de cloro se calcula a partir del tamaño de la muestra y la concentración y cantidad de nitrato de plata usado. Algunos kits de análisis incorporan la fórmula de conversión en su diseño, de tal manera que la salinidad puede leerse directamente. Estos kits tendrán “tituladores de lectura directa”. Debido a los altos niveles de cloro en la mayoría de las muestras, a menudo se diluye con agua destilada o desionizada para hacer más sencilla la titulación.

Algunos tipos de kits de análisis (diferentes indicadores, diferentes solución de titulación)

puede producir diferentes cambios de color, pero el principio es el mismo.

Apoyo al Profesorado

Por favor, revise el método del hidrómetro en el protocolo de salinidad para consultas sobre salinidad y mareas.

Notas sobre los Kits de Titulación de Salinidad

- Use un kit de análisis de titulación de salinidad que se encuentra en las especificaciones de instrumentos GLOBE en el Juego (Kit) de Herramientas. Los kits están basados en la técnica de adición de un indicador de color a la muestra, y después se añade un ácido titulador, una gota cada vez hasta que se observa el cambio de color.
- Como siempre que se utilizan productos químicos y muestras de agua, hay que utilizar guantes y gafas de protección.
- Es necesario leer y seguir las instrucciones que vienen en el kit de titulación de salinidad. Los residuos químicos que se producen en el método de titulación de salinidad son peligrosos y es necesario eliminarlos apropiadamente. Se debe consultar a las autoridades escolares para que informen del procedimiento a seguir.

Consejos Útiles

¿Qué instrumentos se debería usar?

Hidrómetro

Ventajas

Fácil y rápido de usar.

No hay productos derivados del Cromo.

Desventajas

Se puede romper

Titulación de Salinidad

Ventajas

Menos implicación matemática

Prácticas de química

Desventajas

Productos derivados del

Cromo

Se necesita más tiempo para hacer las mediciones.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Por qué el estándar para el método de titulación indica 38,6 ppmil mientras que el estándar para el método del hidrómetro indica 35 ppmil ? Los estándares están elaborados exactamente igual.



El hidrómetro mide basándose en la densidad real del agua del océano. En la medida por titulación, solamente se mide el cloro. En el agua de mar hay un constante intercambio entre el cloro y otros aniones, los cuales están dentro de los valores que se toman al medir la salinidad de agua de mar. Estos otros aniones no están presentes en la solución estándar. Para calcular la salinidad del agua de mar de 17,5 g de NaCl en 500 ml (35ppmil de NaCl), se necesita tener en cuenta la composición molecular del NaCl. La relación del peso molecular del Cl en el NaCl es de 0,61. Así pues, $35 \text{ ppmil} \times 0,61 = 21,35 \text{ ppmil}$ de clorinidad de la muestra. Los kits han sido diseñados para usar una ratio constante de cloro y otros iones y convertir el valor de clorinidad en valores de salinidad. Para hacer eso, las ppmil del valor de clorinidad (aquí es de 21,35) se multiplica por una constante de conversión: 1,80655. $21,35 \text{ ppmil} \times 1,80655 = 38,6 \text{ ppmil}$.

Protocolo del Procedimiento de Control de Calidad para la Titulación Opcional de la Salinidad

Guía de Laboratorio

Actividad

Revisar las habilidades de titulación química.

Qué se Necesita

- Kit de análisis de titulación de salinidad (ver Juego de Herramientas)
- Agua destilada
- Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad
- Cinta adhesiva
- Guantes de látex
- Probeta de plástico transparente de 500 ml
- 1 botella de plástico de 1 litro
- Balanza
- Sal de mesa

En el Laboratorio

Preparar el estándar de 38,6 ppmil

1. Pesar 17,5 g de sal de mesa (NaCl) con la balanza.
2. Echar la sal dentro de la probeta de 500 ml.
3. Llenar la probeta hasta la marca de 500 ml con agua destilada.
4. Mezclar suavemente la sal y el agua hasta que toda la sal esté disuelta. Esta es la solución de referencia o estándar de 38,6 ppmil.

Nota: Este estándar puede guardarse un año en una botella herméticamente cerrada.

Revisar el kit de análisis y la técnica.

1. Seguir las instrucciones del kit de análisis de titulación de salinidad, utilizar la solución estándar de 38,6 ppmil en lugar de una muestra de agua.
2. Anotar el valor del estándar, después de analizarlo, en la *Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad*.
3. Si la salinidad del estándar está fuera de rango más de 0,4 ppmil, preparar un nuevo estándar y repetir la medición.

Protocolo de Salinidad (Titulación Opcional)

Guía de Campo

Actividad

Medir la salinidad de la muestra de agua.

Qué se Necesita

- Tabla de Mareas del área
- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Kit de titulación de salinidad
- Guantes de látex
- Bolígrafo o lápiz

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.
2. En la sección de Salinidad de la *Hoja de Datos*, anotar las horas a las que tienen lugar las mareas altas y bajas antes y después de tomar la medida de salinidad. También anotar el lugar donde están calculados los tiempos en la Tabla de Mareas.
3. Ponerse los guantes.
4. Seguir las instrucciones del fabricante del kit. Para titular agua salina, con más de 20 partes por mil (ppmil), se necesitará rellenar el titulador de ácido. Anotar la cantidad de ácido utilizado (20 ppmil + cantidad utilizada en rellenar el titulador).
5. Anotar la salinidad en ppmil en la *Hoja de Datos de Trabajo de la Investigación de Hidrología*.
6. Otros dos estudiantes deben repetir los pasos 3 al 6, anotando sus medidas de salinidad como Observador 2 y Observador 3.
7. Calcular la media de las tres medidas.
8. Cada una de las tres medidas debe estar en un intervalo de 1 ppmil de la media. Si una o más de las observaciones no están en ese rango, repetir la medida y calcular la media de nuevo. Si las medidas siguen fuera de ese rango respecto a la nueva media, hablar con la persona responsable sobre los posibles problemas.
9. Echar todos los líquidos en una botella de desechos y tirarla al lugar apropiado.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE



El Camino del Agua*

Los estudiantes comienzan a familiarizarse con su Sitio de Estudio de Hidrología

Modelando una Cuenca de Captación

Los estudiantes harán una maqueta tridimensional de un modelo de cuenca de captación para entender cómo el agua se mueve a través de la cuenca y explorar cómo el agua es afectada cuando hay cambios en la cuenca.

Practicando los Protocolos de Hidrología*

En la clase, los estudiantes practican usando los instrumentos o kits para los protocolos, explorando el rango de medidas y fuentes de variación y error.

Detectives del Agua*

Los estudiantes investigarán cómo ellos usan sus sentidos para la observación y por qué nosotros usamos instrumentos para la toma de datos.

El Juego del pH

Los estudiantes crearán mezclas de muestras de agua, muestras de suelo, plantas y otros materiales naturales para entender mejor la importancia de los niveles de pH

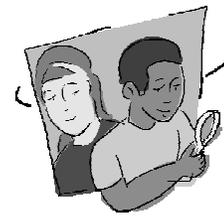
Modelo de Balance Hídrico

Los estudiantes podrán simular los cambios en el agua almacenada en el suelo a lo largo de un año.

Modelo de Divisoria de Aguas

* Ver la versión completa de la Guía-Electrónica de la *Guía del Profesor* disponible en la Web de GLOBE y en el CD-ROM.

El Paseo del Agua



Objetivo General

Familiarizarse con la hidrología de la localidad

Visión General

El alumnado visitará y estudiará el Sitio de Estudio de Hidrología, realizando un reconocimiento visual para recopilar información sobre la cobertura terrestre local, la calidad del agua, y documentar sus descubrimientos. Utilizarán esta investigación inicial para plantear cuestiones sobre la cobertura terrestre local y/o cuestiones químicas que puedan requerir más investigaciones.

Objetivos Didácticos

Aprenderán distintos métodos para descubrir aspectos de su sitio de estudio, tales como investigaciones bibliográficas, visitas de campo y entrevistas.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Los suelos tienen propiedades de color, textura y composición; son el soporte del crecimiento de muchos tipos de plantas.

La forma del paisaje es el resultado de las fuerzas geológicas destructivas y constructivas.

Los suelos están formados de rocas erosionadas y materia orgánica en descomposición.

El agua circula a través de la biosfera, litosfera, atmósfera e hidrosfera (ciclo del agua)

El agua es un disolvente.

Cada elemento se mueve entre diferentes reservorios (biosfera, litosfera, atmósfera, hidrosfera).

Ciencias de la Vida

Los organismos sólo pueden sobrevivir en entornos donde puedan cubrir sus necesidades.

La Tierra tiene diferentes entornos que sostienen diferentes combinaciones de organismos

Los organismos transforman el medio en el que viven.

Los humanos pueden cambiar los entornos naturales.

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

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Desarrollar descripciones y explicaciones utilizando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Transmitir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

El tiempo del viaje al campo y 2 ó 3 periodos de clase.

Nivel

Todos

Materiales y Herramientas

Materiales de dibujo para hacer bocetos del sitio.

Brújula

Cinta métrica

Otros materiales sugeridos: cámara fotográfica o de video, guías de animales y plantas, así como prismáticos (binoculares).

Preparación

Recopilar materiales relacionados con el sitio de hidrología, tales como:

Mapas topográficos y de otro tipo

Imagen satelital del sitio de estudio

Artículos de prensa y otros sobre eventos locales relacionados con el agua.

Guías de plantas y animales locales

Invitar a un experto local en temas de agua a visitar la clase (opcional).

Requisitos Previos

Ninguno

Antecedentes

Un cuerpo de agua es parte de una cuenca hidrológica. La divisoria de aguas delimita el área drenada por un río y sus afluentes o por otro cuerpo de agua. El área en el interior de la divisoria se denomina cuenca de captación. La topografía del área determina la forma de la divisoria y de la cuenca. La cobertura terrestre circundante y su terreno, tal como ciudades, autopistas, agricultura, pastizales y bosques influyen en la química del agua de los cuerpos de agua en la divisoria.

Muchos factores pueden afectar las características del agua en un sistema fluvial, en un lago o en un embalse. Las características de un sistema de agua incluyen: la forma, la profundidad y el área del cuerpo de agua, la cobertura terrestre próxima, el tipo de rocas y suelos cercanos al cuerpo de agua, así como la forma y el área de la cuenca. Las características del agua de estudio incluyen: temperatura, química, color, etc. En este protocolo se tomarían datos sobre la calidad del agua con medidas como el oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y conductividad eléctrica. Investigaciones anteriores y observaciones de campo aumentan la capacidad del alumnado de establecer relaciones entre las características de la tierra y las características del agua. Esta actividad es una introducción al Sitio de Estudio de Hidrología.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Preguntar a los estudiantes sobre sus conocimientos en relación a los cuerpos de agua locales. Empiece con preguntas como:

¿Hay un lago, río, estanque o arroyo al que suele ir?

¿Cuál es su pasatiempo favorito en ese lugar?

¿Por qué un cuerpo de agua determinado es importante para ti?

Los estudiantes empiezan a investigar los sitios de agua locales y los asuntos relacionados con el agua en la comunidad. Esto puede incluir:

Mirar mapas de la zona para identificar puntos de agua,

Investigar el agua en la comunidad a través de artículos de prensa, libros, informes locales o de ámbito nacional, así como otras fuentes escritas, preguntar a las personas que llevan viviendo tiempo en ese lugar sobre lo que recuerdan en relación al Sitio de Hidrología.

Debatir con expertos locales de agencias medioambientales o universidades sobre el agua.

Hacer un Viaje al Sitio de Hidrología

Para Niveles de Principiante:

Para los estudiantes más jóvenes, el objetivo es dar un paseo por el entorno, observando y haciendo preguntas sobre el agua en el sitio de estudio. Esto incluye anotar la dirección de la corriente de los ríos o arroyos, la presencia de pozas o lagos, restos de agua procedentes de precipitaciones, manantiales y humedad del suelo. Anime a los estudiantes a fijarse en el agua, en todas sus formas mientras caminan alrededor del sitio de estudio. En un frasco conviene recoger una muestra del agua. Pida a los estudiantes que observen el color del agua, lo que ellos ven en ella, si se mueve o no y a qué velocidad lo hace, lo que hay cerca del agua, si pueden oír el agua mientras están en silencio, si tiene olor, si está clara o turbia, etc.

Los estudiantes deben hacer dibujos y/o tomar notas sobre la localización y el tamaño del sitio de estudio. Comparen la localización del agua y otras características del sitio de estudio tales como árboles, colinas, etc. Pregunte a los alumnos y alumnas de dónde creen que viene el agua.

Para Niveles Intermedios y Avanzados:

Asigne equipos de estudiantes para inspeccionar diferentes secciones del Sitio de Hidrología. En la composición de los equipos habrá un periodista, un dibujante y un fotógrafo. Los estudiantes deberán empezar a documentar lo que observan en su área. ¿Cuál es la apariencia, el olor y la naturaleza del agua en esa sección? Los terrenos circundantes deberían ser anotados como: urbano, agrícola, residencial, bosque, pantano, etc. Deberán dibujar, en un mapa, el contorno general y las características de sus secciones y anotar la vida silvestre y las plantas en el agua y alrededor de ella. ¿Cuál es la pendiente del terreno cercano a la sección de agua que están estudiando?

De vuelta en clase, los estudiantes deberán reunir todos los mapas y bosquejos de las secciones. Deben buscar diferencias y semejanzas, observando patrones. Basándose en las observaciones que han realizado, anime a los estudiantes a que piensen cómo el agua está en ese lugar, cómo

fluye a través del sitio de estudio, hacia dónde va desde allí, cómo el área que rodea al agua influye en sus propiedades, en especial durante periodos de lluvia, deshielo e inundaciones. ¿Qué preguntas se plantean ellos? Anótelas en un póster en la pared del aula.

Además, invite al alumnado a debatir sobre alguna de las cuestiones siguientes:

¿Hay alguna entrada externa en el cuerpo de agua que estamos estudiando?

¿Qué uso del terreno circundante se observó? Hacer una lista.

¿Cómo piensan que esas actividades pueden alterar las características del agua?

¿Influirían estas actividades en las propiedades del agua?

¿Cuál fue la apariencia del agua anotada con más frecuencia y que indicaría esto con respecto al agua?

¿Había evidencias de uso humano del agua?

¿Hay evidencias de uso del agua por parte de animales silvestres o de otro tipo?

Ampliación de la Actividad de Aprendizaje Básica.

Como el alumnado visita el sitio de estudio semanalmente para tomar datos, hay que recordarle lo importante de sus observaciones durante la actividad y animarle a que tome notas de los cambios en su cuaderno de Ciencias de GLOBE.

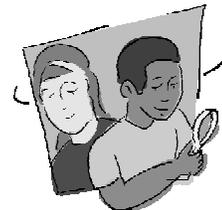
La información que los alumnos reúnen puede empezar a ser un archivo importante para la comunidad. Los estudiantes deben usar la información, dibujos y otras cosas que hayan recopilado para crear un archivo permanente para el centro escolar sobre el agua de su zona.

Los estudiantes pueden crear un “museo de historia natural” para una exposición con toda la información que han recopilado.

Evaluación de los Estudiantes

Los estudiantes deben crear una exposición visual de lo que ellos saben sobre el cuerpo de agua estudiado, incluyendo la cobertura terrestre circundante y su impacto sobre el agua, en relación a lo que afecta a las plantas, peces y otros animales que dependen del agua.

Modelando una Cuenca de Captación



Objetivo General

Conocer qué es y cómo funciona una cuenca de captación.

Visión General

Los estudiantes construirán una maqueta tridimensional de una cuenca de captación. Usarán el modelo para experimentar con la cuenca, los flujos del agua, y manipular las condiciones para ilustrar cómo una cuenca puede cambiar.

Objetivos Didácticos

Los estudiantes serán capaces de:

- Definir el concepto de cuenca de captación y de divisoria de aguas.
- Ejemplificar con su maqueta procesos reales a escala.
- Ejemplificar conceptos relacionados con una cuenca y la divisoria de aguas, tales como: El discurrir del agua en la cuenca, los accidentes geográficos que forman las divisorias, el embalse de agua en áreas bajas, y el efecto de lo existente aguas arriba sobre la calidad del agua.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio.

Los suelos tienen propiedades de color, textura y composición; son el soporte del crecimiento de muchos tipos de plantas.

La forma del paisaje es el resultado de la interacción de fuerzas geológicas constructivas y destructivas.

Los suelos están formados por el resultado de la erosión de las rocas y por materia orgánica en descomposición.

El agua circula a través de la biosfera, litosfera, atmósfera e hidrosfera (ciclo del agua).

El agua es un disolvente.

Cada elemento se mueve entre diferentes reservorios (biosfera, litosfera, atmósfera, hidrosfera).

Habilidades de Investigación Científica

Desarrollar descripciones y explicaciones usando evidencias.

Comunicación de procedimientos y explicaciones.

Tiempo

Periodo de clase

Nivel

Todos.

Materiales y Herramientas

Varios objetos pueden ser usados para crear la infraestructura del modelo.

El modelo en el exterior puede usar: arena, madera, rocas, etc.

El modelo en el interior puede usar cosas de la clase tales como baldes, cuencos (tazones, contenedores), rollo de toallas de papel, etc.

Láminas de plástico (2x 2 metros)

Pulverizador con agua.

Esponjas

Colorante alimentario.

Rotulador permanente que escriba sobre plástico o cinta aislante negra

Regla

Mapa Topográfico.

Preparación

Ninguna

Requisitos Previos

Ninguno

Apoyo al Profesorado

Introducción

Entender la cuenca de captación (también llamada cuenca del río o cuenca hidrológica) es vital para analizar los datos del sitio de hidrología. La química del agua es una síntesis de todo lo que ha pasado en el agua antes de alcanzar el punto en el que se toma la medida. Esto incluiría todo lo que el agua recoge de la interacción física y química con rocas, minerales, suelo y vegetación, y también se ve afectado por las contribuciones de la vida acuática. Muchas actividades naturales y humanas que ocurren en el terreno pueden afectar a la química del agua. Por lo tanto hay muchas cosas que pueden afectar la muestra de agua, pero antes de investigarlas debe encontrar de dónde viene el agua. Esa área es la cuenca de captación. La frontera entre dos cuencas adyacentes se llama divisoria de aguas.

Para los estudiantes es, a menudo, difícil imaginar que esos ríos fluyen en cualquier dirección a pesar de lo que su propia experiencia les ha indicado. Incluso estudiantes de secundaria, cuando les preguntan en qué dirección fluye el río, con frecuencia, responderán con una dirección cardinal, sur o este, por ejemplo. La idea de que el agua responde a la fuerza de la gravedad y es encauzado por los materiales a través de los cuales pasa, es un concepto importante.

Con el manejo de la maqueta de la cuenca los estudiantes adquirirán un entendimiento de las restricciones de la cuenca. También serán capaces de predecir lo que ocurrirá cuando haya cambios en la cuenca y analizarán sus predicciones.

Es una excelente actividad de exterior, aunque puede ser también hecha fácilmente en la clase. En el exterior, en una caja de arena o sobre la hierba, los estudiantes pueden manipular su maqueta sin miedo a organizar un gran desorden. En el interior el profesor deberá cubrir la zona con un plástico para evitar que se moje todo, en caso de que el agua se desborde. Los estudiantes pueden querer, con el tiempo, crear

una maqueta de su propia cuenca.

Esta puede ser construida de forma permanente con escayola o arcilla antes de ser cubierta con el plástico

Cómo Fabricar el Modelo

1. Encontrar un área de alrededor de 1 metro cuadrado para construir el modelo de cuenca de captación.
Podría ser el tablero de una mesa o un tablón de contrachapado si está trabajando dentro del aula, o en una zona de hierba o arena, si está en el exterior.
2. Entre todos reúnan los objetos para construir el modelo, tales como una lámina de plástico, rocas, cubos, esponjas, pulverizador con agua y colorante de comida.
3. Los objetos más altos serán las montañas y los más bajitos o los cuencos y demás serán colinas, lagos o llanuras.
4. Cubrir toda el área entera y los objetos con un plástico; con las manos, sin apretar, se adapta el plástico al contorno de los objetos. Este es un modelo de un paisaje con colinas, valles y conexiones entre ellos.
5. Los estudiantes tienen que predecir que ocurrirá si llueve sobre esa maqueta. ¿Dónde irá el agua? ¿Irá más deprisa en alguna zona? ¿Se formarán charcos en algún lugar? ¿Cómo lo saben?
6. Usar el pulverizador para simular la lluvia en la montaña más alta, continuar hacer “lloviendo” hasta que pueda ver dónde se forman, lagos, ríos y riachuelos.
7. Los estudiantes deben elegir un lugar en su maqueta que será el sitio GLOBE de Hidrología. Señalizar el lugar con un rotulador, una piedra o cualquier objeto.
8. Invite a los estudiantes a que simulen la lluvia usando el pulverizador. Pregunte a los estudiantes lo siguiente: ¿De dónde viene el agua que llega a su Sitio de Estudio de Hidrología? ¿A dónde va el agua desde su sitio? ¿Qué partes del paisaje determinan lo que será parte de la cuenca? ¿Qué determina la divisoria de aguas? Explique a los estudiantes que los lugares donde el agua llega y fluye dentro de su lugar de hidrología son la cuenca de captación para su sitio de estudio, y la divisoria de aguas es la frontera de la cuenca.

9. Pregunte a los estudiantes: ¿Dónde sería un buen lugar en la maqueta para el centro escolar? ¿Dónde le gustaría que estuviera su casa? Deben marcar estos lugares en la maqueta.
10. Deben investigar las consecuencias de los cambios en su cuenca. Aquí hay algunas cosas que se pueden hacer:
 - a. ¿Qué ocurre si construye un dique en el río que fluye al sitio de estudio? (Use una esponja para crear el dique)
 - b. ¿Qué ocurre si planta un bosque encima de su sitio de estudio? (Use una esponja plana grande para el bosque, que absorberá el agua por un tiempo al igual que el suelo y la vegetación)
¿Qué ocurre si quita el bosque?
 - c. ¿Qué ocurre si alguien construye una industria que contamine? (Use una esponja pequeña empapada en colorante donde estará su industria y observe la contaminación a medida que “llueve”)
 - d. ¿Qué ocurre si alguien decide usar agua de este arroyo para regar o para uso urbano? (Haga canales que lleven el agua del arroyo hacia otros lugares)

Ampliaciones de las Actividades Básicas de Aprendizaje

Explorando Mapas Topográficos

Esta actividad ayudará a los estudiantes a que comprendan mejor los mapas topográficos. Se necesita un marcador, una cinta, una regla y un mapa topográfico.

Los estudiantes deberán:

1. Usar un marcador permanente o pequeños trozos de cinta aislante para marcar los puntos en la maqueta que está a 10 cm sobre la superficie de la tabla o del terreno.
2. Utilizar el marcador para conectar todos esos puntos, alrededor de la maqueta, que estén a 10 cm.
3. Medir puntos que estén a 20 cm. Usar un marcador y conectarlos con una línea alrededor de la maqueta.
4. Continuar midiendo puntos a 30, 40, 50 cm,

etc. y conectarlos hasta alcanzar el pico más alto;

5. Mirar esos círculos desde arriba. Preguntar a los estudiantes que observan ellos. ¿Son concéntricos (el más alto dentro del más bajo)? ¿Están todos los círculos separados la misma distancia?
6. Dibujar las líneas circulares en una hoja de papel como si los viera desde arriba; y observar un mapa topográfico. Preguntar a los estudiantes si sus círculos se parecen a las líneas topográficas?

Definir una Divisoria de Aguas a Partir de un Mapa Topográfico

Los estudiantes deben:

1. Identificar su sitio de hidrología en un mapa topográfico. Calcular la elevación de su sitio de estudio en el mapa.
2. Usar las líneas topográficas y los puntos de referencia en el mapa para identificar áreas que están en elevación desde el sitio de estudio;
3. Buscar crestas o divisorias, son lo alto de las montañas o los lugares donde la elevación empieza a disminuir. Pregunte a los estudiantes qué piensan sobre si el agua caída en ese lugar debería discurrir hacia el sitio de estudio o hacia fuera.

Evaluación de los Estudiantes

Después de que los estudiantes hayan completado su maqueta, plantear preguntas sobre qué ocurriría en el Sitio de Hidrología si se hiciera un cambio del paisaje.

¿Qué ocurriría si vertiera un montón de sal en las montañas que están encima del sitio de estudio?

¿Qué ocurriría si echara ese montón de sal en el otro lado de la montaña?

Indique a los estudiantes que, con un marcador, señalen la vertiente de aguas de su sitio de hidrología.

Los estudiantes han de explicar tres cosas, que deberían pasar en su propia cuenca, que afectarían a la temperatura de su agua, a la transparencia o a otras medidas GLOBE.

Dibuje un conjunto sencillo de líneas concéntricas. Pida a los estudiantes que hagan con arcilla una maqueta basada en el dibujo. Pídales que etiqueten el punto de máxima elevación del dibujo topográfico y que encuentren la ladera de máxima pendiente.

Practicando los Protocolos



Objetivo General

Que los estudiantes aprendan a utilizar los instrumentos de hidrología y a recoger datos de hidrología de forma precisa.

Visión General

Los estudiantes alternarán entre diferentes procedimientos de toma de medidas existentes en cada uno de los protocolos a realizar por la clase. Practicarán con la guía de campo y con el instrumento o grupo de instrumentos para esa medición en particular, estudiando las causas de variación y error.

Objetivo Didáctico

Los estudiantes deberán realizar cada una de las mediciones químicas de forma precisa, relacionar las unidades de cada medición, identificar los ámbitos aproximados de cada protocolo, comprender la importancia del control de calidad, e identificar datos anómalos.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El agua es un disolvente.

Cada elemento se mueve entre diferentes reservorios (biosfera, litosfera, atmósfera, hidrosfera).

Ciencias de la Vida.

Los organismos sólo pueden sobrevivir en aquellos entornos donde puedan satisfacer sus necesidades.

La Tierra posee diversos entornos que mantienen diferentes combinaciones de organismos.

Los organismos modifican el entorno en el que viven.

Los humanos pueden variar el entorno natural en el que viven y actúan.

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

Habilidades de Investigación Científica

Elaborar explicaciones por medio de observaciones.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

Usar instrumentos para la toma de datos de forma precisa.

Tiempo

De uno a cuatro periodos de clase, dependiendo de cuantos protocolos se realicen.

Nivel

Varía con el protocolo

Materiales y Herramientas

Hojas de Actividades de Practicando los Protocolos de Hidrología.

Guías de Campo de los Protocolos

El equipo necesario para la realización de protocolos específicos se enumera en las *hojas de actividades*.

Preparación

Pedir que los estudiantes traigan muestras de agua para su análisis.

Requisitos Previos

Sería de gran ayuda para la clase que se pudiera ver la demostración de las mediciones. Los profesores pueden utilizar los videos de Hidrología GLOBE para demostrar los puntos clave.

Antecedentes

Un plan de control calidad es necesario para garantizar que los resultados de las pruebas sean lo más preciso y exacto posible. La exactitud hace referencia a lo cerca que se está de un valor real de medida, mientras que la precisión hace referencia a la habilidad de obtener resultados constantes. La exactitud, precisión y fiabilidad deseadas se aseguran por medio de una cuidadosa calibración, utilización y mantenimiento del equipo de comprobación que siga las instrucciones específicas del protocolo tal y como se describen, repitiendo las mediciones para asegurarse de que se encuentran dentro de unos límites aceptables, minimizando la contaminación de las muestras, de los elementos químicos que se usan y del equipo de comprobación; así como llevando un adecuado registro de las muestras. Todas estas pautas ayudarán a que los datos recogidos sean válidos, valiosos y significativos.

Para poder examinar los datos, los estudiantes necesitan algún conocimiento base de los datos que se van a reunir y de lo que se espera de los parámetros y fuentes de error. Estas actividades proporcionan a los estudiantes un conocimiento de los datos recogidos en los *Protocolos de Hidrología GLOBE*, animándoles a introducir variables en los procedimientos de toma de datos para determinar los registros de datos erróneos, cuando no se controlan esas variables.

Preparación

Seguridad: Hojas de información sobre el material científico que documenta los kits empleados. También se pueden consultar las directrices de procedimiento de seguridad locales para los centros escolares. Asimismo, es importante analizar la seguridad del laboratorio con los estudiantes.

Establecer las mediciones oportunas para cada uno de los protocolos que los estudiantes van a realizar. Los materiales necesarios para cada medición se enumeran en las *Hojas de Actividad*.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Dividir a los estudiantes, preferiblemente en grupos reducidos de tres o cuatro alumnos. Al tiempo que comprueban el trabajo de los demás, los estudiantes deberían hacer turnos para leer instrucciones, realizar mediciones, y anotar los datos.

Los estudiantes se alternan en cada fase, para practicar con los instrumentos y los protocolos, así como para rellenar las *Hojas de Actividades*. El tiempo necesario para todos estos pasos dependerá de la familiarización de los estudiantes con el equipo y cuántos pasos se establezcan.

Después de que se hayan alternado las fases:

Recoger todas las *Hojas de Actividad*. Pedir a cada grupo de estudiantes que reúna los datos de su grupo para un protocolo en particular y que preparen un informe. Deberán:

Preparar los datos de manera que demuestren el concepto de precisión. Cuando las mediciones son precisas, los datos presentan pocas variaciones. Debatir el abanico de mediciones halladas y las variaciones entre las mediciones;

Dirigir los debates sobre los temas del por qué existen discrepancias;

Relacionar las explicaciones con razonamientos correspondientes a los pasos específicos de los protocolos; y

Si las muestras comprobadas eran de sitios distintos (véase *Extensiones de las Actividades de Aprendizaje Básicas*), ayudar a la clase a que sus resultados tengan sentido, situando los datos en un mapa que muestre las fuentes de agua, teniendo en cuenta la historia de cada muestra.

Extensiones de las Actividades de Aprendizaje Básicas

Que los estudiantes traigan muestras de agua de donde ellos viven para su análisis.

Que los estudiantes diseñen pruebas para el análisis de otras variables que puedan afectar la calidad del agua que se va a evaluar.

Evaluación del Estudiante

Proporcione a los estudiantes la siguiente tabla de datos hidrológicos. (Tenga en cuenta que estos datos no son todos del mismo cuerpo de agua). En la columna 3, pida a los estudiantes que decidan si los datos son razonables (si o no).

En la columna 4, pida a los estudiantes que comenten la forma en la que ellos podrían interpretar los datos o las potenciales fuentes de error de cualquier dato que encuentren discutible en la Columna 3.

Tabla de Análisis

Tipo de Datos	Medidas	¿Razonable? Si o No	Comentarios
Tubo de Transparencia	4 cm		
Temperatura del agua	67 grados		
Oxígeno Disuelto	2 ppm(o 2 mg/l)		
pH	7,5		
Conductividad	140 μ S/cm		
Salinidad	35 ppm		
Alcalinidad	350 ppm		
Nitratos	>10 ppm		

Tabla de Análisis (Respuestas a las Muestras)

Tipo de Datos	Medidas	¿Razonable?	Comentarios
Tubo de Transparencia	4 cm	Si	El agua debe contener muchas partículas Puede que el suelo haya sido removido recientemente o haya una proliferación de algas
Temperatura del agua	67 grados	No	Demasiado alta! Quizá se haya leído mal la escala (°F en lugar de °C)
Oxígeno Disuelto	2 ppm (o 2 mg/l)	Si	Es muy bajo. Deberíamos medirlo de nuevo y tratar de determinar después por qué el nivel de oxígeno es tan bajo si aún marca sólo 2
pH	7,5	Si	Esta medida es óptima para muchos animales. Vigilaremos los cambios con el tiempo.
Conductividad	140 μ S/cm	Si	Es una conductividad bastante baja. No hay muchos sólidos disueltos en esta muestra de agua.
Salinidad	35 ppm	No	Debería ser ppmil
Alcalinidad	280 ppm	Si	Sistema que amortigua bien cambios de pH.
Nitrato	>10 ppm	No	Es posible, pero hay que comprobar si es correcto Porque está por encima de los niveles de seguridad Comprobar las instrucciones por si se han utilizado pruebas de bajo o alto espectro.

Estación de Transparencia

Hoja de Actividad

La transparencia es la medición de la claridad del agua. La claridad del agua determina cuanta luz puede penetrar. La transparencia del agua en el sitio dependerá de la cantidad de partículas suspendidas en el agua. Las partículas suspendidas más típicas son arcillas (de la erosión del suelo) y algas. La transparencia puede cambiar estacionalmente con los cambios del ritmo de crecimiento de las algas, por respuesta a los residuos de la precipitación, o por otras causas. Puesto que las plantas necesitan luz, la transparencia es una medida importante para determinar la productividad del sitio .

Materiales

- Cuaderno de ciencias de GLOBE
- Lápiz o bolígrafo
- Guía de Campo de Transparencia*
- Tubo de transparencia
- Taza de plástico
- Muestra de agua en un cubo
- Un cubo limpio de repuesto
- Cucharilla para remover
- Limo o arcilla (3 montones de 2 gramos)
- Colorante alimentario verde
- Pipeta
- Papel milimetrado

Qué Hacer

1. Revisar la *Guía de Campo de Transparencia*. Seguir los pasos según el esquema para determinar la transparencia de la muestra de agua.
2. Situarse en un lugar de la habitación con suficiente luz. Repetir las medidas.
3. Verter la mitad del agua en el cubo limpio. Añadir 2 gramos de limo o arcilla al agua y remover. Repetir la medición con esta muestra de agua. Añadir 2 gramos más y repetir la medición.
4. Desechar el agua sucia. Añadir en el agua limpia restante 2 gotas de colorante alimentario verde. Repetir la medición. Añadir después 4 gotas, y luego 6 gotas.
5. Realizar un gráfico con las Transparencias; (cm) sobre el eje Y- y gramos de arcilla/limo en el eje X.
6. Realizar un gráfico con las Transparencias; (cm) sobre el eje Y- y las gotas del colorante alimentario sobre el eje X-.

Muestra	Alumno n°1	Alumno n°2	Alumno n°3
Agua en el cubo			
Tubo situado en lugar con luz			
Agua con arcilla/limo (2 gramos)			
Agua con arcilla/limo (4 gramos)			
Agua con arcilla/limo (6 gramos)			
Agua verde (2 gotas)			
Agua verde (6 gotas)			

Estación de Temperatura

Hoja de Actividad

La temperatura del agua mide la temperatura de la superficie de los cuerpos de agua, los mismos que varían su temperatura acorde con la latitud, altitud, hora del día, estación, profundidad del agua y muchas otras variables. La temperatura del agua es importante para los procesos químicos, biológicos y físicos, y puede ayudarnos a entender lo que está sucediendo en el cuerpo de agua sin medir de forma directa centenares de otras variables.

Materiales

<input type="checkbox"/> Cuaderno de ciencias GLOBE	<input type="checkbox"/> Termómetro(s)
<input type="checkbox"/> Lápiz o bolígrafo	<input type="checkbox"/> Hielo picado
<input type="checkbox"/> <i>Guía de Laboratorio de Calibración de termómetro</i>	<input type="checkbox"/> Reloj para medir el tiempo
<input type="checkbox"/> <i>Guía de Campo de Temperatura del agua</i>	<input type="checkbox"/> Sal
<input type="checkbox"/> Muestra de agua en un cubo	<input type="checkbox"/> Vaso de precipitación de 500 ml
<input type="checkbox"/> Agua destilada	

Qué Hacer

1. Calibrar el termómetro utilizando la *Guía de Laboratorio de Calibración*.
2. Seguir los pasos de la *Guía de Campo de Temperatura del Agua*.
3. Verter 500 ml de hielo picado en la muestra de agua. Remover hasta que el hielo se haya fundido.
4. Colocar el termómetro en el agua fría durante 5 segundos. Anotar la temperatura.
5. Esperar 10 segundos más. Anotar la temperatura.
6. Anotar la temperatura después de 3 minutos.
7. Sacar el termómetro del agua. Leer la temperatura. Anotar los segundos que pasan antes de que se observen cambios en la lectura de la temperatura.
8. Colocar el termómetro en el agua durante 30 segundos. Sacarlo de nuevo del agua. Leer la temperatura. Situar el termómetro frente a un ventilador o soplar sobre él. Anotar los segundos que transcurren antes de que haya un cambio en la lectura de la temperatura.
9. Preparar un baño de hielo con 250 ml de agua, 250 ml de hielo picado y una cucharada de sal. Medir la temperatura del baño de agua con sal.

Muestra	Estudiante n°1	Estudiante n°2	Estudiante n°3
Temperatura de muestra de agua			
Temperatura del agua con hielo en 5 seg.			
Temperatura del agua con hielo en 15 seg.			
Temperatura del agua con hielo en 3 m.			
Tiempo transcurrido para que cambie la temperatura			
Tiempo transcurrido para que cambie la temperatura (con ventilador)			
Temperatura del agua con hielo y sal			

Estación de Oxígeno Disuelto

Hoja de Actividad

La mayoría de los seres vivos dependen del oxígeno molecular para sobrevivir. Estas moléculas se disuelven en el agua. Los animales acuáticos pueden usar este oxígeno disuelto (OD) para la respiración. En el aire, alrededor del 20% de las moléculas son de oxígeno. En el agua, el porcentaje de oxígeno es menor de 20 en un millón de moléculas. Esta es la razón por la que el oxígeno disuelto se mide en partes por millón (ppm). Diferentes tipos de organismos necesitan cantidades distintas de oxígeno, pero en general los organismos acuáticos requieren por lo menos 6 ppm para un crecimiento y desarrollo normales.

La temperatura y la presión del agua afecta a la cantidad de oxígeno existente en el agua. El agua que contiene tanto oxígeno como sea necesario para su presión y temperatura (función de la altitud) se dice que está en equilibrio. El agua cálida no puede contener tanto oxígeno como el agua fría. En grandes altitudes, donde hay menos presión, el agua no puede contener tanto oxígeno como en las zonas más bajas. Observar estos patrones en las Tablas de Temperatura y Altitud, en la hoja de control de calidad del Oxígeno Disuelto (OD).

La cantidad actual de OD en el agua puede ser mayor o menor que el valor de equilibrio. Las bacterias en el agua utilizan el oxígeno al digerir plantas o animales en descomposición. Este hecho puede reducir los niveles de OD en el agua. Las plantas en el agua producen oxígeno durante la fotosíntesis. Esto da como resultado, en algunas ocasiones, que los niveles de OD sean mayores.

Materiales

- Cuaderno de ciencias de GLOBE
- Lápiz o bolígrafo
- Guía de Laboratorio de Control de Calidad de Oxígeno Disuelto*
- Guía de Campo de Oxígeno Disuelto*
- Cubo con agua del grifo
- Muestra fijada de agua (debería ser fijada inmediatamente después de que se recoge la muestra de agua)
- Cubo de agua dejado instalado varias horas
- Kit de Oxígeno Disuelto
- Agua destilada
- Botella de muestra de 250 ml con tapa
- Termómetro

Qué Hacer

1. Realizar el procedimiento de calidad de control para el equipo de OD como se describe en la *Guía de Laboratorio de Control de Calidad del Oxígeno Disuelto*
2. Una vez que se está seguro de que los procedimientos y el equipo son correctos, analizar una muestra de agua del grifo.
3. Analizar la muestra del agua que se ha mantenido a la intemperie durante varias horas.
4. Valorar la muestra fijada que se preparó de una muestra similar a la anterior. Anotar el nivel de OD.

Muestra	Estudiante n°1	Estudiante n°2	Estudiante n°3
Muestra de agua del grifo			
Muestra de agua del cubo en reposo			
Muestra de agua fijada			

Estación de pH

Hoja de Actividad

El pH indica el contenido ácido del agua. La escala del pH comprende desde los valores de 1,0 (ácido) a 14,0 (básico). El Neutro tiene un valor de 7,0. La escala es logarítmica. Una variación en 1 unidad de pH significa 10 veces una concentración ácida o básica. Por ejemplo, una variación de 7,0 a 6,0 indica que el agua es 10 veces más ácida; una variación de 7,0 a 5,0 indica que el agua es 100 veces más ácida.

El pH de un cuerpo de agua ayuda a determinar qué puede vivir en ella. Muchos anfibios, larvas de insectos y otros tipos de vida acuática son muy sensibles a un pH básico o ácido.

Materiales

- Cuadernos de ciencias de GLOBE
- Lápiz o bolígrafo
- Guía de Campo del Protocolo de pH*
- Muestra de agua
- Caja de papel de pH
- Recipientes o vasos de precipitación de 100 ml para los tampones y las muestras de agua
- pH-metro
- Agua destilada
- Soluciones tampón (buffer) para calibrar pH
- Toallas de papel
- Hielo
- Sal

Qué Hacer

1. Analizar la muestra de agua para el pH utilizando la *Guía de Campo del Protocolo de pH (papel pH)*
2. No calibrar el pH-metro. Seguir los pasos de la *Guía de Campo del Protocolo de pH (pH-metro)* para medir el pH de la muestra de agua.
3. Calibrar el medidor de pH según las instrucciones que acompañan al instrumento.
4. Seguir los pasos de la *Guía de Campo del Protocolo de pH (pH-metro)* y medir el pH de la muestra de agua.
5. Verter 50 ml de la muestra de agua en un vaso, y colocar éste en un recipiente de agua con hielo para enfriar la muestra. Analizar el pH de la muestra enfriada utilizando tanto el papel pH como el pH-metro.
6. Verter 50 ml de agua destilada en un vaso limpio y analizar el pH usando tanto el papel como el medidor.
7. Añadir unos gramos de sal al agua destilada, y analizar de nuevo la muestra.
8. Añadir unos gramos de sal a la muestra de agua del grifo, y analizarla de nuevo.

Muestra	Estudiante n°1	Estudiante n°2	Estudiante n°3
Muestra de agua – papel pH			
Muestra de agua – sin calibrar			
Muestra de agua – después de calibrado			
Muestra de agua fría – papel pH			
Muestra de agua fría – medidor de pH			
Agua destilada – papel pH			
Agua destilada – medidor de pH			
Agua salada (destilada – papel pH)			
Agua salada (destilada – medidor de pH)			
Agua salada (del grifo – papel pH)			
Agua salada (del grifo – medidor de pH)			

Estación de Conductividad Eléctrica

Hoja de Actividad

La conductividad eléctrica mide la capacidad de una muestra de agua para conducir una corriente eléctrica. El agua pura es débil conductora de la electricidad. Son las impurezas del agua, tales como las sales disueltas, las que permiten al agua conducir la electricidad (transportar). La conductividad se utiliza para calcular la cantidad de sólidos disueltos en el agua.

La conductividad se mide en unidades denominadas microSiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$). Las plantas sensibles pueden sufrir daños si se riegan con agua cuyos niveles de conductividad eléctrica se sitúen por encima de 2200-2600 $\mu\text{S/cm}$. Para uso casero, es preferible el agua con una conductividad por debajo de 1100 $\mu\text{S/cm}$.

Materiales

- Cuaderno de ciencias de GLOBE
- Lápiz o bolígrafo
- Conductímetro
- Guía de Campo del Protocolo de Conductividad Eléctrica*
- Muestra de Agua
- Vasos de precipitado de 100 ml con solución tampón y muestras de agua (vinagre, leche, soda, café, agua azucarada, edulcorante artificial, agua con hielo, agua con sal)
- Agua destilada
- Toallas de papel
- Papel de gráficos
- Sal (dos montones de 1 g)
- Recipiente graduado de 100 ml
- Calibrado estándar

Qué Hacer

1. No calibrar el conductímetro. Analizar la conductividad de la muestra de agua utilizando la *Guía de Campo de Protocolo de Conductividad Eléctrica*
2. Calibrar el medidor.
3. Analizar la conductividad de la muestra de agua utilizando la *Guía de Campo de Protocolo de Conductividad Eléctrica*
4. Añadir 1 gramo de sal a 100 ml de agua destilada. Medir la conductividad.
5. Añadir dos gramos de sal a 100 ml de agua destilada. Medir la conductividad.
6. Medir la conductividad de las otras muestras: Vinagre, leche, soda, agua azucarada, agua con edulcorante artificial, agua con hielo, café.

Muestra	Estudiante n°1	Estudiante n°2	Estudiante n°3
Muestra de agua dulce – sin calibrar			
Muestra de agua dulce-con calibrado			
1 g de sal			
2 g de sal			
Vinagre			
Leche			
Soda			
Agua con azúcar			
Edulcorante artificial			
Agua con hielo			
Café			

Estación de Salinidad

Hoja de Actividad

La salinidad es la medida de las sales disueltas en aguas salobres o saladas. Se mide en partes por mil (ppmil), y puede variar con la precipitación, con la nieve fundida, o con la proximidad a una fuente de agua dulce como la desembocadura de un río.

El hidrómetro es un instrumento que mide la gravedad o la densidad de un fluido. Su diseño está basado en el principio de que el peso perdido de un cuerpo flotando o sumergido en un líquido, es equivalente al peso del líquido que se desplaza. Por lo tanto, cuanto más denso es el líquido, menos debe hundirse el cuerpo para desplazar su propio peso.

¿Por qué se necesita leer la temperatura cuando usamos un hidrómetro? El agua se hace más densa a medida que se va congelando. Puesto que se quiere medir el efecto de las sales disueltas sobre la densidad, debemos controlar la temperatura variable.

Materiales

- Cuaderno de ciencias de GLOBE
- Lápiz o bolígrafo
- Tabla de Conversión de Salinidad*
- Probeta de 500 ml
- Agua destilada
- Hidrómetro
- Termómetro
- 20 g sal (en dos unidades de 10 g)
- Hielo

Qué Hacer

1. Llenar la probeta de 500 ml hasta el límite con agua destilada.
2. Colocar con cuidado el hidrómetro en la probeta y leer la escala.
3. Sacar el hidrómetro y añadir 10 g de sal. Mezclar.
4. Tomar la temperatura del agua.
5. Volver a situar el hidrómetro y leer la escala.
6. Averiguar la salinidad de la muestra de agua utilizando la *Tabla de Conversión de Salinidad*.
7. Eliminar el agua del recipiente, enjuagar con agua destilada, y volver a llenar totalmente el recipiente con hielo, y con agua destilada hasta la marca de 500 ml.
8. Colocar el hidrómetro con cuidado y leer la escala.
9. Sacar el hidrómetro y añadir 10 g de sal al recipiente. Mezclar.
10. Averiguar la temperatura del agua.
11. Colocar el hidrómetro con cuidado dentro del recipiente y leer la escala.
12. Averiguar la salinidad de la muestra del agua utilizando la *Tabla de Conversión de Salinidad*.

Muestra	Estudiante n°1	Estudiante n°2	Estudiante n°3
(2) Lectura del hidrómetro – agua destilada			
(4) Temperatura del agua – 10 g de sal			
(5) Lectura del hidrómetro – 10 g de sal			
(6) Salinidad (de la tabla) – 10 g de sal			
(8) Lectura del hidrómetro – agua destilada, hielo			
(10) Temperatura – 10 g de sal, hielo			
(11) Lectura del hidrómetro – 10 g sal, hielo			
(12) Salinidad de la muestra – 10 g sal, hielo			

Estación de Alcalinidad

Hoja de Actividad

La alcalinidad, medida como carbonato cálcico en ppm, es una medida de la capacidad de un cuerpo de agua para resistir los cambios en el pH cuando se añaden ácidos, que proceden principalmente de la lluvia o de las nevadas, aunque también son importantes en algunas zonas las aportaciones de la tierra. La alcalinidad se añade al agua cuando ésta disuelve las rocas, tales como la calcita y las calizas. La alcalinidad de las aguas naturales protege a los peces y a otros organismos acuáticos de los cambios repentinos en el pH.

Materiales

- Cuadernos de ciencias de GLOBE
- Lápiz o bolígrafo
- Kit de análisis de Alcalinidad
- Guía de Laboratorio de Procedimiento de Control de Calidad*
- Estándar de alcalinidad
- Guía de Campo de Protocolo de Alcalinidad*
- Probeta 100 ml
- Agua destilada
- Bicarbonato sódico (3 unidades de 1 g)
- Vinagre
- Pipeta

Qué Hacer

1. Usar la *Guía de Laboratorio de Procedimiento de Control de Calidad de Alcalinidad* para comprobar el equipo y el procedimiento.
2. Usar la *Guía de Campo del Protocolo de Alcalinidad* para medir la alcalinidad de la muestra de agua.
3. Añadir 1 g de bicarbonato sódico a 100 ml de una muestra de agua dulce. Mezclar bien. Medir la alcalinidad.
4. Repetir el paso (3) usando 2 g de bicarbonato sódico, y después 3 gramos.
5. Añadir una gota de vinagre a una muestra de 100 ml de agua dulce. Mezclar bien. Medir la alcalinidad.
6. Repetir el paso (5) usando 2 gotas de vinagre y después con 3 gotas.

Muestra	Estudiante n°1	Estudiante n°2	Estudiante n°3
Alcalinidad de la muestra de agua			
Alcalinidad – 1 g de bicarbonato de sodio			
Alcalinidad – 2 g de bicarbonato de sodio			
Alcalinidad – 3 g de bicarbonato de sodio			
Alcalinidad – 1 gota de vinagre			
Alcalinidad – 2 gotas de vinagre			
Alcalinidad – 3 gotas de vinagre			

Estación de Nitratos

Hoja de Actividad

El Nitrógeno es uno de los tres nutrientes principales necesarios para las plantas. La mayoría de las plantas no pueden usar el nitrógeno en forma de molécula (N_2). En los ecosistemas acuáticos las algas azules y verdes, pueden convertir el N_2 en amoníaco (NH_3) y nitrato (NO_3^-), que puede ser utilizado por las plantas. Los animales se nutren de estas plantas para obtener nitrógeno, necesario para obtener proteínas. Cuando las plantas y animales mueren, las moléculas proteínicas son descompuestas por las bacterias en amoníaco. Otras bacterias oxidan el amoníaco en nitritos (NO_2^-) y en nitratos (NO_3^-). En condiciones pobres de oxígeno los nitratos se pueden transformar, por otras bacterias en amoníaco (NH_3), comenzando el ciclo del nitrógeno de nuevo.

Los niveles típicos de nitrógeno en aguas naturales son bajos (por debajo de 1 ppm de nitrato). El nitrógeno liberado por excreciones de animales en descomposición, plantas y animales muertos, es rápidamente consumido por las plantas. En cuerpos de agua con altos niveles de nitrógeno, puede ocurrir una eutrofización. Los niveles de nitrógeno se pueden elevar de forma natural o por la actividad humana. Patos y ocas contribuyen en gran medida a aumentar los niveles de nitrógeno en las aguas en las que viven. Las fuentes humanas de nitrógeno incluyen las aguas residuales que van a parar a los ríos, el lavado de fertilizantes que desaguan en corrientes de agua o filtrados en las aguas del subsuelo, y residuos líquidos de corrales y comederos.

Los niveles de nitratos se miden en partes por millón (ppm) de nitrato.

Recuerde que los niveles de nitrato pueden variar con el tiempo; por lo que es mejor analizar muestras frescas (recogidas en menos de 2 horas) o muestras refrigeradas

Materiales

- Cuadernos de ciencias de GLOBE
- Guía de Laboratorio del Procedimiento de Control de Calidad de Nitratos*
- Lápiz o bolígrafo
- Guía de Campo del Protocolo de Nitratos*
- Kit de análisis de Nitratos
- Abono o Fertilizante
- Estándar de Nitrato
- Muestra de Agua de un acuario

Qué Hacer

1. Usar la *Guía de Laboratorio del Procedimiento de Control de Calidad de Nitratos* para comprobar el equipo y el procedimiento.
2. Medir los nitratos de la muestra de agua utilizando la *Guía de Campo del Protocolo de Nitratos*. Disolver unos gramos de abono rico en nitrógeno en la muestra de agua. Medir el nivel de nitratos.
4. Analizar el agua de un acuario.

Muestra	Estudiante n°1	Estudiante n°2	Estudiante n°3
Nitratos de la muestra de agua			
Nitratos con el abono			
Nitratos en el acuario			

Detectives del Agua



Objetivo General

Ayudar a los estudiantes a comprender que hay sustancias que pueden identificarse con los sentidos, mientras que otras sustancias necesitan herramientas para ser identificadas.

Visión General

Los estudiantes tratarán de identificar sustancias misteriosas en el agua.

Objetivos Didácticos

Los estudiantes aprenderán a usar sus sentidos haciendo observaciones y explicando por qué a veces se necesitan herramientas extra para aumentar los sentidos.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El agua es un disolvente.

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Habilidades de Investigación Científica

Desarrollar explicaciones basándose en observaciones.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

Usar instrumentos para la toma de datos.

Tiempo

Un periodo de clase

Nivel

Todos

Materiales y Herramientas

Para equipo de 4-5 estudiantes:

4 vasos de plástico transparente.

4 cucharas o sorbetes (pajitas, cañitas, popotes)

Marcador para numerar los vasos

Agua destilada o del grifo (caño).

Hoja de Trabajo de los Detectives del Agua.

“Contaminantes” para el agua que representen todos los sentidos. **Se puede usar** cualquier sustancia alimenticia que no sea tóxica, se puede usar por ejemplo: Vista: Gota de colorante amarillo o café, agua con gas.

Tacto: Bicarbonato sódico, almíbar

Olfato: Vinagre, zumo de limón/naranja

Oído: Agua con gas

Preparación

Numerar los vasos por cada puesto del 1 al 4.

Copiar la *Hoja de Trabajo de los Detectives del Agua* para cada grupo.

Proporcionar un puesto de trabajo con 4 vasos de agua destilada o del grifo con pequeñas cantidades de contaminantes mezclados en los 4 vasos.

Disponer las cucharas o pajitas para sacar el agua de los vasos.

Requisitos Previos

Ninguno

Antecedentes

En el ciclo hidrológico, el movimiento del agua (precipitaciones, aguas superficiales, aguas subterráneas) erosiona constantemente los continentes. Parte del material erosionado es transportado por los ríos a los océanos, como sólidos en suspensión (por ejemplo, arena, arcilla y limo) o como sustancias disueltas (por ejemplo sales). Pueden considerarse contaminantes naturales y pueden variar desde calizas disueltas (carbonato cálcico) a minerales disueltos que contienen metales pesados tales como plomo, cadmio y zinc. Otras sustancias son introducidas en el sistema hidrológico a través de la actividad humana. Petróleo, aguas residuales, fertilizantes químicos y pesticidas son algunos ejemplos. Una vez que estos materiales están en el agua, todas las formas de vida que usan esa agua son objeto de los efectos de esas sustancias. Al final del ciclo hidrológico el agua se evapora, a menudo, dejando las partículas que transportaba.

Los científicos han desarrollado análisis para ver si las diversas sustancias ya sean perjudiciales o beneficiosas, producidas naturalmente o no, se encuentran en el agua. Estas pruebas implican el uso de herramientas para medir sustancias o propiedades que los humanos no pueden percibir directamente.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

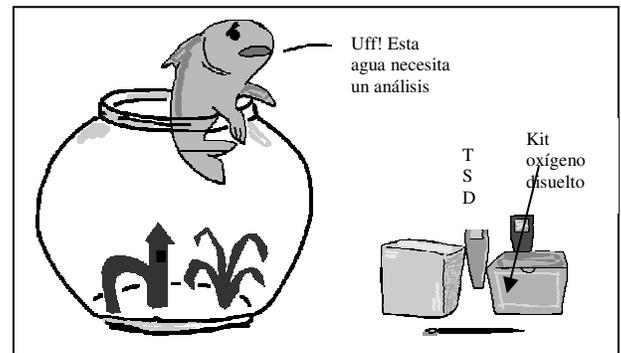
Debatir con los estudiantes acerca de cómo pueden usar sus sentidos para detectar cosas en su entorno. Discutir las ventajas y limitaciones de cada uno de los sentidos. Algunas de las cuestiones sobre las que los estudiantes deberán pensar son: ¿Cómo usamos nuestros ojos para detectar un peligro? ¿Cuándo no funciona muy bien nuestro sentido de la vista? (*cuando algo esta fuera del rango de visión, en la oscuridad, o es tan pequeño que no puede ser visto por el ojo humano...*)

¿Cómo usamos nuestro oído para detectar un peligro? ¿Cuándo no nos ayuda nuestro sentido auditivo? (*cuando las cosas no producen sonido, cuando no escuchamos o no ponemos atención...*)

¿Cómo usamos nuestro olfato para detectar peligros? ¿Cuándo no funciona bien? (*algunas cosas no tienen olor, cuando estamos resfriados...*)

¿Cómo usamos el tacto? ¿Cuándo no funciona? (*cuando un objeto está muy lejos, cuando tocar puede ser peligroso...*)

Llene un vaso con agua de cada una de las estaciones de trabajo. Explique lo que contiene cada vaso (agua más la sustancia conocida). Pregunte a los estudiantes cuál de los sentidos sería más útil para averiguar si el agua es agua del grifo inalterada (¿apta para beber?) Considere las ventajas y desventajas de usar cada uno de los sentidos. Analizar los procedimientos de laboratorio apropiados para probar sustancias con los sentidos.



Haciendo el Experimento

Explicar a los estudiantes que 3 de los 4 vasos contienen un misterioso alimento que podría considerarse un contaminante del agua. Debe enseñar a los estudiantes las cajas del "alimento misterioso" que se ha echado en el agua (sal, bicarbonato sódico, etc.),

Los estudiantes deben detectar qué vasos contienen los contaminantes misteriosos y qué vasos tienen sólo agua, usando sus sentidos. Utilice la hoja de *Detectives del Agua* para que los estudiantes anoten sus datos.

Pregunte a los estudiantes que otras vías deben usar para averiguar que había en el agua. Introduzca la idea de cómo usamos las herramientas y de ejemplos de cómo las usamos para ayudar a nuestros sentidos. Por ejemplo, ellos deberían pensar en detectores de humos, microscopios, audífonos, etc.

Ampliación de las Actividades básicas de Aprendizaje

Presente a los estudiantes el papel pH como una herramienta para analizar el agua. Deben usar el papel-pH para analizar el agua de sus vasos.

¿Qué puede detectar el papel-pH?

Desafiar a los estudiantes a idear su propia prueba para detectar lo que hay en el agua.

Ejemplos:

Agitar el agua.

Añadir otra sustancia que pueda reaccionar con cosas en el agua (vinagre)

Congelar, hervir o evaporar el agua.

Analizar la densidad.

Buscar la refracción.

Conductividad eléctrica.

Analizar cómo los protocolos GLOBE de hidrología usan algunos de estos principios para la toma de datos.

Evaluación de los Estudiantes

Pedir a los estudiantes:

Una lista de varias sustancias que pueden encontrarse en el agua de su Sitio de Hidrología. Que expliquen por qué los instrumentos son, a veces, necesarios para detectar sustancias.

Plantear una hipótesis sobre cómo varias sustancias pueden afectar a los seres que viven en el agua.

Explicar cómo cada sentido es bueno para examinar diferentes tipos de sustancias.

Hoja de Trabajo de los Detectives del Agua

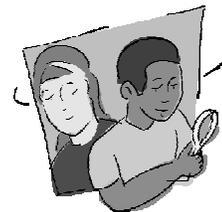
Nombre: _____

Vaso	Ver	Oír	Oler	Sentir	Prueba de pH
					
1 uno					
2 dos					
3 tres					
4 cuatro					

1. Observar los vasos. Poner una X al lado de los vasos que no parezca que contienen agua.
2. Escuchar los vasos. Poner una X al lado de los vasos que no suenen como agua.
3. Oler los vasos. Poner una X al lado de los vasos que no huelan como agua.
4. Tocar el agua de los vasos. Poner una X al lado de los vasos que no se sientan como agua.

¿Qué vaso tiene SÓLO agua? _____

El Juego del pH



Objetivo General

Dar a conocer los distintos grados de acidez de líquidos y otras sustancias que se encuentran en el entorno del centro escolar para que los estudiantes entiendan lo que los niveles de pH nos dicen sobre el entorno.

Visión General

El juego del pH acercará al alumnado a la medición del pH de las muestras de agua, de suelo, plantas y de otros materiales naturales procedentes de diferentes lugares. Los estudiantes mezclarán materiales para poder medir diferentes valores de pH.

Objetivos Didácticos

Identificar el pH de sustancias comunes, aprender qué valores máximos y mínimos de pH pueden indicar condiciones peligrosas en el ambiente, y conocer cómo se puede alterar el pH.

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El agua es un disolvente.

Cada elemento se mueve entre los diferentes reservorios (biosfera, litosfera, atmósfera, hidrosfera).

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Habilidades de Investigación Científica

Desarrollar explicaciones utilizando observaciones.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir los procedimientos y las explicaciones.

Usar instrumentos para recopilar datos con exactitud.

Tiempo

Un periodo de clase para la preparación.

Un periodo de clase para el juego

Nivel

Todos

Materiales y Herramientas

Para cada equipo: (alrededor de 4 estudiantes)

20 tiras de pH

3 a 5 tazas pequeñas o vasos.

Papel y lápiz

Etiquetas adhesivas para relacionar los resultados obtenidos a los resultados indicados en la pizarra.

Para la clase:

Tabla de resultados en la pizarra (en una fila los valores de pH desde 2 hasta 9 para cada equipo)

Una cartilla con reglas del juego y con normas para conseguir más tiras de pH.

Tiras adicionales de papel-pH.

Vasos de soluciones preparadas para el análisis.

Preparación

Reunir los materiales para las soluciones de pH.

Requisitos previos

Conversar acerca de las medidas de seguridad en el laboratorio.

Apoyo al Profesorado

Introducción

El nivel de acidez (pH) influye significativamente en la vegetación y en la fauna de un entorno. El pH puede ser modificado por distintos factores. El principal factor natural que influye en el pH es la aportación de sustancias que hacen las rocas y suelos adyacentes. Las actividades humanas también pueden contribuir a este cambio con la emisión de sustancias ácidas o básicas al aire, al agua o al suelo. Una contribución particularmente importante es la lluvia ácida, (la cual se forma por la combinación de los compuestos ácidos liberados a la atmósfera con el agua). La lluvia ácida puede bajar el pH en los cuerpos de agua a unos niveles que son peligrosos para ciertas especies.

Es importante entender el pH. Esta actividad ayudará a los estudiantes a entender la escala de pH. Los estudiantes más avanzados mezclarán soluciones ácidas y básicas para conseguir soluciones con pH intermedio, y aprenderán la relación que existe entre alcalinidad y pH.

Preparación Previa

Se prepararán varias soluciones ácidas y básicas, mezcla de materiales naturales y procesados. Estas soluciones deberán estar etiquetadas con los ingredientes y una letra, pero no sus características ácidas o básicas. Ejemplos de soluciones ácidas incluyen fermentación de pastos, zumo de limón concentrado y diluido, café negro, vinagre, zumo de naranja y bebidas no alcohólicas. Soluciones básicas incluyen agua salada, champú, bicarbonato sódico, lejía, amoníaco de uso doméstico y limpiadores de horno. El agua del lugar y soluciones del suelo también pueden ser usadas. Las soluciones de suelos se producen mezclando las mismas cantidades de agua destilada que de suelo y no dejando que las partículas se depositen. También se pueden hacer soluciones con materiales encontrados alrededor del centro escolar, tales como restos de aceite procedente de vehículos, líquidos en botellas, etc.

Tabla HI-pH-1

Valor de pH									
Equipos	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Equipo 1									
Equipo 2									

Tabla HI-pH-2

Valor pH									
Equipos	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Equipo 1	1		1			1	1		4
Equipo 2		1		1				1	3

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Recuérdale al alumnado la diferencia entre hipótesis y resultados. Es conveniente animarles a desarrollar hipótesis y a encontrar la vía para contrastar sus resultados. La Guía de Implementación, dentro de la Guía del Profesor GLOBE, contiene materiales para guiar al alumnado en una investigación.

Hay que dividir el grupo en varios equipos.

Las Reglas

1. Explicar que el objetivo del juego para cada equipo es identificar las soluciones que tienen un rango de pH de 2 a 9.
Los alumnos deberán dibujar una línea horizontal con la escala de pH de 0 a 14, marcando el pH 7 como valor neutro. Cada unidad debe estar separada al menos por 1 cm. Deberán dibujar un recuadro debajo de cada valor de pH entre el 2 y el 9.
Cada equipo encuentra sustancias que tienen un pH que corresponde a un recuadro en la escala de pH.
2. El profesor dibuja una tabla en la pizarra.
Ver HI-pH-1.
3. Se gana un punto por cada casilla rellena, incluso si el equipo encuentra dos muestras con el mismo pH.
4. Los estudiantes anotarán toda la información sobre la solución etiquetada y el pH que han medido.
5. Cuando el alumnado esté preparado para presentar una muestra para los resultados del juego en la pizarra, mostrará al profesorado sus anotaciones y la muestra. Juntos miden el pH con una nueva tira de papel-pH. Si el pH está de acuerdo con el que ha medido previamente el alumnado, la muestra es aprobada y los puntos son añadidos al marcador del equipo. La Tabla HI-pH-2 es un ejemplo del resultado para diferentes equipos.
6. El profesor da una nueva tira de papel pH por cada muestra añadida a los resultados de la pizarra.

Ampliación del Juego del pH

Principiantes.

Para un entendimiento básico. Usar sal y azúcar y explicar al alumnado que salado no significa necesariamente ácido y que dulce no significa necesariamente básico. Los refrescos de Cola son buen ejemplo de líquidos dulces y con pH ácido.

Intermedios

Hacer el juego más competitivo. Por ejemplo, el equipo que encuentre o cree la primera muestra de un pH determinado recibe 5 puntos, las muestras siguientes con ese pH tendrán sólo un punto.

Hacer el juego más difícil limitando las fuentes de las muestras a materiales naturales.

Limitar el número de tiras de pH que se dan a cada equipo y marcar unas reglas para conseguir más con un juego de puntos.

Avanzados

Preguntar qué soluciones deberían mezclarse para obtener soluciones neutras (pH~7). Explicar que el pH es una escala logarítmica y no aditiva. (Por ejemplo, mezcle cantidades iguales de soluciones no tamponadas de pH 6 y pH 7 resultando una solución de pH 6,2, no de pH 6,5, aunque si están usando papel-pH no podrán ver la diferencia) Deben comprobar sus hipótesis mezclando algunas de las soluciones etiquetadas y anotando el pH. ¿Qué cantidad se utilizó de cada solución? ¿Cuál fue el pH resultante? ¿Es más alto o más bajo del esperado?

Explicar el concepto de capacidad de neutralizar ácidos (alcalinidad). Debatir si se requiere más solución ácida para bajar el pH de una solución con alta alcalinidad o con baja alcalinidad cuando ambas soluciones tienen el mismo pH de partida; Muchas de las soluciones pueden tener la misma alcalinidad; por lo tanto puede requerirse una alta proporción de solución ácida para bajar el pH de la solución con alta alcalinidad. El alumnado ha discutido sobre la capacidad de neutralización de las diferentes soluciones, relacionando esto con la capacidad tampón (alcalinidad) del sitio de hidrología.

Dirija un análisis similar de muestras de agua procedente de diferentes áreas de su comunidad.

Comparar el agua del grifo con el agua del sitio de estudio. Comparar el pH del agua mezclada con suelo procedente de distintos horizontes.

Nota: Para alumnos mayores recomendamos contar con un experto que pueda responder a sus preguntas.

Investigaciones Posteriores

Examinar el sitio de estudio de Hidrología, los materiales del suelo, de las rocas y la vegetación que influyen en el pH del agua.

Traten de identificar y cuantificar las influencias que no están siempre presentes en el sitio de estudio tales como las precipitaciones o algún suceso aguas arriba del sitio de muestreo. Ver si el pH del sitio de estudio cambia a lo largo del día. La fotosíntesis puede producir fluctuaciones en el pH (aunque serán muy pequeñas para poder medirlas con papel-pH).

Evaluación de los Estudiantes

Después del juego sentarse con el alumnado en torno a los resultados de la pizarra e identificar qué muestras han encontrado, dónde las encontraron y el pH de esas muestras.

Anime al alumnado a exponer sus propias ideas sobre por qué las diferentes muestras tienen distintos valores de pH. Enfatique las diferencias entre muestras de agua procedentes de suelos rocosos, de fuentes artificiales, lagos, ríos, etc. Hable de la capacidad de neutralización del ácido (alcalinidad) de algunas rocas y de las influencias en la acidez de diferentes materiales. Pregúnteles por qué les resultó difícil encontrar muestras para algunos niveles de pH mientras que resultó muy sencillo para otros.

Agradecimientos

El juego del pH ha sido creado y probado por los coordinadores del equipo de TEREZA, Asociación para la Educación ambiental de la República Checa.

Modelo de Balance Hídrico



Objetivo General

Reproducir un modelo de almacenamiento de agua de los suelos durante más de un año.

Visión General

El alumnado crea un modelo físico que ilustra el balance hídrico en el suelo utilizando vasos para representar la columna de suelos. Utilizan datos del servidor de datos de GLOBE para calcular la posible evapotranspiración (la cantidad de agua que se necesita para satisfacer la demanda de cada mes), la media mensual de las temperaturas y las precipitaciones para su modelo. Una vez hecho esto, construyen un modelo que representa el balance hídrico del suelo del Sitio de Estudio.

Objetivos Didácticos

Los alumnos serán capaces de crear un modelo del ambiente físico y de explicar cómo el modelo se puede utilizar para expresar los datos y realizar predicciones.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

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

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

El agua circula por la biosfera, litosfera, atmósfera e hidrosfera (ciclo del agua).

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y llevar a cabo una investigación científica

Utilizar los instrumentos y las técnicas apropiadas.

Utilizar los datos para elaborar una explicación razonable.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Utilizar los cálculos apropiados.

Comunicar los procedimientos y las explicaciones.

Tiempo

Una clase para calcular valores

Una clase para construir el modelo

Una clase para probar la hipótesis

Nivel

Intermedio y avanzado

Materiales y Herramientas

Parte I: El Modelo Físico

14 vasos de precipitación, vasos o probetas (aproximadamente 20-25 cm de alto, o lo suficientemente altos para contener el total de precipitaciones del mes más húmedo en el sitio modelo)

Agua

Rotuladores permanentes rojo y negro

Regla

Datos del servidor GLOBE o del ejemplo proporcionado más adelante.

Parte II: Modelo Matemático

Datos de un año de precipitaciones, temperatura, humedad del suelo.

Tablas y gráficas de esta actividad.

Preparación

Para la Parte II, encontrar centros que tengan datos apropiados en el servidor de GLOBE.

Requisitos Previos

Cálculos matemáticos simples, leer gráficas, y utilizar el servidor de visualización de GLOBE.

Antecedentes

La cantidad de agua almacenada en el suelo del sitio de estudio puede ser calculada creando un modelo de balance para su área. El agua presente en los suelos depende del balance entre el agua obtenida debida a las precipitaciones y el agua que se pierde por la evaporación y la transpiración. La cantidad combinada del agua que se pierde por la evaporación y transpiración se denomina *evapotranspiración*. La máxima cantidad de evapotranspiración se llama *evapotranspiración potencial*, y puede ocurrir si el agua estuviera siempre disponible. Algunas veces, por ejemplo durante un verano seco, la cantidad de agua evaporada puede sobrepasar las precipitaciones, y el agua no siempre está disponible para cubrir todas las demandas.

El agua que contienen los suelos es un factor fundamental en la determinación de qué plantas pueden crecer en cada área. Varios factores regulan el contenido del agua, por ejemplo, la temperatura, la duración de las horas de sol, la cantidad de plantas y vegetales, así como la cantidad de lluvias. Se podría pensar que los meses con mayores precipitaciones son también los meses con la mayor cantidad de agua en los suelos. Sin embargo esto no siempre es cierto. Si las temperaturas son tan altas que la mayor parte del agua se evapora, los meses más fríos deberían tener un mayor contenido de agua en el suelo. Los científicos estudian el balance hídrico en un área para poder predecir cuándo las plantas van a crecer y cuándo estarán bajo los efectos del estrés debido a la falta de agua.

Apoyo al Profesorado

Preparación Previa

Analice con los alumnos la importancia de mantener el agua en el suelo. Puede utilizar la actividad de *Un Simple Repaso* para enseñar las propiedades de los diferentes suelos.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Examine los datos de 1999 del centro Reynolds Jr Sr. La evapotranspiración potencial (EP) es la cantidad de agua que se podría perder a través de la evaporación y la transpiración si el agua estuviera siempre disponible. Cuando la EP es menor que las precipitaciones, el agua está disponible para las plantas. Cuando la EP es mayor que las precipitaciones, las plantas deben depender del agua almacenada en el suelo. La EP se calcula para este modelo utilizando una fórmula matemática que incluye dos variables, la temperatura y la luz del sol.

Los alumnos tendrán que responder a las siguientes preguntas para interpretar los datos.

- ¿Qué mes tiene las mayores precipitaciones? ¿Cuál es el que tiene menos?
- ¿Qué mes es el más cálido? ¿Cuál es el más frío?
- ¿Durante qué meses se esperaría tener agua que sobre (demasiada agua almacenada en el suelo)?
- ¿Durante qué meses esperarías tener escasez de agua (falta de agua almacenada en los suelos para cubrir las necesidades de las plantas)?

Reynolds Jr Sr High School, Greenville, PA, US, Datos de 1999

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Total precipitaciones mensuales (mm)	120	70	55	121	63	50	77	84	62	35	109	56
EP (mm) Evapotranspiración Potencial	0,0	0,0	0,0	42	85	118	141	109	83	36	20	0,0
Media mensual de Temperaturas (°C)	-4,6	-0,7	-1,1	9,0	14,8	19,5	22,4	19,2	17,0	8,9	6,2	-1,6

Parte I – Un Modelo Físico

Organizando el Modelo

1. Los alumnos colocan 12 recipientes que representan los meses del año, y los etiquetan desde enero a febrero. Ver Figura HI-BA-1.
2. Utilizando los datos del centro Reynolds (u otros datos disponibles), los alumnos deben encontrar la EP para cada mes. Se puede utilizar para ello una regla, y un rotulador negro para dibujar una línea en cada recipiente indicando la EP en mm para cada mes.
3. Se señala el recipiente número 13 como de almacenamiento. Se hace una línea en los 100 mm del recipiente para indicar cuando está lleno. El recipiente número 14 se utiliza para las precipitaciones.

Utilizando el Modelo

Proporcionar las siguientes instrucciones al alumnado. Primero, encontrar la cantidad de precipitaciones de enero en la tabla. Medir esta cantidad en el vaso de precipitación; después verterlo en el vaso de precipitación del mes de enero, utilizando las siguientes normas:

Regla 1: Si tiene más precipitaciones de las que necesita en el mes, llene el recipiente de enero hasta la línea de EP, y después, vierta el resto del agua en el de almacenamiento (el n° 13).

Regla 2: el recipiente de almacenamiento sólo puede ser llenado hasta los 100 mm. Si enero está lleno hasta la línea de EP y el almacenamiento está lleno, se puede tirar el resto del agua.

Regla 3: Si no hay suficientes precipitaciones para llenar el recipiente de enero, se vierte todo el contenido y después se añade agua del almacenamiento hasta llegar a la línea de EP.

Regla 4: Si se han utilizado todas las precipitaciones del mes, y el almacenamiento está vacío, se hace una línea roja en el recipiente de enero indicando donde está la línea de agua. La diferencia entre las líneas rojas y negras es la falta de agua de cada mes.

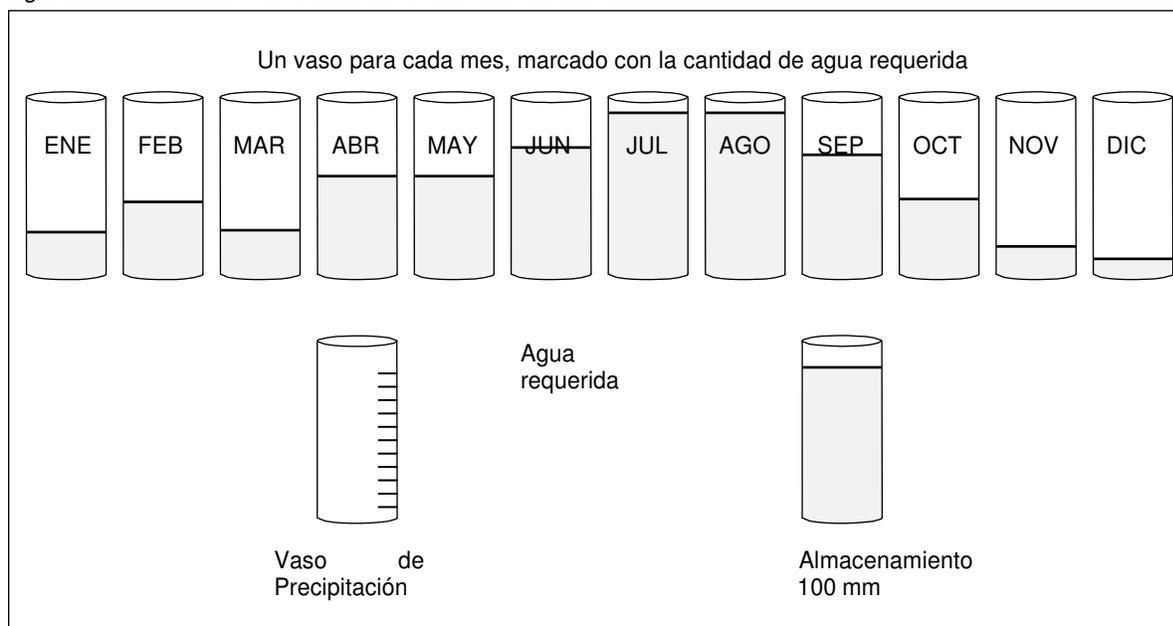
Repita los pasos para cada mes, a lo largo de todo el año.

Análisis de los Resultados

Se pide a los alumnos que respondan las siguientes preguntas:

1. ¿Qué meses muestran una escasez de agua? ¿Coincide esto con la hipótesis inicial? ¿Hay variables que se deban tener en cuenta para formar una hipótesis sobre la escasez de agua?
2. ¿La escasez de agua se produce siempre en meses con bajas precipitaciones?
3. ¿Se produce la escasez de agua siempre en los meses con las temperaturas más altas?
4. ¿Durante qué meses podría esperar inundaciones?

Figura HI-BA-1: Definición del Modelo del Balance Hídrico



Probando las Hipótesis en el Modelo

Los alumnos realizarán hipótesis que predigan cómo puede cambiar el balance hídrico, por los cambios en las variables.

Habrán que considerar las siguientes posibilidades:

1. ¿Qué ocurrirá si tiene lugar un invierno especialmente húmedo? (aumentan las precipitaciones invernales en un mes de invierno)
2. ¿Qué pasaría si hubiera un verano inusualmente seco? (decrecen las precipitaciones veraniegas durante un mes de verano)
3. ¿Qué pasaría si hubiera un verano inusualmente caluroso? (aumenta la necesidad de agua (EP) en los meses de verano)
4. ¿Qué pasaría si se aumenta el almacenamiento mediante la creación de otro almacenamiento artificial? (aumenta el almacenamiento hasta 150 mm)

El alumnado comprobará sus hipótesis cambiando las variables en la tabla y probando el modelo de nuevo.

Notas: Los alumnos comenzarán en el mes de octubre con el experimento. Los hidrólogos definen “el año hidrológico” empezando por octubre (en el hemisferio norte), antes de la acumulación de nieve en invierno. ¿Hay un resultado diferente?

Investigaciones Posteriores

Utilizando la *Hoja de Gráficas para Calcular la Evapotranspiración Potencial*, o las fórmulas al final de la actividad, los alumnos pueden encontrar las cifras de EP para cualquier centro GLOBE con datos de temperatura de un año.

Los alumnos deberán:

1. Utilizar los datos de su propio centro, o encontrar otro centro GLOBE en diferentes partes del mundo, para investigar las diferencias en el equilibrio de agua en diferentes ecosistemas o biomas.
2. Examinar el balance hídrico de un mismo sitio durante varios años. ¿Cambia el equilibrio de agua de año en año?

Parte II – Un Modelo Matemático

Los alumnos deben completar la *Hoja de Trabajo de Balance Hídrico* de su propio sitio, o de otro, usando los datos GLOBE.

Seguirán los siguientes pasos para rellenar la *Hoja de Trabajo*:

1. Encontrar el total de precipitaciones mensuales para cada mes, y rellenar la columna de precipitaciones en la tabla.

2. Calcular la Evapotranspiración Potencial (EP) de cada mes y rellenar la fila de EP en la tabla (la EP debe ser calculada utilizando la *Hoja de Trabajo de Cálculos de la Evapotranspiración Potencial (EP)* o utilizando las fórmulas que se encuentran al final de esta actividad.

3. Calcular las diferencias entre precipitaciones y el agua requerida (EP) para el primer mes:
 - Si hay más agua de la requerida, introducir la diferencia en la fila de agua extra.
 - Introducir esta diferencia en la fila del almacenamiento, y añadirla al agua que ya está en el almacenamiento, proveniente de meses anteriores.

Nota: El primer mes no hay nada para poder añadir del mes anterior.

Nota: El almacenamiento no puede ser mayor de 100. La cantidad que exceda de 100 mm se considera excedente (residuo líquido).

4. Si hay menos agua de la requerida, hay que introducir la diferencia en la fila de Extra de agua requerida.
 - Para calcular el almacenamiento hay que restar (el almacenamiento del mes anterior) – (el agua extra requerida del mes actual).

Si la diferencia es mayor que 0, introduzca este número en la casilla del almacenamiento. Si el número es menor de 0, introduzca 0 en la casilla y el resultado en el apartado de escasez.

Nota: La escasez no es acumulativa. No hay que añadirlo junto con los meses anteriores.

5. Seguir el paso 3 para cada mes en la tabla.
Nota: Los meses deben estar en orden
6. Calcular la cantidad de agua que se pierde por la evapotranspiración real (ER).
Si las precipitaciones >EP:

$$ER = EP$$

Si las precipitaciones < EP:

$$ER = EP - \text{Escasez}$$

7. Realizar un gráfico de precipitaciones, de la evapotranspiración real, (ER) y EP (3 líneas) para el sitio, en un gráfico en el que los meses se colocan en el eje de las X; y mm de agua en el eje de las Y. Examine el gráfico y divídalo en áreas donde haya agua para almacenar, escasez de agua, recarga y excedente.

Hoja de Trabajo de la Tabla de Balance Hídrico

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitaciones (mm)												
(EP) Evapotranspiración Potencial												
Agua Extra												
Agua Requerida												
Agua Almacenada												
Escasez												
Excedente												
(ER) Evapotranspiración Real												

Explicaciones de la Tabla

Precipitaciones: Total de precipitaciones en el mes

Evapotranspiración potencial (EP): Cantidad total de agua que se puede perder a través de la evaporación y la transpiración si el agua fuera siempre fácil de conseguir. Hay que calcular la EP utilizando la *Hoja de Trabajo para Calcular la Evapotranspiración Potencial* o utilizando las fórmulas que se encuentran al final de esta actividad.

Agua Extra: Precipitaciones que exceden las necesidades para cubrir la demanda de un mes.

$$\text{Agua Extra} = (\text{Precipitaciones} - \text{EP}) \text{ cuando la diferencia es positiva}$$

Agua Extra Requerida proveniente del almacenamiento para cubrir las necesidades

$$\text{Agua Extra Requerida} = (\text{Precipitaciones} - \text{EP}) \text{ cuando la diferencia es negativa}$$

Agua del Almacenamiento: Agua almacenada en los suelos. El almacenamiento nunca será menor de 0 o mayor que la capacidad del campo (la capacidad del campo será, en este modelo, 100 mm).

$$\text{Almacenamiento} = \text{Almacenamiento (mes anterior)} + \text{Agua Extra } \acute{o}$$

$$\text{Almacenamiento} = \text{Almacenamiento (mes anterior)} - \text{Agua Extra Requerida}$$

Escasez de Agua: El agua requerida para cubrir las necesidades, superior a las precipitaciones y al almacenamiento.

$$\text{Escasez} = \text{Agua Requerida (mes real)} - \text{Almacenamiento (mes anterior)} \text{ cuando la diferencia es negativa}$$

Excedente: El agua que se pierde cuando las precipitaciones son mayores que la EP y el almacenamiento está completo.

$$\text{Excedente} = \text{Agua Extra (mes actual)} + \text{Almacenamiento (mes anterior)} \text{ cuando la suma es } > 100$$

Evapotranspiración Real (ER): La cantidad de agua que se pierde en realidad, a través de la evaporación y transpiración.

$$ER = EP - \text{Escasez}$$

Investigaciones Posteriores

El alumnado deberá:

1. Examinar los datos de GLOBE de humedad de suelos donde realizaron el modelo de balance hídrico. ¿Qué correlación se puede encontrar entre el modelo y los datos de humedad del suelo?
2. Realizar un gráfico con la medición de las propiedades del agua. ¿Hay algún indicador de cambio en el balance del agua que se pueda correlacionar con la calidad del agua?
3. Utilizar el modelo para examinar posibles efectos del calor del verano o de la humedad de las estaciones más lluviosas de lo normal.
4. Pensar en otros factores que pueden afectar a la humedad del suelo, como la cobertura vegetal, el tipo de suelo, etc ¿Cómo se pueden incorporar estas variables al modelo?

Los alumnos deberán pensar sobre las suposiciones que han realizado en este modelo como que “el suelo mantiene 100 mm de agua” o que “toda el agua que no se almacena, se pierde”. ¿Cómo pueden estas suposiciones afectar los resultados? ¿Cómo pueden mejorar el modelo?

Ejemplo de Respuestas: Centro Educativo Reynolds Jr Sr High School, Greenville, PA, US, (Datos de 1999)

Tabla Completa de Balance hídrico

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	120	70	55	121	63	50	77	84	62	35	109	56
Agua Requerida (EP)	0	0	0	42	85	118	14	109	83	36	20	0
Agua Extra	120	70	55	79							88	56
Agua Requerida					22	68	64	25	21	1		
Almacenamiento	100	100	100	100	78	10					88	100
Escasez							53	25	21			
Excedente	20	70	55	79								44
Evapotranspiración Real (ER)	0,0	0,0	0,0	42	85	118	87	84	62	35	20	0
Temperatura (°C)	-4,6	-0,7	-1,1	9,0	14,8	19,5	22,4	19,2	17,0	8,9	6,2	-1,6

Tabla Completa de Evaporación Potencial

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media de la temperatura mensual (°C)	-4,6	-0,7	-1,1	9	14,8	19,5	22,4	19,2	17	8,9	6,2	-1,6
Índice de calor (de la ecuación)	0	0	0	2,4	5,2	7,9	9,7	7,7	6,4	2,4	1,4	0
EPI (de la ecuación)	0	0	0	38,1	68,2	94,2	110,9	92,5	80,2	37,6	24,6	0
Factor de Corrección (FC) (de la tabla)	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
EP (EPI x FC)	0	0	0	42	85	118	141	109	83	36	20	0

Utilizando el método de la ecuación (paso 2), **I** es la suma de los índices de calor del mes, **I = 43**

Y **m** es un exponente que se calcula en el Paso 3a,

m = 1,17

Metodo 1: Calcular la Evapotranspiración Potencial Utilizando Gráficas

Calcular la Evapotranspiración Potencial (EP) Utilizando la Hoja de Trabajo de Gráficas

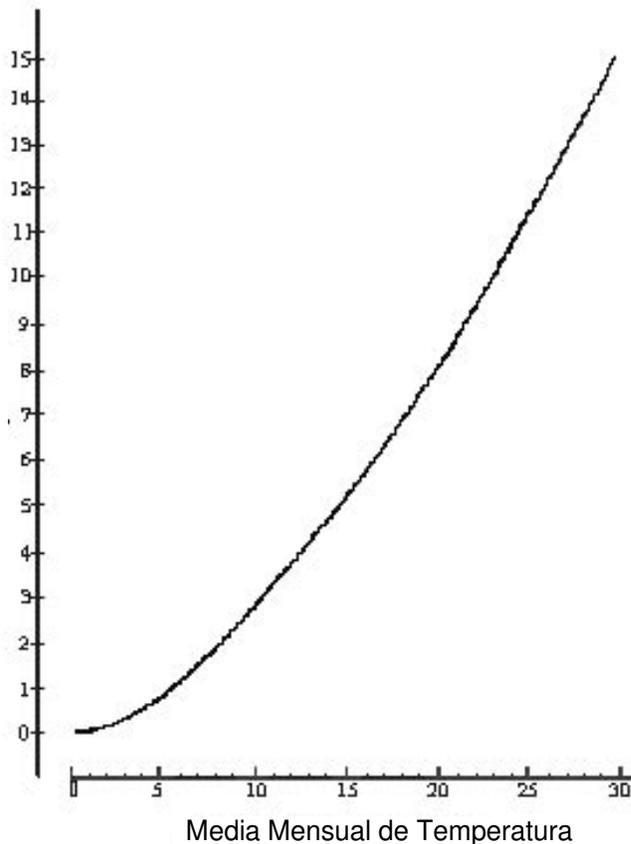
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media de la temperatura mensual (°C)												
Índice de calor (del gráfico)												
EPI (del gráfico)												
Factor de Corrección (FC, en la tabla)												
EP (EPI x FC)												

Paso 1

Encontrar la media mensual de temperatura para el sitio utilizando el servidor de datos de GLOBE

Paso 2

Encontrar el Índice de Calor de cada mes según la gráfica siguiente.



Mes	Media mensual de temperatura	EPI (ET Potencial no ajustada (mm))
Ene		
Feb		
Mar		
Abr		
May		
Jun		
Jul		
Ago		
Sep		
Oct		
Nov		
Dic		
Índice Anual de Calor _____		

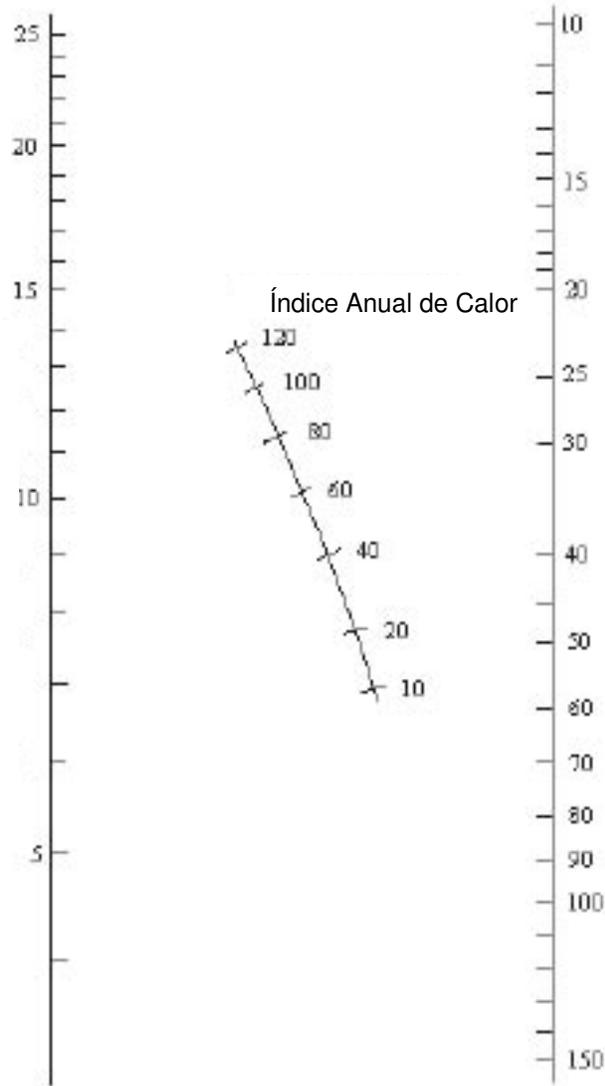
Paso 3

Añadir los Índices Mensuales de Calor juntos para obtener el Índice de Calor Anual: _____

Paso 4

Utilizar el Índice de Calor Anual y la media mensual de la temperatura para encontrar la Evapotranspiración Potencial no ajustada (EPI) del gráfico que está más adelante. **Nota:** Si la media mensual de la temperatura es <0, la EPI de ese mes es 0. Si la temperatura media del mes es >25,0, hay que utilizar el gráfico para altas temperaturas de EPI.

Evapotranspiración Potencial no Ajustada

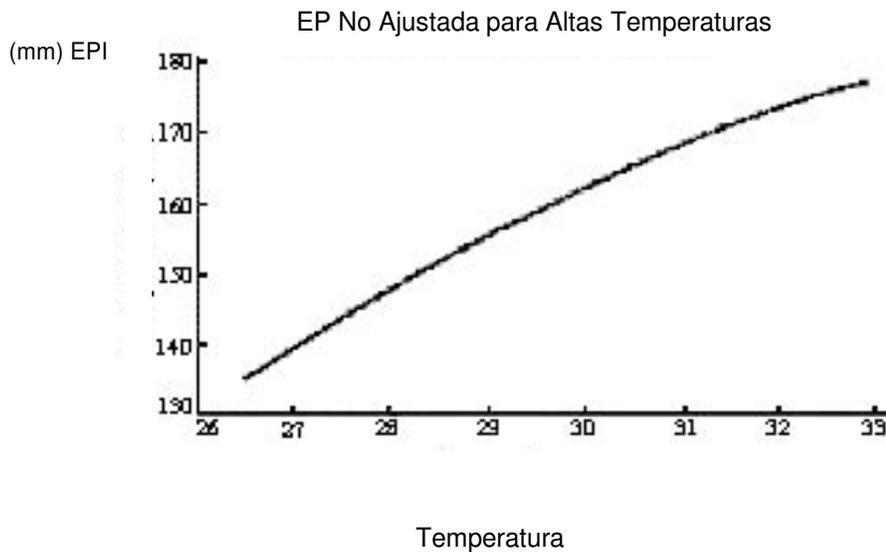


Temperatura

Evapotranspiración Potencial no Ajustada (EPI)

Índice Anual de Calor _____		
Mes	Media Mensual de Temperatura	EPI (ET Potencial no ajustada (mm))
Ene		
Feb		
Mar		
Abr		
May		
Jun		
Jul		
Ago		
Sep		
Oct		
Nov		
Dic		

Nota: Para utilizar el gráfico de arriba, hay que encontrar la Media Mensual de Temperatura que está a la izquierda, y el Índice Anual de Calor en el centro. Hay que hacer una línea recta que una los dos puntos de la gráfica, la interpretación del EPI se encuentra a la derecha.



Nota: Dibujar una línea vertical que vaya desde la temperatura hasta la curva, después una línea horizontal desde la curva hasta la línea de EPI. Por ejemplo, una temperatura de 27° tendrá una EPI de aproximadamente ~ 140 mm.

Paso 5

Encontrar la latitud del centro educativo. Anotar el Factor de Corrección para cada mes de la siguiente tabla:

Factores de Corrección de la Duración del Día para la Evapotranspiración Potencial

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
10 N	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
20 N	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
30 N	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
40 N	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
>50 N	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70
10 S	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
20 S	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
30 S	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
40 S	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1,00	1,15	1,20	1,29
>50 S	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41

Paso 6

Multiplicar el Factor de Corrección por la EPI para encontrar la Evapotranspiración Potencial (EP). Anotar la EP en la *Hoja de Trabajo de Balance Hídrico*.

Método 2: Calcular la Evapotranspiración Potencial Utilizando Fórmulas

Los alumnos con mayor edad o los centros que tengan una media mensual de temperatura fuera de los rangos de las gráficas, deben utilizar las siguientes fórmulas para encontrar el EP.

Paso 1

En primer lugar, calcular el índice de calor del mes (i) para cada mes, utilizando la siguiente fórmula.

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \quad \text{para } T > 0$$
$$i = 0 \quad \text{para } T \leq 0$$

donde T es la media de la temperatura del mes en grados centígrados.

Paso 2

Hallar la suma de los índices de calor de los doce meses para conseguir el índice de calor anual (I).

$$I = i_{ENE} + i_{FEB} + i_{MAR} \dots + i_{DIC}$$

Paso 3

- a. En primer lugar calcular el exponente m para utilizarlo abajo, m es un número que depende de I . El valor de m se obtiene mediante la fórmula.

$$m = (6,75 \times 10^{-7}) I^3 - (7,71 \times 10^{-5}) I_2 + (1,79 \times 10^{-2}) I + 0,492$$

- b. Para conseguir el EP no ajustada, hay que utilizar la fórmula:

$$\text{EP no ajustada (milímetros)} \begin{cases} 0 & T < 0^\circ \text{C} \\ 16 \left(\frac{10T}{I}\right)^m & T \leq 0 \leq 26,5^\circ \text{C} \\ -415,85 + 32,24T - 0,43T^2 & T > 26,5^\circ \text{C} \end{cases}$$

Donde T es la media de temperatura en grados centígrados para el mes específico que se considere.

- c. Una vez que se ha calculado la EP no ajustada, hay que utilizar la Tabla con el factor de corrección de la longitud del día para encontrar la EP ajustada.

*Adaptado de *Physical Geography Today: A Portrait of a Planet* (1978) Robert A. Muller y Theodore M. Oberlander, Random House: utilizando la Fórmula de Thornthwaite para la Evapotranspiración Potencial.

Método 1: Calcular la Evapotranspiración Potencial Utilizando Gráficas

Calcular la Evapotranspiración Potencial (PE) Utilizando la Hoja de Trabajo con Gráficas

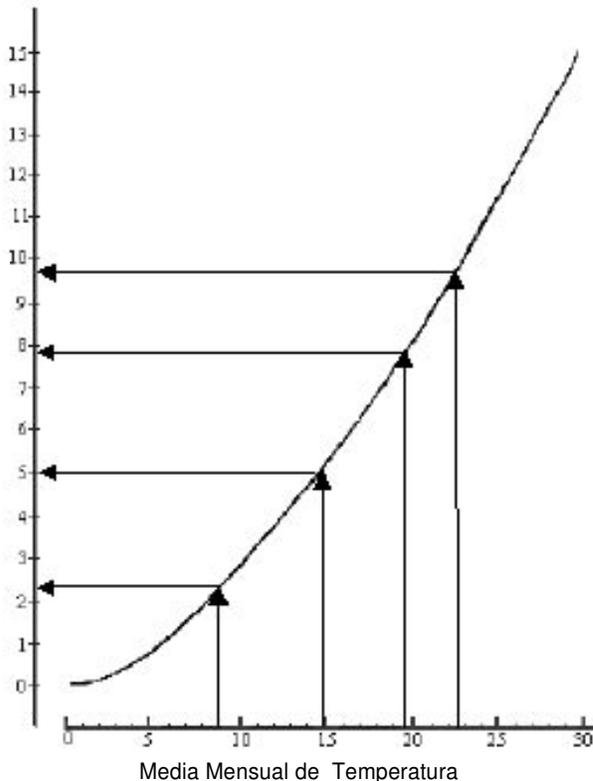
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media de la temperatura mensual (°C)	-4,6	-0,7	-1,1	9,0	14,8	19,5	22,4	19,2	17,0	8,9	6,2	-1,6
Índice de Calor (del gráfico)	0	0	0	38	66	91	108	89	78	37	25	0
EPI (del gráfico)	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
Factor de corrección (de la tabla)	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
EP (EPI x FC)	0	0	0	42	82	114	137	105	81	36	21	0

Paso 1

Encontrar la media mensual de Temperatura para el sitio utilizando los datos del servidor de GLOBE.

Paso 2

Encontrar el Índice de Calor de cada mes según el gráfico siguiente



Mes	Media mensual de temperatura	EPI (ET Potencial no ajustada (mm)
Ene	-4,6	0
Feb	-0,7	0
Mar	-1,1	0
Abr	9,0	2,3
May	14,8	5,0
Jun	19,5	7,8
Jul	22,4	9,8
Ago	19,2	7,6
Sep	17,0	6,5
Oct	8,9	2,4
Nov	6,2	1,2
Dic	-1,6	0
Índice Anual de Calor 42,6 (alrededor de 43)		

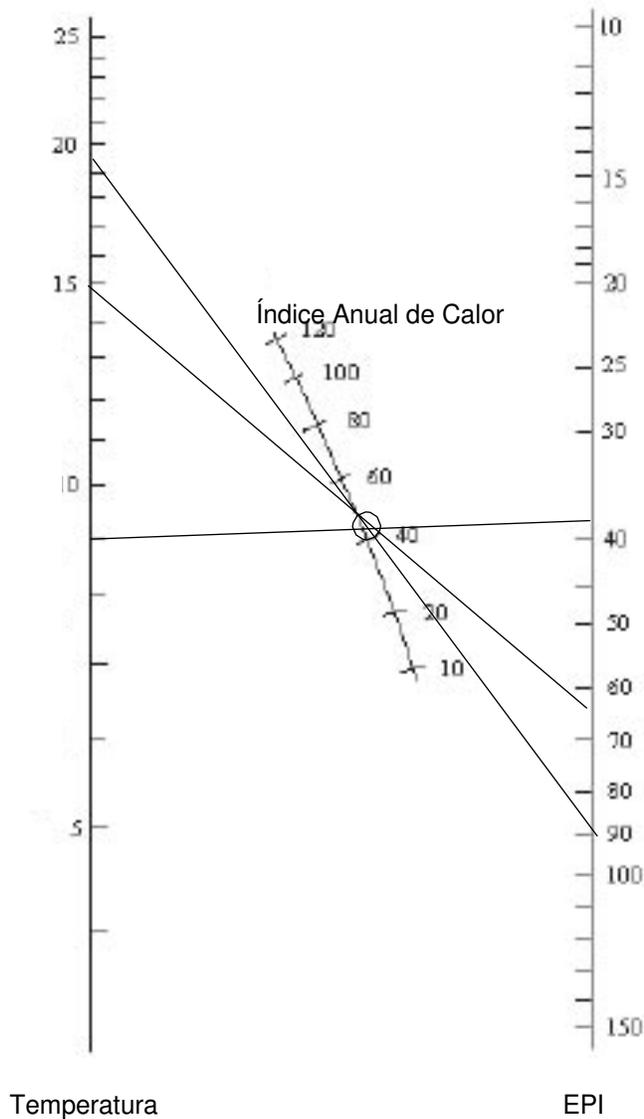
Paso 3

Añadir los Índices de Calor del mes juntos para conseguir el Índice Anual de Calor: 43

Paso 4

Utilizar el Índice de Calor Anual y la media mensual de la temperatura para encontrar la Evapotranspiración Potencial no ajustada (EPI) de la gráfica que está más adelante. **Nota:** Si la media mensual de la temperatura es $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$; la EPI de ese mes es 0. Si la temperatura media del mes es $>25,0$, hay que utilizar el gráfico para altas temperaturas de EPI.

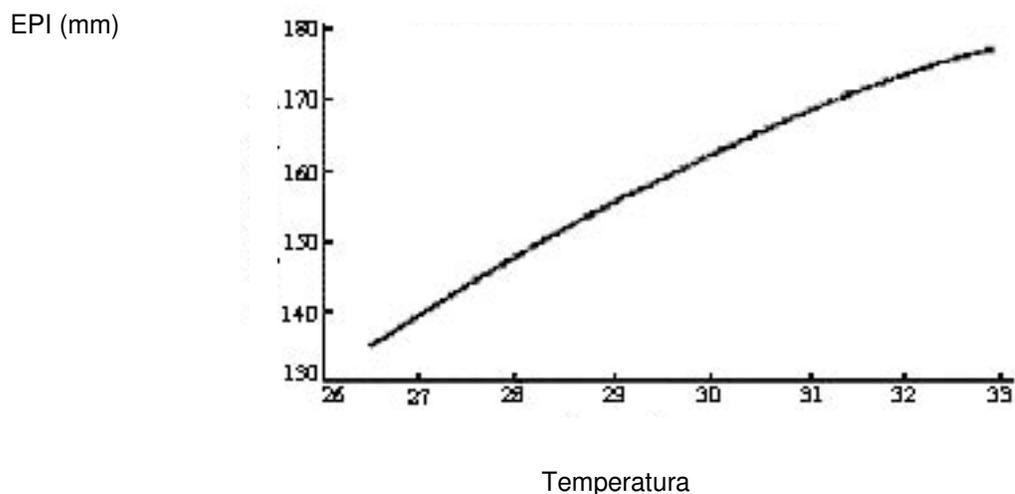
Evapotranspiración Potencial No ajustada



Índice Anual de Calor <u>43</u>		
Mes	Media mensual de temperatura	EPI (ET Potencial no ajustada (mm)
Ene	-4,6	0
Feb	-0,7	0
Mar	-1,1	0
Abr	9,0	38
May	14,8	66
Jun	19,5	91
Jul	22,4	108
Ago	19,2	89
Sep	17	78
Oct	8,9	37
Nov	6,2	25
Dic	-1,6	0

Nota: Para utilizar el gráfico de arriba, hay que encontrar la Media Mensual de Temperatura que está a la izquierda, y el Índice Anual de Calor en el centro. Hay que hacer una línea recta que una los dos puntos de la gráfica, la interpretación de la EPI se encuentra a la derecha.

EP No Ajustada para Altas Temperaturas



Nota: Dibujar una línea vertical que vaya desde la temperatura hasta la curva, después una línea horizontal desde la curva hasta la línea de EPI. Por ejemplo, una temperatura de 27° tendrá un EPI de aproximadamente ~ 140 mm.

Paso 5

Encontrar la latitud del centro educativo. Anotar el Factor de Corrección para cada mes de la siguiente tabla:

Factores de Corrección de la Duración del Día para la Evapotranspiración Potencial

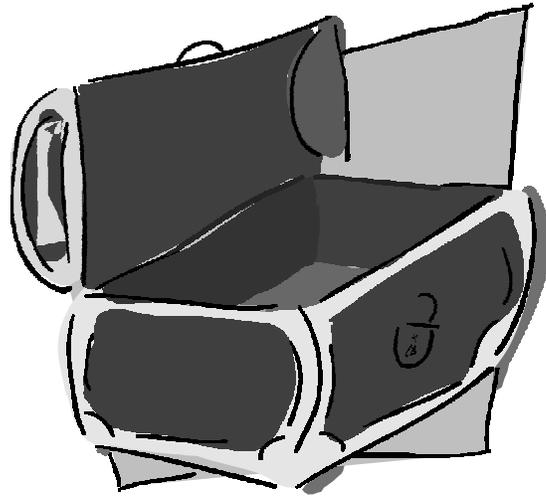
Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
10 N	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
20 N	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
30 N	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
40 N	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
>50 N	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70
10 S	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
20 S	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
30 S	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
40 S	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1,00	1,15	1,20	1,29
>50 S	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41

Paso 6

Multiplicar el Factor de Corrección por la EPI para encontrar la Evapotranspiración Potencial (EP). Anotar la EP en la *Hoja de Trabajo de Balance Hídrico*.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EPI	0	0	0	38	66	91	108	89	78	37	25	0
Factor de Corrección	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
EP	0	0	0	42	82	114	137	105	81	36	21	0

APÉNDICE



Hoja de Definición del Sitio

*Hoja de Datos del Procedimiento de Control de
Calidad*

Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología

*Hoja de Datos de Identificación de Macroinvertebrados
de Agua Dulce*

Mapa del Sitio de Hidrología

Glosario

Investigación de Hidrología

Hoja de Definición del Sitio

Nombre del Centro Escolar: _____ Clase o grupo: _____

Nombre(s) del estudiante(s) que rellena la hoja de definición del sitio: _____

Fecha: _____ Elige uno: Nuevo sitio Metadatos Actualizaciones

Nombre del sitio _____ (Crear un único nombre que describa la ubicación del Sitio)

Coordenadas: Latitud: _____ N ó S Longitud: _____ E ó O

Altitud: _____ metros

Origen del dato de localización (marcar uno): GPS Otro

Si es Otro, descríballo: _____

Nombre del cuerpo de agua: _____ (Nombre común usado en los mapas)

Tipo de agua:

Salado (> 25 ppmil)

Salobre (2-25 ppmil)

Dulce (<2 ppmil)

Agua en movimiento:

Arroyo, río o estuario

Otros: _____

Ancho aproximado del curso de agua: _____ metros

Aguas estancadas:

Estanque

Lago

Embalse

Bahía

Acequia

Océano

Estuario

Otros: _____

Tamaño de las aguas estancadas:

Mucho más pequeño de 50 m X 100 m

Aproximadamente 50 m X 100 m

Mucho más grande de 50 m X 100 m

Área aproximada: _____ Km²

Profundidad media: _____ metros

Ubicación de la zona de muestreo:

Salida

Orilla

Puente

Barca

Entrada

Embarcadero

¿Se puede ver el fondo?:

Si No

Material del cauce/orilla (Marcar uno):

Suelo Roca Cemento Orilla con vegetación

Roca madre (Marcar uno):

Granito Caliza Volcánicas Sedimentos mixtos Desconocidos

Agua dulce hábitats presentes (Marcar uno):

Sustrato rocoso Orillas con vegetación Sustrato de lodo Sustrato arenoso
Vegetación sumergida Troncos

Agua salada hábitats presentes (Marcar uno):

Costa rocosa Costa arenosa Terreno llano de lodo/Estuario

Sonda termómetro

Fabricante: _____

Nombre del modelo: _____

Conductímetro

Fabricante: _____

Nombre del modelo: _____

pHmetro

Fabricante: _____

Nombre del modelo: _____

Kit de Oxígeno Disuelto (OD)

Fabricante: Lamotte Hach Otro: _____

Nombre del modelo: _____

Sonda de Oxígeno Disuelto

Fabricante: _____

Nombre del modelo: _____

Kit de Alcalinidad

Fabricante: Lamotte Hach Otro: _____

Nombre del modelo: _____

Kit de Nitrato

Fabricante: Lamotte Hach Otro: _____

Método: Zinc Cadmio

Nombre del modelo: _____

Kit de titulación de salinidad

Fabricante: Lamotte Hach Otro: _____

Nombre del modelo: _____

Comentarios: Descripción general del sitio de estudio y “metadatos”

Investigación de Hidrología

Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad

Nombre del Centro Escolar: _____

Grupo: _____ Fecha: _____

Kit de Oxígeno Disuelto(OD):

Temperatura del agua destilada: _____ °C; Elevación de su sitio: _____ metros

Oxígeno Disuelto para el agua destilada agitada:

Observador 1: _____ mg/l Observador 2: _____ mg/l Observador 3: _____ mg/l Media: _____ mg/l

Solubilidad del oxígeno en agua
para esa temperatura al nivel
del mar ver Tabla HI-OD-1:

Valor de calibración
para esa elevación
ver Tabla HI-OD-2:

Valor esperado
para OD en su
agua destilada:

_____ mg/l x _____ = _____ mg/l

Salinidad

Salinidad del estándar: Observador 1: _____ ppmil Observador 2: _____ ppmil Observador 3: _____ ppmil

Valor medio de Salinidad: _____ ppmil

Alcalinidad

Estándar utilizado (marca una): Estándar de bicarbonato sódico: _____ Estándar comprado: _____

Alcalinidad de la disolución estándar: _____ mg/l

Para kits que leen la alcalinidad directamente:

Observador 1: _____ mg/l CaCO₃; Observador 2: _____ mg/l CaCO₃; Observador 3: _____ mg/l CaCO₃

Media: _____ mg/l CaCO₃

Para kits en los que hay que contar el número de gotas:

	Observador 1	Observador 2	Observador 3	Media
Número de gotas:	_____ gotas	_____ gotas	_____ gotas	_____ gotas

Constante de conversión
para su kit y su protocolo:

	x _____	x _____	x _____	x _____
Total Alcalinidad: (mg/l CaCO ₃)	= _____ mg/l	= _____ mg/l	= _____ mg/l	= _____ mg/l

Nitrato-Nitrógeno

Observador 1: _____ mg/l NO₃⁻-N Observador 2: _____ mg/l NO₃⁻-N Observador 3: _____ mg/l NO₃⁻-N

Media: _____ mg/l NO₃⁻-N

Investigación de Hidrología

Hoja de datos

Nombre del Centro Escolar: _____

Nombre de la clase o grupo: _____

Nombre(s) del estudiante(s) que toma los datos: _____

Medidas del tiempo:

Año: _____ Mes: _____ Día: _____ Hora: __:__ (Tiempo universal =UT) Hora: __:__ (Local)

Nombre del sitio: _____

Estado del agua: (marcar uno)

Normal

Inundado

Seco

Helado

Fuera de alcance

Transparencia

Cobertura de nubes (marca uno):

Sin nubes

Roto (50%-90%)

Despejado (<10%)

Cubierto (>90%)

Nubes aisladas (10%-24%)

Ocultado

Dispersas (25%-49%)

Introducir los datos siguientes dependiendo del método que se haya usado: Disco Secchi o tubo de transparencia.

Disco Secchi

Primera medida con el disco Secchi:

Distancia desde el observador hasta donde desaparece el disco _____(m)

Distancia desde el observador hasta donde el disco reaparece _____(m)

Distancia desde el observador hasta la superficie del agua _____(m)

El disco Secchi alcanza el fondo y no desaparece.

En este caso indica la profundidad del agua en el sitio de estudio _____(m)

Segunda medida con el disco Secchi:

Distancia desde el observador hasta donde desaparece el disco _____(m)

Distancia desde el observador hasta donde el disco reaparece _____(m)

Distancia desde el observador hasta la superficie del agua _____(m)

El disco Secchi alcanza el fondo y no desaparece.

En este caso indica la profundidad del agua en el sitio de estudio ____ (m)

Tercera medida con el disco Secchi:

Distancia desde el observador hasta donde desaparece el disco _____(m)

Distancia desde el observador hasta donde el disco reaparece _____(m)

Distancia desde el observador hasta la superficie del agua _____(m)

El disco Secchi alcanza el fondo y no desaparece.

En este caso indica la profundidad del agua en el sitio de estudio _____(m)

Tubo de Transparencia

Nota: Si la imagen es todavía visible cuando el tubo está lleno, poner la longitud del tubo y marca “mayor que la longitud del tubo de transparencia”.

- Medida 1 (cm): ¿Mayor que la longitud del tubo de transparencia?
 Medida 2 (cm): ¿Mayor que la longitud del tubo de transparencia?
 Medida 3 (cm): ¿Mayor que la longitud del tubo de transparencia?

Temperatura del agua

Media: ____ °C	Nombre del observador	Temperatura °C
	1.	
	2.	
	3.	

Oxígeno disuelto

Media: ____ mg/l	Nombre del observador	Oxígeno Disuelto (mg/l)
	1.	
	2.	
	3.	

Conductividad

Temperatura de la muestra de agua que está siendo analizada: __ °C

Media: ____ μS/cm	Nombre del observador	Conductividad (μS/cm)
	1.	
	2.	
	3.	

Valor de la Conductividad de la disolución estándar: _____ MicroSiemens/cm (μS/cm)

pH del agua

Medida con: (marcar una) papel pHmetro

Media: ____	Nombre del observador	Conductividad (μS/cm) si se añade sal	pH
	1.		
	2.		
	3.		

Valor de las disoluciones tampón usadas: pH 4 pH 7 pH 10 (marcar todas las que haya usado)

Salinidad

Información sobre las mareas.

Hora de la marea antes de la medición: _____ horas y minutos

Marcar una: Marea alta Marea baja Marcar una: UT(tiempo universal) hora local

Hora de la marea después de la medición: _____ horas y minutos

Marcar una: Marea alta Marea baja Marcar una: UT(tiempo universal) hora local

Lugar dónde esas mareas ocurren: _____

Salinidad (Método del Hidrómetro)

	Medida 1	Mediad 2	Medida 3
Temperatura del agua en probeta de 500 ml	_____°C	_____°C	_____°C
Gravedad específica:	_____	_____	_____
Salinidad de la muestra:	_____ppmil	_____ppmil	_____ppmil
Valor medio de Salinidad:	_____ppmil		

Opcional. Titulación de Salinidad

Salinidad de la muestra:	medida 1:_____ppmil	Medida 2:_____ppmil	Medida 3:_____ppmil
Valor medio de Salinidad:	_____ppmil		

Alcalinidad: (Para kits que leen directamente la alcalinidad)

Media:	Nombre del observador	Alcalinidad(mg/l CaCO ₃)
_____mg/l CaCO ₃	1.	
	2.	
	3.	

Alcalinidad: (Kits de Hach u otros kits en los que hay que contar las gotas)

Nombre del Observador	Número de gotas	x	Constante de conversión para tu kit	=	Alcalinidad total (mg/l CaCO ₃)
1.		x		=	
2.		x		=	
3.		x		=	

Media: _____mg/l CaCO₃

Total Nitratos +Nitritos ($\text{NO}_3^- \text{-N} + \text{NO}_2^- \text{-N}$)

Media: Nitratos + Nitritos _____mg/l	Nombre del observador	Nitratos y Nitritos (mg/l $\text{NO}_3^- \text{-N} + \text{NO}_2^- \text{-N}$)
	1.	
	2.	
	3.	

Nitritos-Nitrógeno ($\text{NO}_2^- \text{-N}$) (opcional)

Media: $\text{NO}_2^- \text{-N}$ _____mg/l	Nombre del observador	Nitritos (mg/l $\text{NO}_2^- \text{-N}$)
	1.	
	2.	
	3.	

Identificación de Macroinvertebrados de Agua Dulce

Hoja de Datos

Nombre del Centro Escolar: _____

Clase o grupo: _____

Nombre(s) del estudiante(s) que toma los datos: _____

Fecha de la recogida de muestras: Año: _____ Mes: _____ Día : _____

Nombre del sitio de estudio: _____

Para un sitio de fondo rocoso con agua corriente:

Zonas de aguas rápidas (Ripples): Número de muestras: _____

Zonas de aguas corrientes: Número de muestras: _____

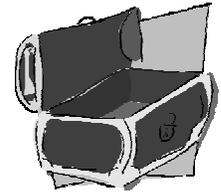
Zonas de aguas tranquilas (Pozas): Número de muestras: _____

(Total muestras = 3)

Para un Sitio con Diferentes Hábitats:

Hábitats	Estimación del porcentaje del área	Número de muestras (% Area X 20) 100
Vegetación sumergida		
Orillas con vegetación, ramas troncos o raíces		
Fondo de lodo		
Fondo de grava o arena		
Total	100%	20 muestras

Glosario



Abundancia

El número de organismos en una muestra o taxón.

Acidez

1. La cantidad de base fuerte (por ejemplo Hidróxido Sódico) necesaria para titular una muestra a un pH de alrededor de 10,3; mide la capacidad de un agua de neutralizar bases.
2. Cualidad o estado de un ácido (uso común)

Ácido

Cualquier sustancia que puede ceder un átomo de hidrógeno o protón (H+) a otra sustancia. Cualquier sustancia con valores de pH menores de 7.

Acuoso

Que está contenido en, o que contiene, agua

Aerosoles
Partículas líquidas o sólidas en dispersión o en suspensión en el aire.

Alcalinidad

La cantidad de ácido fuerte (p.e. Ácido Clorhídrico) necesario para titular una muestra a un pH alrededor de 4,5. Mide la capacidad de un agua de neutralizar ácidos y es a menudo representada como partes por millón (ppm) de CaCO₃.

Alcalino (básico)

Cualquier sustancia con valores de pH mayores de 7.

Arroyo

Un curso de agua continua que discurre a lo largo de un cauce en la tierra, formando un río, un riachuelo u otro arroyo.

Los arroyos pueden ser permanentes, significando que el agua fluye por el cauce todo el año, o pueden ser intermitentes o efímeros significando que el agua deja de correr, y puede incluso desaparecer, durante ciertos momentos del año.

Base

Cualquier sustancia capaz de captar un protón (H+) procedente de otra sustancia

Bentónico

Referente a animales y plantas que viven en el fondo del agua.

Biodiversidad

La variedad de seres vivos.

Buffer o tampón o amortiguadora, Solución

Solución que resiste el cambio de pH cuando se añaden o bien hidroxilos (OH-) o protones (H+). El valor de pH conocido y estable de esas soluciones las hace muy apropiadas para la calibración de los instrumentos de medida de pH

Calibración

Ajustar instrumento frente a un valor conocido de referencia o estándar a través de algún tipo de relación de proporción o estadística.

Calidad del agua

Un atributo o rasgo característico del agua, descrito por sus propiedades físicas, químicas y biológicas

Calor específico.

El calor medido en calorías que se necesita para aumentar un grado centígrado la temperatura de un gramo de una sustancia.

Clorinidad

La concentración de cloro de una solución

Colorimétrico, Método

Algunos de los procedimientos para medir sustancias disueltas dependen de una determinación por el color. La asunción que subyace es que la intensidad del color es proporcional a la concentración de la sustancia disuelta en cuestión.

Concentración de fondo

El nivel de productos químicos presentes en el agua, procedentes de procesos naturales más que de la contribución humana.

Conductividad

La capacidad de una solución acuosa para transmitir una corriente eléctrica. Depende de la concentración de sales disueltas (iones), del tipo de iones y de la temperatura de la solución. Las unidades en que se mide son microSiemens/cm o micromhos/cm. (Son equivalentes).

Corriente

En un arroyo o río, una categoría intermedia entre poza y rápido. Una zona de corriente no tiene la turbulencia de un rápido, pero el agua se mueve más rápido que en una poza.

Cuenca hidrográfica o cuenca de recepción

1. La parte de la cuenca de un río en la cuál se recoge el agua de lluvia y desde la cuál el río toma su agua. Cada cuenca está definida por la existencia de la divisoria de aguas.

El término divisoria de aguas es a menudo utilizado incorrectamente para describir la cuenca hidrológica.

2. El área drenada por un río o arroyo.

Densidad

La relación de la masa y el volumen de una sustancia

Desnitrificación

El hecho o proceso de reducir nitratos a amoníaco. Los nitritos pueden ser un producto intermedio.

Divisoria de aguas

La línea imaginaria que separa las aguas de escorrentía en diferentes ríos, cuencas o mares; una estrecha extensión elevada de terreno entre dos áreas de drenaje. Ver cuenca hidrológica

Electrodo

En GLOBE, un electrodo es la parte de una sonda a través de la cual la electricidad puede pasar.

Enriquecimiento

Hacer un agua más productiva (por ejemplo: añadiendo nutrientes)

Escollo

Un árbol o una rama incrustada en el fondo de un cuerpo de agua

Estándar

Una medida con un valor establecido a para usar en calibración; una referencia conocida.

Estandarización

Que está de acuerdo a un estándar.

Estanque

Un pequeño cuerpo de aguas tranquilas hecho artificialmente, bien haciendo un hoyo en el suelo o bien poniendo diques a una depresión natural

Eutrofización

Nivel alto de materia orgánica en un cuerpo de agua, a menudo se debe a un incremento del suministro de nutrientes.

Evaporación (del agua)

Cambio de estado de líquido a gas a una temperatura por debajo del punto de ebullición.

Exactitud

Lo cercano del valor de una medida al valor verdadero (Ver precisión).

Fotosíntesis

Proceso por el cual la energía de la luz solar es utilizada por los organismos, especialmente por las plantas verdes para sintetizar carbohidratos a partir del Dióxido de Carbono y de agua.

Densidad relativa

La relación de la densidad de una sustancia con la densidad del agua (a 25 °C y 1 atmósfera)

Hidrológico, ciclo

La serie de fases a través de las cuales pasa el agua desde la Atmósfera a la superficie terrestre y vuelve a la Atmósfera. Incluye condensación para la formación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o en los cuerpos de agua y re-evaporación.

Hipótesis

Una afirmación provisional hecha para contrastar su lógica o sus consecuencias empíricas.

In Situ

Situado en su lugar natural de origen. (Latín)

Lago

Un cuerpo de agua grande totalmente rodeado de tierra y generalmente creado de forma natural, pero puede ser artificial. Su denominación original se puede aplicar a un cuerpo de agua suficientemente grande como para resultar una característica geográfica

Léntico

Relativo a, o que vive en aguas estancadas (lagos, estanques o pantanos)

Lluvia ácida

Lluvia caracterizada por tener valores de pH por debajo de 6

Logarítmica, Escala

Una escala en la cual cada unidad representa un incremento o una disminución de diez veces.

Lótico

Relativo a, o que vive en aguas en movimiento (arroyos y ríos)

Macroinvertebrados

Animales sin columna vertebral y que son visibles a simple vista (>0,5 mm).

Medidor/contador

Instrumento, normalmente utilizado en combinación con una sonda que convierte las señales electrónicas recogidas por esta en unidades de interés (p.e. $\mu\text{S/cm}$ o mg/l). Un contador debe estar programado con la apropiada calibración de la sonda antes de dar resultados razonables

Micromhos/cm

Unidad estándar de medida de la conductividad, es equivalente a microSiemens/cm

MicroSiemens/cm

($\mu\text{S/cm}$) Unidad del sistema métrico para medir la conductividad, es equivalente a micromhos/cm

Molar

Unidad de medida para concentraciones, (moles por litro de solución)

Molécula

La unidad fundamental más pequeña de la material (normalmente un conjunto de átomos) de un compuesto químico que puede tomar parte en una reacción química.

Naturales, aguas

Sistemas que típicamente están compuestos de los sedimentos / minerales y la atmósfera también como fase acuosa; casi siempre implican una parte de la biosfera.

Neutro

Cualquier sustancia con $\text{pH} = 7$.

Nitrato

Una sal de ácido nítrico (HNO_3). Los nitratos son, a menudo, muy solubles y pueden ser reducidos y formar nitritos o amoníaco.

Nitrato-Nitrógeno

Las concentraciones de nitrato (NO_3^-) son expresadas a menudo como masa de Nitrógeno por volumen de agua.

Nitrito

Una sal de ácido nitroso (HNO_2). Los Nitritos son a menudo muy solubles y pueden ser oxidados y formar nitratos o reducidos y formar amoníaco.

Nitrito-Nitrógeno

Concentraciones de nitrito (NO_2^-) son expresadas a menudo como masa de nitrógeno por volumen de agua.

Mareas

Periódicas subidas y bajadas de las aguas de los océanos en sus entradas, producidas por la atracción del sistema sol-luna. Tiene lugar cada 12 horas .

Oxígeno Disuelto (OD)

La masa de oxígeno molecular disuelto en un volumen de agua. La solubilidad del oxígeno está influida, de forma no lineal, por la temperatura. Se puede disolver más oxígeno en agua fría que en agua caliente. La solubilidad del oxígeno en el agua depende también de la presión y de la salinidad, que reducen la solubilidad del oxígeno

pH

El logaritmo negativo de la concentración molar de protones (H^+) en disolución.

Poza

En un arroyo o río, una región más profunda con movimiento lento del agua y pocos sedimentos.

ppm

Normalmente partes por millón. (Equivalente a miligramos por litro en los cálculos de GLOBE).

ppm Clorinidad

Por peso, igual a los miligramos de cloro por litro, asumiendo que un litro de agua pesa un kilogramo

ppmil

Normalmente partes por mil (Equivalente a gramos por litro en los cálculos de GLOBE)

Precipitación

1. Los productos caídos de la condensación en la atmósfera p.e. lluvia, nieve, granizo
2. Separación en forma de sólido de una disolución debido a cambios físicos o químicos. (p.e. añadiendo un reactivo o disminuyendo la temperatura)

Precisión

Una medida del grado de concordancia entre los valores de los múltiples análisis de una muestra (ver exactitud)

Productividad

La formación de materia orgánica promediada sobre un periodo de tiempo que puede ser un día o un año.

Protón

Partícula elemental que se encuentra en el núcleo de los átomos y que tiene carga positiva. Átomo de hidrógeno con carga positiva (H^+).

Rápido

En un arroyo o río, el área menos profunda con aguas muy rápidas y sedimentos de gran tamaño.

Reactivo

Sustancia usada para producir una reacción especialmente para detectar otras sustancias

Reducir

En términos químicos, cambiar de un estado alto a uno bajo de oxidación. (p.e. ganar electrones).

Residuo líquido

El componente, procedente del deshielo o de restos de agricultura tras la siembra, etc, que llega como agua, flotando en un arroyo o río

Río

Un arroyo grande de aguas corriendo en un cauce hacia el océano, un lago u otro río.

Riqueza

El número de taxones diferentes

Sal

Compuestos iónicos que en una solución acuosa se dividen en iones positivos (excluyendo H⁺) y iones negativos (excluyendo OH⁻); La más común es el Cloruro Sódico o sal de mesa o sal común

Salina, Agua

Agua que contiene sal o sales.

Salinidad

Una medida de la concentración de sales disueltas, principalmente cloruro sódico, en aguas salobres y saladas.

Salobre, agua

Agua que contiene sales disueltas en menor concentración que el agua de mar, pero en mayor cantidad que el agua dulce. La concentración de sales disueltas, normalmente esta en un rango entre 1000-10000 ppmil.

Sobresaturado

La característica de una sustancia que lleva disuelto más cantidad de otra sustancia de la que se podría predecir en condiciones de equilibrio. Es un término comúnmente utilizado para describir gases disueltos en agua (por ejemplo si en un lago hay un proceso de fotosíntesis muy alto, el agua puede llegar a estar sobresaturada en oxígeno durante el día).

Sólidos disueltos

Partículas sólidas que han pasado a formar parte de un líquido por inmersión o dispersión en él (por ejemplo: sales)

Sólidos en suspensión.

Partículas sólidas en un fluido que no están ni disueltas ni depositadas

Solubilidad

La capacidad relativa de ser disuelto

Solución

Una mezcla homogénea que contiene dos o más sustancias

Solución saturada

Una solución que contiene la máxima cantidad de sustancias disueltas a una temperatura y presión determinada.

Soluto

Una sustancia que se disuelve en otra para formar una solución.

Solvente/ Disolvente

Una sustancia que disuelve a otras para formar una solución / disolución.

Sonda

En GLOBE, un instrumento usado para medir el voltaje o la resistencia de una sustancia. Cualquier pequeño utensilio, especialmente los que llevan un electrodo, que pueden formar parte, o ser ubicados en o sobre algo con el propósito de obtener y transmitir información o medidas. Una sonda con un medidor o contador debe ser calibrada para que los datos que se obtengan sean razonables.

Subóxica, agua

Agua con niveles muy bajos de oxígeno disuelto; tiene lugar la desnitrificación (el nitrato se convierte en amoníaco)

Suspensión

Una mezcla en la cual partículas muy pequeñas de un sólido permanecen suspendidas sin disolverse.

Tampón. (Ver Buffer). Solución amortiguadora**Taxón**

Un grupo de organismos de una categoría particular (tal como orden, familia, género). Singular de taxa

Taxones / Taxa (latín)

Plural de taxón

Titulador

El reactivo añadido en una titulación

Titulación /Valoración

Procesos de determinación de la cantidad de un compuesto dado por adición de un reactivo líquido de concentración conocida, se debe medir el volumen de reactivo necesario para transformar el compuesto a través de una reacción dada.

Topografía

Las características del relieve superficial de un área.

TSD Total de Sólidos Disueltos

La cantidad total de sólidos que quedan cuando un volumen de agua filtrado es evaporado en su totalidad siguiendo un protocolo determinado

Transparencia

Es la propiedad de un cuerpo o sustancia de transmitir los rayos de la luz a través suyo , de manera que los cuerpos colocados detrás pueden ser vistos con claridad. Transparencia, cuando se aplica a estudios de agua, se refiere a la distancia a la que un objeto puede ser visto mirando a través del agua bajo unas condiciones de luz ambiental determinadas. La transparencia está relacionada con la turbidez en que la cantidad de partículas en el agua y las características de esas partículas influirán en la distancia a la que los objetos pueden ser vistos, pero las dos no son directamente comparables.

Turbidez

Aplicado al estudio del agua, se refiere al grado en el que las partículas en el agua pueden dispersar la luz. La turbidez está relacionada con la transparencia, pero ambos términos no son equivalentes y la relación depende de las características de la muestra de agua en particular. Por lo tanto las medidas de turbidez no pueden ser usadas en lugar de las de transparencia ni viceversa.

Turbio

No claro o transparente debido a que los sedimentos están removidos.

Uniformidad

Abundancia relativa de los taxones presentes en una muestra.

Vapor de agua

Agua en fase gaseosa.