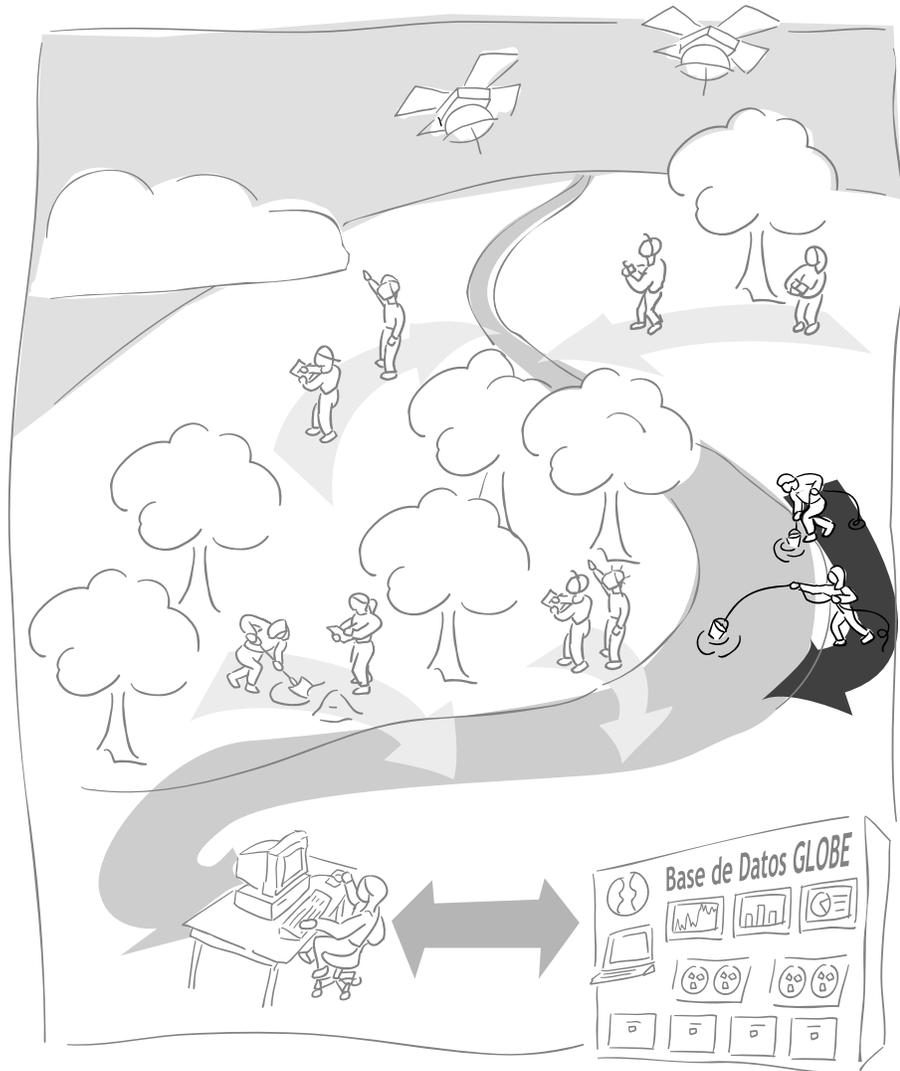


Investigación de Hidrología



Una Investigación de Aprendizaje de GLOBE™



Un Vistazo a la Investigación de Hidrología



Protocolos

Mediciones Semanales:

Transparencia
Temperatura del Agua
Oxígeno Disuelto
pH
Conductividad Eléctrica
Salinidad
Alcalinidad
Nitratos

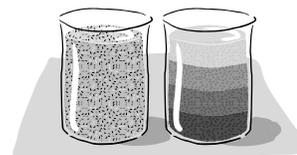
Secuencia Sugerida de Actividades

Lea la carta de los científicos antes de empezar su trabajo de campo.

El Paseo del Agua, presenta un escenario para despertar el interés por la calidad y la química del agua.

Modele su Propia Cuenca, le ofrece una imagen global de la cuenca de agua seleccionada por los estudiantes y del Sitio de Estudio del Agua, relacionado con aquella.

Práctica de los Protocolos, guía a los estudiantes en su aprendizaje acerca de cómo utilizar los instrumentos y cómo seguir los protocolos para poder recolectar información confiable.



Empiece el muestreo de campo: todo el grupo de la clase va a su Sitio de Estudio y empieza las mediciones semanales del agua.

Concéntrese en conceptos claves de la ciencia realizando las siguientes actividades de aprendizaje:

Los Detectives del Agua y *El Juego del pH* ponen en contacto a los estudiantes con las variables químicas del agua que son claves y con la necesidad de utilizar instrumentos para realizar ciertas mediciones.

¡Agua... Agua en Todas Partes! ¿Con Qué la Comparamos? Enseña a los estudiantes a analizar las tendencias de sus datos y a compararlos con los de otras escuelas. Esta actividad debe realizarse con frecuencia y regularmente, a medida que se vaya acumulando la información.

Cómo Modelar el Balance del Agua, permite a los estudiantes explorar la forma en que pueden utilizar su información para elaborar modelos.

Descubrimiento de Macro-Invertebrados, explora la conexión existente entre las mediciones del agua y la vida acuática. Esta actividad debe ser constante y se ha de repetir a medida que cambien las condiciones.

Comience por establecer relaciones entre los datos del agua con otra información de GLOBE.



Tabla de Contenido



Bienvenidos a la Investigación de Hidrología

Carta de los Científicos a los Estudiantes	Bienvenida - 5
Conozca al Dr. Bales y a la Dra. Conklin	Bienvenida - 6

Introducción

La Gran Imagen	Introducción - 1
Preparación para el Campo	Introducción - 7
Visión General de las Actividades Educativas	Introducción - 7
Objetivos de Aprendizaje de los Estudiantes	Introducción - 8
Evaluación de los Estudiantes	Introducción - 8



Protocolos

Cómo Realizar su Investigación de Hidrología	Protocolos - 2
Recolección de la Muestra de Agua	Protocolos - 5
Protocolo de la Transparencia del Agua	Protocolos - 7
Protocolo de la Temperatura del Agua	Protocolos - 11
Protocolo del Oxígeno Disuelto	Protocolos - 14
Protocolo del pH	Protocolos - 18
Protocolo de la Conductividad Eléctrica	Protocolos - 23
Protocolo de Salinidad	Protocolos - 26
Protocolo Opcional de Titulación de Salinidad	Protocolos - 32
Protocolo de la Alcalinidad	Protocolos - 34
Protocolo de los Nitratos	Protocolos - 36



Actividades de Aprendizaje

El Paseo del Agua	Actividades de Aprendizaje - 2
Modele su Propia Cuenca	Actividades de Aprendizaje - 5
Detectives del Agua	Actividades de Aprendizaje - 8
El Juego del pH	Actividades de Aprendizaje - 12
Práctica de los Protocolos	Actividades de Aprendizaje - 15
¡Agua, Agua en Todas Partes!	Actividades de Aprendizaje - 25
El Descubrimiento de los Macro-Invertebrados	Actividades de Aprendizaje - 41
Modele su Balance de Agua	Actividades de Aprendizaje - 51





Apéndices

Hoja de Trabajo de Datos	Apéndice - 2
Hoja de Trabajo de Datos de Calibración	Apéndice - 4
Conceptos Básicos sobre Curvas de Nivel	Apéndice - 5
Gráficos para Duplicación	Apéndice - 6
Glosario	Apéndice - 18
Hojas de Ingreso de Datos en la Web de GLOBE ...	Apéndice - 22

Carta de los Científicos a los Estudiantes

Duplicar y distribuir a los estudiantes.

Entrevista con los Científicos

Bienvenida

Introducción

Protocolos

Actividades de Aprendizaje

Apéndice

Queridos Estudiantes de GLOBE:

Somos los principales científicos de la investigación de GLOBE sobre Hidrología y Química del Agua. Les damos la bienvenida al programa. Ustedes están participando en un programa científico que aborda un tema crucial de la brecha de conocimiento acerca de la Tierra.



La hidrología es el estudio del agua, uno de los recursos más importantes del planeta. El agua es esencial para todas las formas de vida. Tanto tú como tus compañeros de otras escuelas en todo el mundo recopilarán lo que será la serie más amplia de mediciones de la calidad del agua que se haya hecho hasta la fecha. Este programa GLOBE dará como resultado la toma de muestras de más cuerpos acuáticos que nunca antes se haya hecho a la vez. Esperamos que esta experiencia planetaria te resulte emocionante, desafiante e importante.

Al medir la calidad del agua en tu sitio de estudio, aprenderás mucho acerca de una parte importante de tu ambiente local y de los cambios que éste sufre a lo largo del año.

Estamos muy interesados en la información que nos puedas proporcionar y estamos emocionados por poder utilizarla para responder a las preguntas que tenemos acerca de la hidrología local y la del planeta. Por favor, haznos llegar tus datos. En el transcurso del año nos comunicaremos contigo para darte sugerencias acerca de cómo interpretar tu información. Esperamos que juntos podamos encontrar las respuestas a las importantes preguntas sobre la calidad del agua.

Two handwritten signatures in black ink. The first signature is 'Roger C. Bales' and the second is 'Martha H. Conklin'.

Atentamente,
Doctores Roger C. Bales y Martha H. Conklin
Catedrático y Profesora Asociada.
Universidad de Arizona
Tucson, Arizona, USA.





Conozca al Dr. Roger C. Bales y a la Doctora Martha H. Conklin

Duplicar y distribuir a los estudiantes.



Roger C. Bales y Martha H. Conklin son *catedráticos* y realizan investigaciones sobre hidrología y recursos acuáticos en la Universidad de Arizona, Tucson, Arizona, Estados Unidos.

GLOBE: *¿Ustedes son los principales co-investigadores para las mediciones de Hidrología de GLOBE y son esposos?*

Dra. Conklin: Así es. Tenemos una hija de dos años y hace poco un bebé, quien nació en enero.

GLOBE: *Son un equipo científico de marido y mujer. ¿Cómo se conocieron?*

Dra. Conklin: Nos conocimos en los últimos años de universidad. Ambos estábamos interesados en la química del agua.

GLOBE: *El agua es H₂O. ¿Cuál es su interés en la química?*

Dr. Bales: Lo que nos interesa y nos preocupa son las impurezas del agua.

Dra. Conklin: No es posible encontrar agua pura en la naturaleza porque se trata de un disolvente universal. Todo tipo de materiales se disuelven o son depositados en ella. Uno de los propósitos de GLOBE consiste en comprender lo que sucede con el agua y lo que ocurre cuando sustancias, tales como químicos, se añaden a ella.

Dr. Bales: Según el director de la Agencia de los Estados Unidos para la Protección del Ambiente, cerca del 40% de las aguas de este país (Estados Unidos) no son aptas para pescar ni para nadar. A menudo son los pequeños cuerpos acuáticos, incluyendo muchos de las zonas agrícolas, los que no cumplen con las condiciones. Se podría pensar que alguien monitorea su calidad, pero en muchos casos, esto no es así. Con GLOBE, podremos obtener información sobre más arroyos, ríos y lagos.

Dra. Conklin: Existen muchos cuerpos de agua en todo el mundo y cada uno es único. Los estudiantes que realicen las mediciones constituyen un equipo maravilloso para recopilar información.

GLOBE: *¿Por qué necesitan que los estudiantes recojan estos datos? ¿Por qué no lo hacen los científicos o los estudiantes universitarios?*

Dr. Bales: Somos pocos y aunque visitáramos el doble de los lugares, no alcanzaríamos a tener una cobertura amplia.

GLOBE: *¿Están interesados en las sustancias que se depositan en el agua por procedimientos naturales? ¿Por procedimientos humanos, o ambos?*



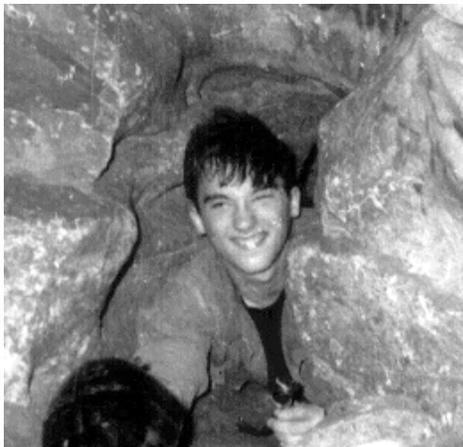
Dr. Bales: En ambos. Las impurezas -y no quiero decir con este término que todo es necesariamente malo, sino todo lo que no es H₂O- pueden llegar al agua porque hay rocas, polvo y gases que se disuelven. Algunas de estas impurezas provienen de la atmósfera en forma de lluvia o nieve, las cuales ingresan a los arroyos y lagos. Otras, vienen cuando los seres humanos vierten desechos a los arroyos o lagos.

GLOBE: *Ustedes han mencionado la exposición del agua a las rocas. ¿Es que éstas se disuelven en el agua?*

Dra. Conklin: Si, pero muy lentamente. Es posible percibir el efecto a largo plazo en antiguas cordilleras como la de los Apalaches, la cual ha resistido y no es demasiado elevada.

GLOBE: *¿Por qué los cuerpos de agua cercanos a zonas agrícolas se contaminan?*

Dr. Bales: Los cultivos implican el uso de fertilizantes y pesticidas. Se



Fotografía (Roger Bales a los 16 años explorando cuevas)

busca que estos productos permanezcan en el campo para controlar las plagas en la producción.

Desafortunadamente, la lluvia y el agua para irrigación llevan algo de estos productos hacia los arroyos y lagos, o hacia las fuentes de aguas subterráneas.

GLOBE: *¿Ha habido antes estudiantes que hayan recopilado información para los hidrólogos?*



Martha Conklin, a los 15 años, en la costa de Brighton

Dra. Conklin: Algunos estudiantes han recogido información en sistemas fluviales y lagos, pero no a la escala de GLOBE.

GLOBE: *Cuéntenos acerca de ustedes. ¿Dónde nacieron? ¿Dónde crecieron?*

Dr. Bales: Yo nací en Lafayette, Indiana y terminé la secundaria en Bloomington, Indiana. Obtuve el título en la Universidad de Purdue en ingeniería civil y medioambiente. Luego estudié un pos-grado en las mismas disciplinas en la Universidad de California, en Berkeley.

Dra. Conklin: Yo nací en Nueva Jersey, pero



pronto mi familia se mudó a Illinois. Luego nos fuimos a Europa, lo que fue un verdadero contraste. Vivimos en Holanda por cinco años y ahí es donde empecé a interesarme en la ciencia. Luego fui a un colegio internado en Inglaterra por dos años, regresé y terminé la secundaria fuera de Boston.

GLOBE: *¿Alguien intentó disuadirla alguna vez de estudiar ciencias por el hecho de ser mujer?*

Dra. Conklin: No. Asistí a muchas escuelas femeninas, así que nunca hubo cuestionamientos acerca de si las niñas podían dedicarse a la ciencia o las matemáticas.

GLOBE: *¿Cuándo empezó a interesarse por la hidrología?*

Dra. Conklin: En la universidad. Me empezaron a interesar las reacciones que ocurrían en las pequeñas gotas de la atmósfera, así que estudié química del agua.

GLOBE: *¿Qué es lo que sucedía?*

Dra. Conklin: Acabábamos de descubrir que ocurrían neblinas ácidas, que son mucho peores que la lluvia ácida. Una pequeña gota de lluvia cae rápidamente a través de la atmósfera y recoge contaminantes en el aire, pero las pequeñas gotas de niebla pueden permanecer horas en el aire. Absorben más contaminantes y hay más probabilidades de que los seres humanos y los animales las respiren.

GLOBE: *¿Cómo les gusta divertirse y recrearse?*

Dr. Bales: Jugamos con nuestros hijos. También tenemos dos perros labradores y una cabaña en las montañas de Tucson. Soy un ávido caminante, escalador de montañas y esquiador y practicamos estas actividades lo que más podemos. También nos gusta montar en bicicleta.

GLOBE: *¿Alguna vez ha expresado un “¡Eureka!”, como Arquímedes, al realizar algún descubrimiento sobre su trabajo?*

Dra. Conklin: Soy una experimentadora, no una teórica. Realizo experimentos de laboratorio para intentar comprender los procesos que tienen lugar. Me emociono cuando la información del laboratorio no concuerda con lo que yo creo que puede suceder, lo cual implica que mi hipótesis es incorrecta y que tengo que pensar en otra. Eso es lo emocionante de la ciencia.

GLOBE: *¿Así que la ciencia puede ser aburrida si las hipótesis siempre resultaran ser ciertas?*

Dra. Conklin: ¡Sería terriblemente aburrida!

GLOBE: *Cuando usted entiende el mecanismo de algo, ¿significa que se puede predecir lo que sucederá?*

Dr. Bales: Exactamente. Una vez que llegamos a comprender por qué suceden las cosas, podemos decir: “Bueno, si ocurren cambios en el futuro, así es cómo el arroyo va a responder”. Precisamente, yo me encargo de

predecir cómo responden los arroyos o lagos ante aspectos tales como la variabilidad del clima, los cambios climáticos globales y la deposición ácida.

GLOBE: *¿Qué es la deposición ácida?*

Dr. Bales: Sucede cuando la lluvia o la nieve tienen un pH bajo, debido a que los ácidos fuertes de la atmósfera se han disuelto en ellas, muchos de los cuales han sido producidos por actividades humanas. La lluvia ácida provoca estragos en una serie de nichos ecológicos.

GLOBE: *Cuando pienso en algo ácido pienso en algo que quema la piel. Sin embargo, aparentemente la lluvia ácida no produce sensaciones muy distintas como las de cualquier otro tipo de lluvia. ¿Qué es lo que hace que la lluvia sea ácida?*

Dr. Bales: Se trata de un ácido fuerte que se mezcla con el agua. Su pH es menor que el de la lluvia natural. No es tan ácido como el jugo de limón o el de las baterías o algo así, pero sí puede serlo tanto como el vinagre. En casos extremos, el agua de niebla puede llegar a ser tan ácida como el jugo de limón. La principal fuente de acidez es la quema de combustibles fósiles como la gasolina, el carbón y el gas natural.

GLOBE: *¿Y las emisiones que se desprenden de la quema de estos combustibles fósiles se introducen en la atmósfera e interactúan con el agua?*

Dr. Bales: La lluvia o la nieve lava estos

ácidos de la atmósfera, los cuales retornan a la Tierra. Lo que sube, tiene que bajar.

GLOBE: *¿Cuáles son las recompensas de la ciencia? ¿Qué es lo que obtienen de ella?*

Dr. Bales: Tienes la sensación de estar contribuyendo a comprender los problemas potenciales de la sociedad y, con un poco de suerte, también a encontrar soluciones. Examinamos el pasado, como en el caso de Groenlandia, en busca de pistas sobre lo que pueda acontecer en el futuro. Cómo nuestro ambiente puede cambiar si seguimos quemando combustibles fósiles y ocasionamos variaciones en el agua y en la atmósfera.

Dra. Conklin: Una de los aspectos más emocionantes de la ciencia es que siempre estoy adquiriendo nuevos conocimientos y conociendo nuevas personas. Si no sé algo de algún tema, busco alguien que sí lo sabe, y así hago nuevos amigos.

Dr. Bales: La gente requiere tomar decisiones inteligentes acerca de la Tierra, aunque sólo lo hagan en calidad de votantes. Cuando enseño a los estudiantes acerca del calentamiento del clima, la contaminación del aire y la contaminación del agua, de modo que comprendan mejor a la Tierra, encuentro eso muy reconfortante.

GLOBE: *¿No son sus conocimientos ya suficientes? ¿Qué es lo que les impulsa a saber más?*



Dra. Conklin: El sistema del medio ambiente tiene tantos componentes que es imposible que una persona pueda llegar a saber lo suficiente de ellos como para entenderlo totalmente; pero mientras más sabes, mejores serán las suposiciones acerca de lo que está ocurriendo con ellos.



GLOBE: *¿Alguna vez tuvieron héroes?*



El Dr. Bales examinando los núcleos de las hojas de hielo en Groenlandia

Dra. Conklin: Una de las razones por las que me interesé en ciencias ambientales es porque siempre sentí la necesidad de hacer del mundo un lugar mejor. Así que si alguna vez tuve héroes, estos fueron los científicos que intentaban hacerlo. Dos de ellos son Linus y Pauling, que recibieron el Premio Nobel en química y paz, y Albert Einstein.



GLOBE: *¿Tienen colegas internacionales?*

Dr. Bales: Por supuesto. No lo podemos hacer todo nosotros solos, ni ellos tampoco; así que cooperamos y compartimos recursos e información.

GLOBE: *Como científicos, ¿cómo es un día en su vida? ¿Les gustan los*

laboratorios?

Dra. Conklin: Un día promedio en mi caso consiste en trabajar en mi oficina, enseñar, interactuar con los estudiantes, preparar las clases, escribir y analizar los datos de mis alumnos. Trabajo mucho en la computadora. Entro al laboratorio para ver cómo les va a quienes trabajan allí.

GLOBE: *Parece que cada vez más y más labor científica se realiza en las computadoras. ¿Es eso cierto?*

Dra. Conklin: Así es, la recopilación de información no es suficiente. Hay que comprenderla. Por esa razón, gran parte del análisis de los datos se realiza con las computadoras.

Dr. Bales: La mayoría de los días dedico unas pocas horas a preparar e impartir mis clases. Luego dedico una o dos horas a la computadora, a mantener correspondencia con otros científicos, a leer y comentar el trabajo de mis alumnos o a preparar tareas para mis colaboradores. Luego dedico una o dos horas con mis estudiantes de los últimos años. El resto se va en reuniones y asuntos de la universidad.

GLOBE: *¿Podría contarnos alguna anécdota divertida sobre su trabajo?*

Dr. Bales: Realizo mucho trabajo sobre los nevados porque la mayoría del agua que allí cae procede de la nieve más que de la lluvia, al menos en el occidente de los Estados Unidos. Parece irónico



haber asistido todos estos años a la universidad para obtener un doctorado únicamente para salir y pasarme días cavando hoyos en la nieve con una pala. Cuando mi madre me envió a la universidad, no me dijo que algún día me dedicaría a cavar hoyos.

GLOBE: *¿Así que los científicos miden la introducción de impurezas en la atmósfera examinando muestras del núcleo del hielo que ha estado ahí desde hace 100, 10.000 ó hasta 100.000 años?*

Dr. Bales: Así es y, de hecho, el último verano pasé cuatro semanas sobre la capa de hielo de Groenlandia taladrando núcleos de hielo. Dormí en una tienda de campaña sobre el hielo por unos 12 días.

GLOBE: *¿Así que usted estuvo rodeado de hielo? ¿Algo más?*

Dr. Bales: Todo era blanco y azul. La nieve y el cielo. Por supuesto, el sol no se ocultaba porque estaba muy al norte durante el verano o la primavera. Estábamos taladrando núcleos de hielo y queríamos terminar lo más pronto, antes de que se acercara una tormenta. Es posible ver el advenimiento de la Revolución Industrial en la nieve. Un período de casi trescientos años se vuelve muy claro en los núcleos de hielo que examinamos el pasado verano. También vimos señales de incendios forestales en el hielo.

GLOBE: *¿Cómo esperan que los estudiantes se beneficien de su*

participación en GLOBE?

Dra. Conklin: Espero que los estudiantes puedan llegar a determinar la salud de un sistema ambiental. La sociedad asume que podemos continuar vertiendo desechos porque de cualquier modo el medioambiente se encargará de ellos. Espero que con la revisión de sus sistemas de agua y demás, los estudiantes logren tener certidumbre de si están sanos o contaminados. También espero que aprendan a realizar mediciones correctas.

GLOBE: *¿Por qué un estudiante debería considerar ingresar a su disciplina en la actualidad?*

Dra. Conklin: El agua es uno de nuestros recursos más importantes. La hidrología es un campo que adquirirá mayor importancia a medida que el agua limpia sea cada vez más escasa.

Dr. Bales: Los estudiantes desean hacer algo que, además de ser interesante y darles la posibilidad de trabajar fuera del aula, contribuya a mejorar el ambiente y la sociedad. Nuestra profesión, definitivamente, logra esto puesto que el agua es fundamental para toda forma de vida sobre la Tierra.

GLOBE: *¿Podrían dar algún consejo a aquellos estudiantes que tienen interés por las ciencias de la Tierra o hidrología, en particular?*

Dra. Conklin: Odio decirlo, pero deben aprender lo básico:



matemáticas, física, química, biología. También deben aprender a formular preguntas, puesto que los que lo hacen correctamente realizarán descubrimientos importantes. Y también deben aprender a escribir.

GLOBE: *¿Por qué es necesario aprender a escribir?*

Dra. Conklin: Puedes llegar a ser brillante, pero si eres incapaz de comunicar tus resultados a otras personas, nadie sabrá de ellos.

Dr. Bales: Y que aprendan lo más que puedan acerca de la naturaleza a través de la experiencia directa.

Introducción



La Gran Imagen

Nosotros no solo bebemos agua; somos agua. El agua constituye entre el 50 y el 90% del peso de todo organismo animado. Es una de las sustancias más abundantes e importantes de la Tierra. El agua sostiene a las plantas y a la vida animal, desempeña un papel importante en la formación del clima, ayuda a dar forma a la superficie del planeta, mediante la erosión y otros procesos, y cubre aproximadamente el 70% de la superficie de la Tierra.

El agua circula continuamente entre la superficie de la Tierra y su atmósfera en un proceso que se denomina ciclo hidrológico. Este, también denominado ciclo del agua, es uno de los procesos básicos de la naturaleza. El agua del mar, de los ríos, de los lagos, del suelo y de la vegetación, al responder al calor del sol y a otras influencias, se evapora en el aire y se convierte en vapor de agua. Este vapor asciende a la atmósfera, se enfría y se convierte en agua líquida o hielo, formando las nubes. Cuando estas gotas de agua o cristales de hielo alcanzan el tamaño suficiente, regresan a la superficie de la tierra en forma de lluvia o de nieve. Ya en la superficie, pasa por la siguiente situación: una parte se filtra en el suelo donde puede ser

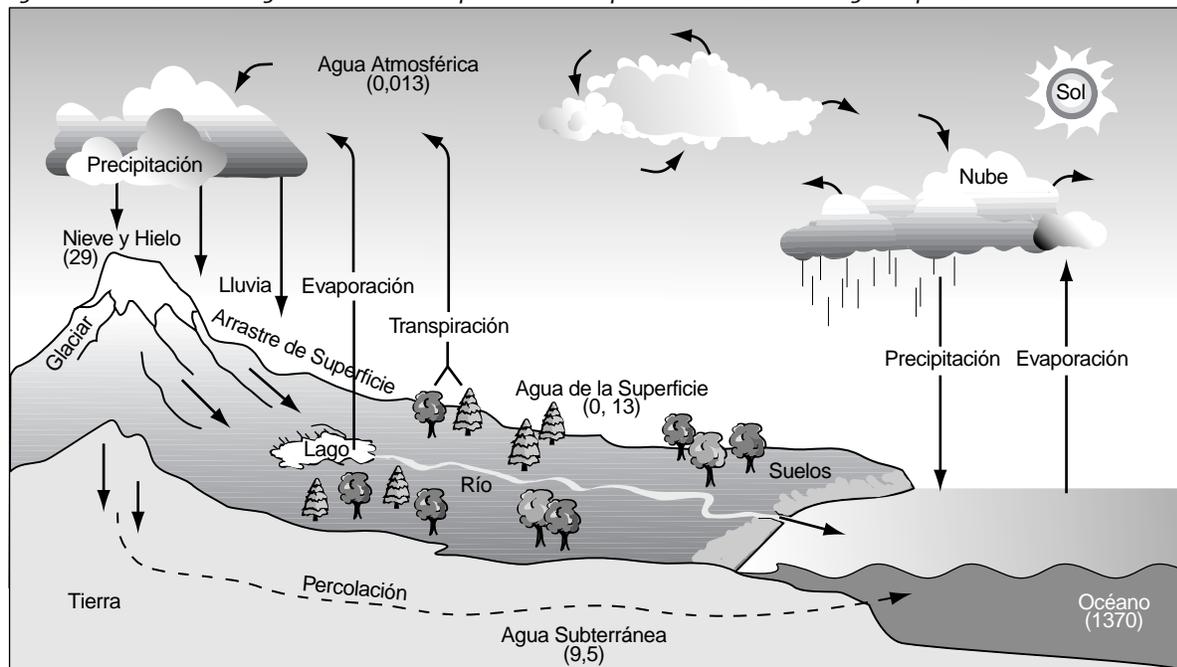
absorbida por las plantas o circula hacia los depósitos de agua subterránea. Otra porción es arrastrada por los arroyos y ríos hasta llegar finalmente al mar. Y otra porción se evapora.

El agua de un lago, la nieve de una montaña, el aire húmedo o las gotas de rocío de la mañana forman parte del mismo sistema. La pérdida total del agua de la superficie del planeta al año equivale al total de la precipitación anual de la Tierra. Si se cambia cualquier parte del sistema, como la cantidad de vegetación de una región o los usos del suelo, esto afectará al resto del sistema.

A pesar de su abundancia, no podemos utilizar gran parte del agua. Si representamos el agua de la Tierra con la cantidad de 100 litros, 97 de ellos son agua del océano y gran parte de lo que resta es hielo. Únicamente alrededor de 3 ml del total de 100 litros es agua que podríamos consumir; esa agua se extrae del subsuelo o se toma de los ríos y lagos.

El agua participa en muchas reacciones químicas importantes, y la mayoría de sustancias son solubles en ella.

Figura HI-1: El Ciclo Hidrológico. Los números en paréntesis corresponden a las reservas de agua disponibles en 10^3 km^3



Tomado de Mackenzie y Mackenzie, 1995, and Graedel and Crutzen, 1993



Debido a lo eficiente que resulta como disolvente, el agua en estado totalmente puro casi no existe en la naturaleza. El agua acarrea muchas impurezas naturales o introducidas por el ser humano a medida que viaja a través del ciclo hidrológico. Estas impurezas le dan a cada porción de agua su composición química característica o *calidad*. El agua y la nieve recogen pequeñas partículas de polvo o *aerosoles* del aire y la luz del sol hace que las emisiones de la quema de gasolina y otros combustibles fósiles reaccionen con el agua para formar ácido sulfúrico y nítrico. Estos contaminantes regresan a la Tierra en forma de *lluvia o nieve ácidas*. Los ácidos del agua disuelven las rocas poco a poco y hacen que los sólidos *disueltos* vayan a parar al agua. Estos pequeños, pero visibles, trozos de roca y suelo también ingresan al agua y se quedan como sólidos *en suspensión* que tornan turbias a muchas aguas. Cuando el agua se filtra en el suelo, entra en contacto muy directo con las rocas y más minerales que se disuelven en el agua. Estas impurezas disueltas o suspendidas determinan la calidad del agua.

Transparencia

La luz, que es esencial para el crecimiento de las plantas, viaja más lejos en las aguas claras que en cualquier agua *turbia* que contiene sólidos en suspensión o agua con color. Normalmente se utilizan dos métodos para medir la transparencia o el grado de penetración de la luz en el agua: el disco Secchi y el tubo de turbiedad. La transparencia del disco Secchi fue medida por primera vez en 1865 por el padre Pietro Angelo Secchi, un científico consejero del Papa. Esta medición simple y de uso muy extendido, mide la profundidad a la que el disco de 20 cm, y de color blanco y negro, desaparece al descender en el agua y reaparece al ser elevado. Una medida alternativa de la transparencia se obtiene al verter agua en un tubo con un patrón similar al del disco Secchi en el fondo y se anota la profundidad del agua en el tubo cuando el patrón desaparece de la vista. El disco Secchi se utiliza en aguas mansas y profundas. El tubo de turbiedad se puede usar en aguas mansas o en movimiento y también en aguas poco profundas o en la superficie de aguas profundas.

La luz del sol proporciona la energía para la fotosíntesis, el proceso por el cual las plantas crecen tomando carbón, nitrógeno, fósforo y otros nutrientes, y emanan oxígeno. Por eso la penetración de la luz del sol en un cuerpo de agua determina la profundidad a la que las algas y otras plantas pueden crecer, así como la cantidad relativa de crecimiento. La transparencia decrece a medida que el color, los sedimentos en suspensión o la abundancia de las algas aumentan. El agua toma el color por la presencia y la acción de algunas bacterias, fitoplancton y otros organismos, o por los químicos vertidos por el suelo o por la materia vegetal en descomposición. Por tanto, la cantidad de nutrientes vegetales que llegan a un cuerpo acuático desde fuentes como plantas de tratamiento de desechos, tanques sépticos, arrastre de fertilizantes y restos de plantas traídas por el viento y el agua, afectan a la transparencia. Los sedimentos en suspensión a menudo provienen de fuentes como la agricultura, la construcción, el arrastre de agua lluvia y la resuspensión de los sedimentos del fondo.

La mayoría de aguas naturales tienen una transparencia que oscila entre uno y varios metros. Un valor bajo, por debajo de un metro, podría esperarse en un cuerpo de agua altamente productivo. Pero un valor bajo también puede deberse a una alta concentración de sólidos en suspensión. Los lagos extremadamente claros y sin producción o las aguas costeras, pueden tener una transparencia de hasta 30 ó 40 metros, como las zonas alrededor de los arrecifes de coral.

La Temperatura del Agua

La temperatura del agua es influida en gran medida por la cantidad de energía solar que es absorbida tanto por el agua como por el suelo y el aire que la rodea. Mayor calor solar da como resultado aguas con temperaturas más elevadas. El agua que se ha utilizado para la manufactura y se ha descargado en un cuerpo de agua también puede hacer que aumente la temperatura. El agua que se evapora de la superficie puede reducir la temperatura de la misma, pero sólo en la capa muy superficial del cuerpo de agua. Es preciso medir la temperatura del agua para poder comprender los patrones de cambios ocurridos a lo largo del año, ya que la temperatura de un cuerpo de agua

influye tremendamente en la cantidad y diversidad de la vida acuática. Los lagos son relativamente fríos y tienen poca vida vegetal acuática en invierno, florecen en primavera y verano cuando las temperaturas se elevan y las aguas ricas en nutrientes se mezclan con las superiores. También es posible encontrar períodos de esta mezcla en el otoño. Debido a esta mezcla y a las temperaturas más elevadas en el agua, la transformación primaveral viene seguida por un período de rápido crecimiento de plantas y animales acuáticos microscópicos. Muchos peces y otros animales acuáticos también nacen durante esta época del año en que las temperaturas aumentan y el alimento es abundante.

Los lagos poco profundos son una excepción a este ciclo, puesto que se mezclan durante todo el año. Una preocupación es que el agua caliente puede ser fatal para especies sensibles como la trucha o el salmón, que requieren de condiciones frías y ricas en oxígeno.

Oxígeno Disuelto

El agua es una molécula hecha de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, por lo que su fórmula es H_2O . Sin embargo, mezcladas con estas moléculas de agua de cualquier cuerpo de agua se encuentran otras de gas de oxígeno (O_2) que se han disuelto en el agua. El oxígeno disuelto es una impureza natural del agua. Los animales acuáticos, como los peces y el zooplancton de los que se alimentan, no respiran el oxígeno de las moléculas del agua, sino de las moléculas de oxígeno que se han disuelto en toda el agua. Sin los niveles suficientes de oxígeno disuelto, la vida acuática se acabaría. Los niveles de oxígeno disuelto menores a 3 mg/l ejercen presión sobre la mayoría de los organismos acuáticos.

En la atmósfera, casi una de cada cinco moléculas es de oxígeno. En el agua, una de cada diez moléculas en cada millón de moléculas es de oxígeno. La mezcla vigorosa de agua y aire, como ocurre en las corrientes turbulentas, aumentan la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, al igual que la fotosíntesis de las plantas acuáticas. El oxígeno es consumido por los peces, el zooplancton y la bacteria que descompone la

materia orgánica. Esta materia orgánica, como por ejemplo plantas y animales muertos, ingresa en las corrientes naturalmente a través del agua que se desprende de los bosques y la hierba o de las tierras cultivadas. Otras fuentes de materia orgánica son los derrames de las plantas de tratamiento de aguas residuales o servidas. Cualquiera que sea la fuente, tendemos a encontrar bajos niveles de oxígeno disuelto que están muy por debajo de la mitad del valor saturado, en corrientes de poco movimiento que están cercanas a fuentes de materia orgánica. Además, el agua caliente contiene menos oxígeno que la fría, así que los períodos críticos para los peces y el zooplancton es en verano. Por ejemplo, con una temperatura de 25°, la solubilidad del oxígeno disuelto es de 8,3 mg/l, mientras que con una temperatura de 4 °C, la solubilidad es de 13,1 mg/l.

pH

El pH es una medida del contenido ácido del agua que influye sobre gran parte de los procesos químicos. El agua sin impurezas (y que no está en contacto con el aire) tiene un pH de 7. El agua con impurezas tendrá un pH de 7 cuando su contenido ácido y alcalino sean exactamente iguales y se equilibren mutuamente. Si los valores de pH son inferiores a 7, quiere decir que tenemos exceso de ácido y si los valores están por encima de 7, tenemos exceso de cal en el agua.

La escala del pH es distinta a la escala de concentración que se utiliza para otras impurezas. Es logarítmica, lo que quiere decir que el cambio en una unidad de pH representa un factor de cambio de 10 en el contenido ácido del agua. Por tanto, el agua con un pH de 3 tiene diez veces más contenido ácido que un agua con un pH de 4, la que a su vez tiene diez veces el contenido ácido del agua con un pH de 5.

La lluvia natural y sin contaminación tiene un pH que oscila entre 4 y 5, de modo que hasta el agua de lluvia del lugar menos contaminado del planeta tiene una acidez natural, la cual es el resultado del dióxido de carbono del aire que se disuelve en las gotas de lluvia. El agua destilada que está en equilibrio con el aire tiene el mismo pH. La lluvia más ácida tiene un pH de 4, aunque muchas



neblinas urbanas con un pH menor a 2 tiene un rango de 6,5 a 8,5. Es posible encontrar aguas que están naturalmente más ácidas en zonas donde ciertos tipos de minerales existen en el suelo (por ejemplo, sulfatos). La minería también hace que se desprendan materiales que dan como resultado acidez en el agua de los arroyos. Las aguas alcalinas por naturaleza, pueden encontrarse sobre todo en zonas donde el suelo contiene minerales como calcita o piedra caliza.

El pH de un cuerpo de agua ejerce fuerte influencia sobre la vida que pueda existir en él. Las salamandras, los sapos y otros animales anfibios son muy sensibles a pH muy bajos. La mayoría de insectos, anfibios y peces no viven en aguas con un pH inferior a 4.

Conductividad Eléctrica

El agua pura es un conductor pobre de la electricidad. Son las impurezas del agua, como las sales disueltas, las que permiten que el agua conduzca electricidad. Dado que existe falta de tiempo y dinero para analizar cada sustancia que hay en el agua, se ha encontrado que un gran indicador del nivel total de impurezas en el agua dulce es su conductividad eléctrica; es decir, la eficacia con la que el agua transmite la corriente eléctrica. Cuantas más impurezas hay en ella, mayor es la conductividad eléctrica.

En la mayoría de usos agrícolas y municipales, se requiere de agua que tenga un contenido total de sólidos disueltos por debajo de los 1000 ó 1200 partes de impurezas por millón de partes de agua por peso (ppm), o una conductividad eléctrica (la capacidad de transmitir corriente eléctrica) que esté por debajo de los 1500-1800 microSiemens/cm (observe que 1 ppm = 1 mg/l). Por encima de estos niveles se puede esperar que ocurran cambios en los cultivos más sensibles. Para usos domésticos, se prefiere el agua con un contenido total de sólidos disueltos inferior a los 500 ppm, o por debajo de una conductividad de cerca de 750 microSiemens /cm. Los residuos que se quedan en los platos “limpios” que acaban de salir de un lavavajillas, son producto de los sólidos disueltos en el agua. Las manufacturas y, sobre todo, la electrónica, requieren de aguas libres de impurezas. La nieve alpina pura de zonas remotas

tiene una conductividad de cerca de 50 microSiemens /cm.

Salinidad

El mar es salado y tiene un contenido mucho más elevado de sólidos disueltos que las aguas dulces. La salinidad es una medida del contenido de sal y se expresa en partes de impureza por mil partes de agua. La salinidad promedio de los océanos de la Tierra es de 35 partes por mil (35 ppt). El sodio y el cloro, que son los componentes de la sal de mesa (NaCl), contribuyen a gran parte de la salinidad. Dado que la proporción de cloro en el agua del mar varía un poco de un lugar a otro, podemos medir el contenido de cloro, al que nos referiremos como clorinidad, para calcular la salinidad total. En las bahías y estuarios se puede encontrar una gran variedad de valores de salinidad, dado que estas son las regiones donde las aguas dulces y las saladas se mezclan. La salinidad de estas aguas *salobres* está entre la del agua dulce, con un promedio de 0,5 ppt, y la del agua salada.

Cada continente de la Tierra también tiene lagos interiores que son salinos. Algunos de los ejemplos más significativos son el Mar Caspio, de Asia Central, y el Gran Lago Salado, de América del Norte, así como varios lagos salados del Valle Great Rift en África Oriental. Algunos de estos, incluso, son más salinos que el agua del mar. Las aguas adquieren salinidad porque los ríos acarrean sales que surgen como consecuencia del clima y la disolución de rocas continentales. Cuando el agua se evapora, las sales permanecen y esto da lugar a una acumulación de material disuelto. En cierto momento el agua se *satura* con los sólidos, los cuales se precipitan como sólidos y se estabilizan fuera del agua. Mientras la salinidad de los océanos varía poco a poco, y a lo largo de milenios, la salinidad de las aguas interiores puede variar con más rapidez cuando los patrones de precipitación o nieve derretida cambian.

El contenido de sal de un cuerpo de agua es uno de los factores principales a la hora de determinar el tipo de organismos que pueden ser encontrados en él. Por lo tanto, las aguas dulces y saladas están habitadas por organismos bastante diferentes. Las plantas y animales que viven y usan el agua dulce

(menos de 1 ppt) generalmente tienen un contenido de sal dentro de sus células que es mayor al del agua en la que habitan o usan. Tienden a eliminar sales como productos de desecho. Las plantas y animales de agua salada tienen un contenido de sal que equivale o es menor que la salinidad del agua de los alrededores y, por tanto, cuentan con distintos mecanismos para mantener su balance de agua. En las aguas salobres (valores de salinidad de 1-10 ppt) es posible encontrar plantas y animales que toleran cambios de salinidad.

Alcalinidad

La alcalinidad es la medida de la resistencia del agua a las reducciones de pH cuando se le añaden ácidos. Los ácidos añadidos generalmente provienen de la lluvia o de la nieve, aunque las fuentes del suelo son más importantes en algunas zonas. La alcalinidad se genera a medida que el agua disuelve las rocas que contienen carbonato de calcio, como calcita o piedra caliza. Cuando un lago o riachuelo tiene muy poca alcalinidad, por lo general por debajo de 100 mg/l, un gran flujo entrante de ácidos procedentes de un aguacero o de la nieve que se derrite rápidamente puede (al menos temporalmente) consumir toda la alcalinidad y hacer que descienda el pH del agua a niveles peligrosos para los anfibios, los peces o el zooplancton. Normalmente, los lagos y riachuelos en zonas con poco suelo, como áreas montañosas, tienen un bajo nivel de alcalinidad. Estos cuerpos de agua pueden ser particularmente sensibles en la primavera, durante los períodos en los que la nieve se derrite más rápidamente. Debido a que los contaminantes tienden a arrastrar trozos de nieve cuando ésta empieza a derretirse, a menudo se encuentra un mayor flujo entrante de ácidos contaminantes en primavera, estación que también resulta crítica para el crecimiento de la vida acuática.

Nitrato

Las plantas, tanto en el agua salada como en la dulce, requieren de tres nutrientes mayores para su crecimiento: carbono, nitrógeno y fósforo. De hecho, la mayoría tienden a utilizar los tres nutrientes en la misma proporción y no pueden crecer si la cantidad de alguno de ellos no es

suficiente. El carbono es relativamente abundante en el aire como dióxido de carbono, el cual se disuelve en el agua, de modo que una falta de nitrógeno o de fósforo generalmente limita el crecimiento de las plantas acuáticas. En algunos casos, nutrientes de arrastre, como el hierro, también pueden ser un limitante, al igual que la luz del sol. El nitrógeno existe en los cuerpos de agua de múltiples formas: nitrógeno molecular disuelto (N_2), compuestos orgánicos, amoníaco (NH_4^+), nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-). De todos estos, los nitratos son, por lo general, los más importantes. El nitrito normalmente se encuentra en aguas subóxicas (con bajos niveles de oxígeno disuelto). El nitrógeno en forma de nitrato, que se encuentra en aguas naturales, procede naturalmente de la atmósfera, a través de la lluvia, la nieve, la niebla o la deposición seca, o de la caída de materia orgánica en el suelo y de los sedimentos. También puede proceder de la escorrentía en zonas agrícolas, puesto que los campesinos añaden fertilizantes con nitrógeno a sus cultivos, y parte de ellos caen al suelo cuando llueve.

Cuando una cantidad excesiva de un nutriente limitante, como el nitrógeno, se añade a un lago o riachuelo, el agua se *enriquece* y promueve un mayor crecimiento de algas y otras plantas. A este proceso de enriquecimiento lo denominamos *eutrofización* del agua. El exceso de plantas que crecen como resultado de este proceso puede causar problemas de olor y sabor en los lagos, cuya agua se utiliza como agua potable; también pueden causar problemas de incomodidad para los usuarios del cuerpo de agua o pueden afectar seriamente a los peces y a otros animales acuáticos. Las inquietudes acerca del exceso de nitrógeno o fósforo en los lagos y aguas costeras se asocian casi siempre a las descargas de aguas servidas. Las concentraciones de nitratos deben expresarse siempre como nitrógeno elemental. Así el nitrato se expresa como nitrógeno del nitrato ($NO_3^- - N$) en miligramos por litro (es decir, 14 gramos de nitrógeno por molécula de NO_3^-) y nunca como NO_3^- (es decir, 62 gramos por molécula NO_3^-). La mayor parte de aguas naturales tienen niveles de nitrato menores a un 1 mg/l de nitrógeno del nitrato, pero también se encuentran concentraciones superiores a 10 mg/l de nitrógeno del nitrato en algunas zonas.



La Importancia de las Mediciones

¿Cuál es la condición de las diversas aguas que existen en la superficie de la Tierra como riachuelos, ríos, lagos y aguas costeras? ¿Cómo varían estas condiciones a lo largo de un año? ¿Cambian estas condiciones de año a año? Por intermedio de la *Investigación de Hidrología* sus estudiantes, junto a alumnos de otras escuelas GLOBE, podrán abordar estas preguntas mediante un monitoreo continuo y amplio de las aguas naturales. Nuestro conocimiento sobre las tendencias nacionales y globales sobre la calidad del agua se basa en el muestreo de uno pocos sitios muy representativos. Este muestreo, por lo general, se ha llevado a cabo unas pocas veces. Por ejemplo, la información con la que contamos sobre varios lagos se basa en los muestreos realizados una o dos veces hace diez años. Antes de poder evaluar los cambios, necesitamos recopilar información confiable sobre las condiciones actuales. Cuando los cambios ya están sucediendo, la comparación de las zonas afectadas y no afectadas nos puede ayudar a comprender lo que está sucediendo.

Las mediciones de oxígeno disuelto y de pH indican directamente cuán hospitalario es un cuerpo de agua para la vida acuática. Nuevamente, resulta interesante seguir el ciclo anual del oxígeno disuelto, alcalinidad y pH y realizar comparaciones entre los distintos cuerpos de agua. Nos podemos plantear varias preguntas como: ¿Están los niveles de oxígeno disuelto siempre en el punto máximo permitido por la temperatura del agua, o son menores en alguna época del año? Si son bajos, deseamos saber las causas. Podemos ver si el pH desciende justo después de una lluvia o cuando existe gran cantidad mucha nieve derretida que corre hacia los lagos o riachuelos. Si, en efecto, descubrimos un descenso en el nivel de pH, esperaríamos que el agua tuviera un nivel bajo de alcalinidad. De hecho, deberíamos esperar que las aguas con baja alcalinidad sufran un descenso en su pH justo después de una lluvia o después de haber recibido el flujo de nieve derretida. Sin embargo, estas mediciones deben realizarse para poder confirmar si esto sucede en verdad o no.

Los estudiantes deben realizar estas mediciones

de GLOBE manteniendo en mente al menos dos metas sociales. En primer lugar, deseamos tener una mejor comprensión de nuestros recursos locales de agua y suelo. Así podremos tomar decisiones más razonables sobre cómo usar, administrar y disfrutar los recursos. En segundo lugar, deseamos evaluar hasta qué punto las actividades humanas están afectando la calidad de nuestra agua y, por tanto, la forma en la que la utilizaremos en el futuro. En la mayoría de los países, los programas actuales de medición cubren únicamente unos cuantos cuerpos de agua, en pocas ocasiones a lo largo del año. Esperamos que las mediciones que usted realice como parte del programa GLOBE nos ayuden a llenar este vacío y a mejorar nuestra comprensión sobre la salud de las aguas naturales de la Tierra.



Preparación para el Campo

Visión General

Los estudiantes deben tomar muestras de agua de un cuerpo de agua seleccionado, procesarlas para determinar su composición y analizar los datos para poder comprender mejor la calidad del agua y su impacto en el ambiente.

La tabla HI-I-1 enumera los protocolos recomendados para los tres niveles de GLOBE. Los maestros deben utilizar su propio juicio para decidir cuáles son los más adecuados para las destrezas de los estudiantes. Por favor, observe que los protocolos más avanzados requieren consideraciones especiales de seguridad.

Tabla HI-I-1: Niveles en la Medición de Hidrología

Nivel	Medición
Principiantes	transparencia temperatura pH (cinta) conductividad o salinidad
Intermedio/ Avanzado	transparencia temperatura oxígeno disuelto pH (lápiz o cinta) conductividad o salinidad alcalinidad nitratos

Horario para las Mediciones

Las mediciones deben realizarse una vez por semana, a la misma hora del día y el mismo día de la semana. Las mediciones semanales son de especial importancia durante las temporadas en las que los Sitios de Hidrología están sufriendo cambios rápidos. Las muestras pueden recogerse para todos los protocolos en cada visita al sitio.

Selección del Sitio (en orden de preferencia)

1. Riachuelo o río
2. Lago, reservorio, bahía u océano
3. Estanque
4. Una acequia de irrigación u otro cuerpo de agua si ninguno de los anteriores es posible dentro de su Sitio de Estudio GLOBE.

Grupos de Estudiantes

Las mediciones deben tomarse por grupos de 2-3 estudiantes. Entre las tareas de un grupo tenemos la recolección de muestras, el procesamiento de las mismas y el registro de los datos. Resulta muy útil contar con múltiples grupos que realicen pruebas de cada parámetro (por ejemplo, dos grupos que midan el oxígeno disuelto). De esta manera se va a permitir que los estudiantes participen más y se fortalece el control de calidad. Los grupos de estudiantes que realizan la misma prueba deben cotejar los resultados de los otros para determinar si los datos son similares. Si existen resultados diferentes en la misma muestra, los estudiantes deben revisar sus procedimientos y volver a tomar la prueba para averiguar lo que ocasionó tal diferencia. El control de calidad de los datos debe ser una parte importante de la ciencia y de la experiencia de aprendizaje.

Visión General de las Actividades Educativas

Cuando los protocolos que se usan para realizar cada medición se combinan con las *Actividades de Aprendizaje*, se establece un programa global para comprender la química de los cuerpos de agua. Siempre habrá la tentación de pedir a los alumnos que únicamente hagan las mediciones e ingresen la información en las Hojas de Datos del Estudiante GLOBE. Sin embargo, el adquirir mayores conocimientos sobre el contenido científico, los procesos y las destrezas críticas de razonamiento es nuestra meta educativa. Las *Actividades de Aprendizaje* le ayudarán dándole el contexto para los *Protocolos*.



Objetivos de Aprendizaje de los Estudiantes

Esta investigación desarrolla la comprensión de los alumnos sobre la importancia, propiedades únicas y contenido del agua. Mediante las aplicaciones de los análisis del agua, los estudiantes llegarán a comprender la química de ésta y como es importante en el proceso de entender la salud de los ambientes acuáticos.

Al terminar todas las actividades de esta investigación, los estudiantes conocerán y comprenderán los distintos conceptos y destrezas.



Conceptos

- La química del agua es un aspecto importante de los requisitos del hábitat
- La temperatura puede afectar otros factores de la química del agua
- La química del agua afecta a la diversidad de especies
- Los instrumentos pueden reforzar la percepción de sus sentidos para saber lo que hay en el agua
- Los datos se utilizan para plantear y responder preguntas
- Los gráficos y mapas son instrumentos muy valiosos a la hora de visualizar los datos
- La exactitud y la precisión son importantes a la hora de realizar las mediciones
- El suelo almacena agua y este contenido de agua está relacionado con el crecimiento de la vegetación
- El lugar donde cae la lluvia depende de las características de su sitio
- Las temperaturas altas y los períodos más largos de luz del sol aumentan la evapotranspiración
- Los flujos de agua pueden variar con el tiempo
- El balance del agua puede modelarse utilizando datos sobre temperatura, precipitación y latitud.



Destrezas

- Realización de observaciones
- Aplicación de las técnicas de muestreo de campo
- Calibración del equipo científico
- Observación de las instrucciones de métodos e instrumentos para pruebas
- Registro y envío de datos con exactitud
- Lectura de una escala



- Comunicación verbal
- Comunicación por escrito
- Formulación de preguntas
- Formulación y comprobación de hipótesis
- Diseño de experimentos, instrumentos y modelos
- Utilización del equipo de medición de la calidad del agua
- Utilización de instrumentos para reforzar los sentidos
- Creación y lectura de gráficos
- Cálculo de promedios
- Establecimiento de comparaciones a lo largo del tiempo y el espacio
- Análisis de datos buscando tendencias y diferencias
- Utilización de la Base de Datos de GLOBE

Evaluación de los Estudiantes

La evaluación individual del rol de los estudiantes en este proyecto y la calificación de estos por parte de sus compañeros, así como el estudio total, se pueden incorporar en la carpeta de los estudiantes. También se pueden evaluar con regularidad los Cuadernos de Ciencias GLOBE, para registrar los progresos que hayan hecho los estudiantes en cuanto a la comprensión de los conceptos científicos claves, los procesos y las destrezas. Estos también pueden ser la base para la evaluación de sus destrezas de comunicación, tanto orales como escritas. Deben diseñarse informes y presentaciones utilizando el material de los Cuadernos de Ciencias GLOBE.

Además de ingresar los datos al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE, en aquellos niveles donde resulte didácticamente apropiado, los estudiantes deben analizar sus datos e informes escritos. Pídale que escriban acerca de los parámetros que han sometido a pruebas y que recopilen todos los informes individuales en un estudio completo del Sitio. Envíe el estudio a las agencias locales y estatales que manejan el agua y su calidad.

Referencias

- T.E. Graedel y P.J. Crutzen (1993) *Atmospheric Change: An Earth System Perspective*. W.H. Freeman and Company, Nueva York.
- F.T. Mackenzie y J.A. Mackenzie (1995): *Our Changing Planet: An Introduction to Earth System Science and Global Environmental Change*. Prentice Hall, Nueva Jersey.

Protocolos



Cómo Realizar su Investigación de Hidrología

Recolección de la Muestra de Agua

Protocolo de la Transparencia del Agua

Los estudiantes van a medir primero la transparencia del agua en su sitio de muestreo no alterado.

Protocolo de la Temperatura del Agua

Inmediatamente después de recoger sus muestras de agua, ó in situ, los alumnos medirán la temperatura del agua.

Protocolo del Oxígeno Disuelto

Los estudiantes medirán el oxígeno disuelto de su muestra de agua ó in situ.

Protocolo del pH

Los estudiantes medirán el pH de su muestra de agua. El método uno utiliza una cinta indicadora del pH y el método dos utiliza lápices o medidores del pH.

Protocolo de la Conductividad Eléctrica

Los estudiantes medirán la conductividad eléctrica de sus muestras de agua dulce.

Protocolo de la Salinidad

Los estudiantes medirán la salinidad de sus muestras de agua salina o salobre utilizando un hidrómetro.

Protocolo Opcional de Titulación de Salinidad

Los estudiantes de nivel intermedio o avanzado medirán la salinidad de su muestra de agua salada o salobre utilizando una titulación de cloro.

Protocolo de la Alcalinidad

Los estudiantes medirán la alcalinidad de sus muestras de agua.

Protocolo de los Nitratos

Los estudiantes medirán el contenido de nitrato-nitrógeno de sus muestras de agua.



Cómo Realizar su Investigación de Hidrología



Preparación para sus Mediciones de Hidrología



Selección del Sitio de Estudio de Hidrología

Lo ideal sería que el Sitio de Estudio de Hidrología se encuentre en una cuenca que, de preferencia, esté dentro de los 15 km x 15 km de extensión del Sitio de Estudio GLOBE. Dentro de esta cuenca, seleccione un lugar específico en el que se van a realizar las mediciones hidrológicas (temperatura del agua, transparencia, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad, conductividad eléctrica o salinidad y nitratos). Si existe un cuerpo de agua que despierte especialmente su interés, escójalo sin dudas. De no ser así, los cuerpos de agua en orden de preferencia serán:



1. Arroyo o río
2. Lago, reservorio, bahía o el océano
3. Estanque

Se puede recurrir a un dique de regadío o a otro tipo de cuerpo acuático en caso de que ninguno de los anteriores esté disponible o no sea asequible dentro del Sitio de Estudio GLOBE.



Es preciso recoger cada vez todas las muestras de agua del mismo lugar del sitio hidrológico. Esto es lo que se denomina sitio de toma de muestras.

Si este sitio es un cuerpo de agua en movimiento, tales como un arroyo o un lago (*lotic*), establezca su sitio de toma de muestras en un área agitada (es decir, un sitio en el que el agua se mueva pero no demasiado rápido), en oposición a remansos o a rápidos. Si este lugar llegara a ser un cuerpo de agua estático, como un lago o reservorio (*lentic*), busque un lugar para la toma de muestras que esté cerca de la zona de desembocadura o en el medio del cuerpo acuático, pero evite recoger las muestras cerca de una entrada.



Un puente o un muelle son una buena opción. Si su cuerpo de agua salobre o salada sufre el efecto de las mareas, necesitará saber a qué hora la marea sube o baja en el lugar que esté más cercano a su Sitio de Estudio.



Descripción del Lugar

Una vez que ya haya seleccionado su Sitio Hidrológico, asegúrese de identificar las coordenadas del mismo con el receptor GPS. Ingrese los datos de esta ubicación junto con más detalles que la describan, tal y como se solicita en la Hoja de Datos de la Selección del Sitio de Investigación de Hidrología. Para la Hoja de Ingreso de Datos de la Selección del Sitio de Investigación de Salinidad será preciso que conozca la latitud y la longitud del lugar del que van a informar las horas de marea alta y baja. Es posible realizar estas mediciones con un receptor de GPS y siguiendo los pasos del *protocolo* de GPS u obtenerlas de aquellos que tienen la información disponible sobre la marea alta y baja.

Frecuencia

Recoja todas las mediciones de la química del agua más o menos a la misma hora cada día, semanalmente. Si sus muestras se llegaron a congelar en el invierno, o se secan, asegúrese de ingresar esta información en la hoja de datos cada semana, hasta que vuelva a disponer de agua de superficie que corre libremente, para realizar las mediciones.

Nota: En ciertas épocas del año las mediciones serán más emocionantes. Si hay corriente en un río, el flujo mayor y el sedimento modificarán considerablemente la química del agua. Justo después de haberse derretido el hielo en un lago es también un momento dramático, debido a que las distintas capas de agua del lago se estarán mezclando con aquellas capas que están cerca del fondo del lago o en el fondo mismo. A menudo aquellas que están en el fondo terminan en la parte superior, cerca de la superficie, lo cual añadirá cambios sorprendentes a los resultados de su medición. Observe con atención los cambios estacionales y mensuales.

Garantía de Calidad y Control de Calidad

Es necesario contar con un plan de garantía y control de calidad para asegurarse que los resultados de las pruebas sean lo más precisos y

exactos posible. Al decir *precisión* nos estamos refiriendo a cuánto se acerca una medición al valor real. Al decir *exactitud*, queremos decir la capacidad de obtener resultados consistentes. La confiabilidad tanto de la precisión como de la exactitud se logra con los siguientes requisitos:

- Recolección de la muestra de agua tal y como se indica
- Realización de las pruebas inmediatamente después de haberla recogido
- Calibración, utilización y manejo cuidadosos del equipo de muestras.
- Siguiendo las instrucciones específicas de un protocolo, exactamente como se describen.
- Repitiendo las mediciones para revisar su precisión y para comprender cualquier causa de error.
- Reduciendo al mínimo la contaminación de los químicos guardados y del equipo de pruebas.
- Supervisando para asegurarse de que las cantidades entregadas al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE son los mismos que se registraron en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.

Calibración

La calibración es un proceso que consiste en revisar la precisión del equipo que se ha de utilizar en las pruebas. Por ejemplo, para garantizar que los instrumentos para el pH funcionen correctamente, se prueba una solución de valor conocido. Los procedimientos de calibración varían según la medición y están detallados en cada protocolo. Ciertas calibraciones se deben realizar el mismo día que las mediciones. Ciertos procedimientos de calibración se pueden llevar a cabo en el aula, justo antes de sacar el equipo y llevarlo al campo. Sin embargo, en algunos casos, será necesario volver a revisar la calibración una vez que se está en el campo, para lo cual se ha de efectuar una medición de campo de una solución de valor conocido. Ver *los protocolos del pH y de la conductividad eléctrica*.

Prontitud y Secuencia al Realizar las Mediciones

Las pruebas de transparencia y de oxígeno disuelto deben realizarse en el sitio (*in situ*), inmediatamente después de haber recogido la muestra de agua. No deje reposar el balde de agua por más de media hora antes de realizar las mediciones. Tome una nueva muestra si esto le llegara a suceder. Si no lo puede evitar, las muestras deben embotellarse (ver Técnicas de Embotellamiento al recoger la muestra de agua) y probarse en el aula. No obstante, le recomendamos encarecidamente que todas las pruebas se lleven a cabo *in situ*. No le recomendamos realizar las pruebas de oxígeno disuelto en el aula, debido a que el análisis debe realizarse en el transcurso de 30 minutos después de la recolección. La medición del pH y nitratos (en un lapso de 2 horas), alcalinidad, conductividad eléctrica o salinidad (en un lapso de 24 horas) se podrán realizar en el aula más tarde, si es necesario.

Importante: La secuencia en la que se realicen las mediciones es muy importante. En primer lugar se debe medir la transparencia del agua, inmediatamente después vendrá la de temperatura del agua y de oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica o salinidad, alcalinidad y nitratos.

Importante: Las mediciones de oxígeno disuelto tienen valores limitados a no ser que la temperatura del agua se conozca. Mida el oxígeno disuelto únicamente si mide la temperatura del agua. Si su sitio es de agua salada o salobre también deberá medir la salinidad para poder interpretar las mediciones de oxígeno disuelto.

Mediciones Repetidas

Divida a la clase en dos grupos para cada medición. Cuando un grupo haya terminado, pídale que entregue el equipo al segundo. Ambos grupos deben trabajar en el mismo balde de agua para estas mediciones.

Si los valores encontrados por ambos grupos difieren significativamente, será preciso que un tercer grupo repita la medición y hasta quizá lo hagan también los primeros dos grupos. Las siguientes son las diferencias aceptables entre valores medidos.



Medición	Diferencia máxima
Transparencia	1,0 cm
Temperatura del Agua	0,5 grados °C
Oxígeno Disuelto	0,4 mg/l (La Motte) 1,0 mg/l (Hach)
pH (utilizando cintas)	1,0 pH unidad
pH (utilizando pluma o metro)	0,2 pH unidad
Conductividad	2% de la escala completa (40 μ S/cm)
Salinidad (hidrómetro)	0,4 partes por mil
Salinidad (juego de titulación)	0,4 partes por mil
Alcalinidad	4 mg/l según CaCO_3 (Juego de La Motte) 1 gota (Juego de Hach): 17 mg/l según CaCO_3 (alto rango) 6,8 mg/l según CaCO_3 (bajo rango)
Nitrato	1,0 mg/l

Cada grupo debe utilizar su propia Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología. El valor enviado al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE deberá corresponder al promedio de todos los valores obtenidos que cumplan con los requisitos antes mencionados. Descarte aquellos valores que caigan fuera de las diferencias máximas. Observe que para la transparencia del agua, todos los valores deben enviarse al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE.

Descarga de Líquidos de Desecho

Una vez que se hayan realizado las pruebas, todas las soluciones (excepto aquellas del análisis de nitratos y de titulación de salinidad) y líquidos deben recogerse en un contenedor de plástico de boquilla amplia y con tapa de rosca, se verterán en algún lavabo en la escuela y se enjuagarán con el exceso de agua. También se los podrá verter de acuerdo a las pautas de seguridad del distrito escolar de su escuela. Los desechos del análisis de nitratos y de titulación de salinidad (que, por lo general, contienen cadmio y cromato, respectivamente) deben disponerse de acuerdo a las pautas de seguridad del distrito escolar local.

Recolección de la Muestra de Agua



Materiales y Herramientas

- Un balde de cuatro litros con una soga atada fuertemente al mango
- Toallas de papel
- Botellas de polietileno para muestras de 500 ml
- Los Cuadernos de Ciencias GLOBE, plumas, Hojas de Trabajo de Datos
- Guantes de látex (recomendable)

Si los estudiantes pueden llegar al cuerpo de agua DE FORMA SEGURA (a una distancia de un brazo), las muestras de temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, y conductividad eléctrica se pueden realizar *in situ* directamente al filo del agua. Sin embargo, las mediciones de alcalinidad, salinidad y nitrato requieren que se tomen las muestras con un balde. Las muestras de agua deben medirse inmediatamente después de haberlas obtenido. Si no se puede evitar, las muestras se podrán embotellar para medir el pH, alcalinidad y la salinidad o conductividad eléctrica al retornar al aula. El oxígeno del agua debe ser estabilizado siguiendo los primeros pasos del protocolo de oxígeno disuelto antes de transportar la muestra. Utilice las siguientes técnicas para obtener muestras de agua para realizar pruebas inmediatas y muestras embotelladas para probarlas en el aula. Se puede utilizar una muestra de agua superficial con el tubo de turbiedad. La medición del disco Secchi sólo resulta ser adecuada en aguas más profundas y las mediciones se toman generalmente desde un puente o un muelle, lejos de la orilla.

Técnica de Toma de Muestras

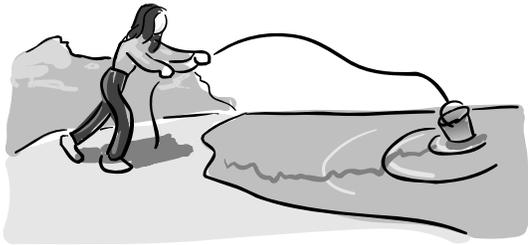
1. Sostenga la soga y baje el balde hasta dejar que se llene parcialmente de agua. Si el balde está en su extremo y el borde no está lo suficientemente bajo como para permitir el ingreso de agua, empújelo con la cuerda. Cuando algo de agua haya ingresado al balde, recójalo y agite el agua para limpiarlo. Deseche esta agua y repita el procedimiento nuevamente. No utilice agua destilada para enjuagar el balde, puesto que esto podría afectar los

resultados de la muestra. Asimismo, nunca permita que el balde para las muestras se utilice para limpieza o cualquier otro propósito, puesto que esto afectaría los resultados de las muestras. Si su lugar para la toma de muestras es un arroyo, arroje el balde hacia una zona con bastante mezcla, a corta distancia de la orilla. Lo ideal sería que el agua esté corriendo, aunque sea ligeramente. Si está recogiendo muestras de un arroyo de fuerte movimiento, agarre la soga del balde fuertemente de modo que la corriente no se lo lleve.

Si, en cambio, está recogiendo muestras de un lago, una bahía o del océano,



Enjuagando el balde para la toma de muestra del agua



Lanzando el balde

tómelas de las orillas y luego lance el balde hacia adentro lo más lejos que pueda para tomar otra muestra. Siempre debe tomar una muestra del agua de la superficie y no dejar que el balde se llene demasiado y se hunda. También debe cuidar de no agitar el sedimento del fondo.

2. Para obtener una muestra, deje que el balde se llene de 2/3 a 3/4 del mismo. Luego tire de él y sáquelo del agua.

Técnica para Embotellar las Muestras

Aunque el procedimiento que preferimos es el de realizar todas las pruebas en el Sitio de Estudio de Hidrología, las mediciones de pH, alcalinidad, nitrato y conductividad eléctrica o salinidad se pueden realizar en el aula. El protocolo sobre oxígeno disuelto puede completarse en el aula, una vez que este oxígeno se haya estabilizado en el campo.

Siga el siguiente procedimiento para embotellar el agua de la muestras y trasladarla al aula para realizar todas las mediciones, excepto las de temperatura, oxígeno disuelto y transparencia:

1. Ponga una botella de polietileno de 500 ml con el nombre de la escuela, el nombre del maestro, el nombre del sitio, la fecha y hora en la que se recoge la muestra.
2. Enjuague la botella y la tapa con agua de la muestra.
3. Llene la botella con el agua de la muestra hasta que ésta se derrame por el cuello y forme una especie de domo, en su tope, de modo que, al tajarla, no quede nada de aire atrapado en el interior.
4. Selle la tapa de la botella con cinta adhesiva.

Nota: Esta cinta sirve como etiqueta y a la vez como indicador de que la botella ha sido abierta o no. La cinta **NO** debe estar en contacto con el agua de la misma muestra.

5. Almacene estas muestras en una nevera a más o menos 4°C, hasta que las pruebas puedan realizarse (en un lapso de dos horas para el pH y el nitrato y de 24 horas para la alcalinidad y salinidad o conductividad eléctrica).
6. Una vez roto el sello, realice primero la prueba del pH, luego las de salinidad o conductividad eléctrica, alcalinidad y nitratos. Lo ideal es que, una vez abiertas, se deben llevar a cabo todas las mediciones durante la misma sesión de laboratorio.

Seguridad

- Consulte las Hojas de Datos sobre el Material de Ciencia que viene en los juegos y tapas. También consulte las pautas de seguridad del distrito escolar local.
- En todas las situaciones en las que utilice juegos para pruebas con químicos, se recomienda la utilización de guantes de látex y gafas de protección.



Protocolo de la Transparencia del Agua



Propósito

Determinar la transparencia del agua utilizando un disco Secchi (en aguas quietas y profundas) o un tubo de turbiedad (en aguas con corriente o de poca profundidad).

Visión General

El disco Secchi es un dispositivo cuyo uso está muy difundido para medir la transparencia del agua con respecto a la luz. La transparencia detectada con este disco depende de la cantidad de material en suspensión y colorantes que se encuentren en el agua, los que proceden bien sea del sedimento que es arrastrado hacia el cuerpo de agua o bien de la actividad biológica de este último. Para medir la transparencia de las aguas con corriente o de aquellos cuerpos acuáticos donde el disco Secchi no es de gran utilidad se recurre a un tubo de turbiedad.

Tiempo

10 - 15 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Semanalmente

Conceptos Claves

Aprender a determinar la transparencia del agua utilizando un disco Secchi o un tubo de turbiedad

Luz difusa

Partículas en suspensión

Absorción de luz

Color del agua

Productividad

Destrezas

Utilización de un disco Secchi o un tubo de turbiedad

Diseño de estrategias de medición

Registro de datos

Interpretación de los resultados

Materiales y Herramientas

Disco Secchi:

Soga de 5 metros de longitud (puede ser mayor o menor, según la profundidad del agua del sitio de estudio)

Pintura en spray de esmalte en látex: negra y blanca

Un tubo de acero de 2, 5 - 3 cm de diámetro por 15 cm de largo

Un taladro

Un trozo de madera circular (disco) de 2,5 cm de espesor por 20 cm de diámetro

2 tornillos con gancho

Hilo de 15 cm de longitud

Un frasco pequeño de cola o pegamento

Marcadores a prueba de agua (rojo, azul y negro)

Un metro de madera

Tubo de turbiedad:

Un tubo de plástico transparente de aproximadamente 1 m de largo (según la transparencia del agua del sitio de estudio) y de 4,5 cm de diámetro (por ejemplo, puede ser el estuche de plástico transparente de un foco de luz fluorescente, que se puede encontrar en ferreterías o almacenes eléctricos)

Una tapa blanca que calce muy bien en el extremo del tubo (estaría bien con un tapa de un tubo de PVC)

Marcador permanente de color negro

Un metro de madera

Preparación

Si no se compra un disco Secchi, entonces será preciso fabricar uno y para hacerlo debe seguir las instrucciones que se encuentran en la sección Diseño y Método de Aprendizaje.

En caso de que se vaya a utilizar un tubo de turbiedad, habrá que hacerlo antes de dirigirse al sitio de estudio.

Prerequisitos

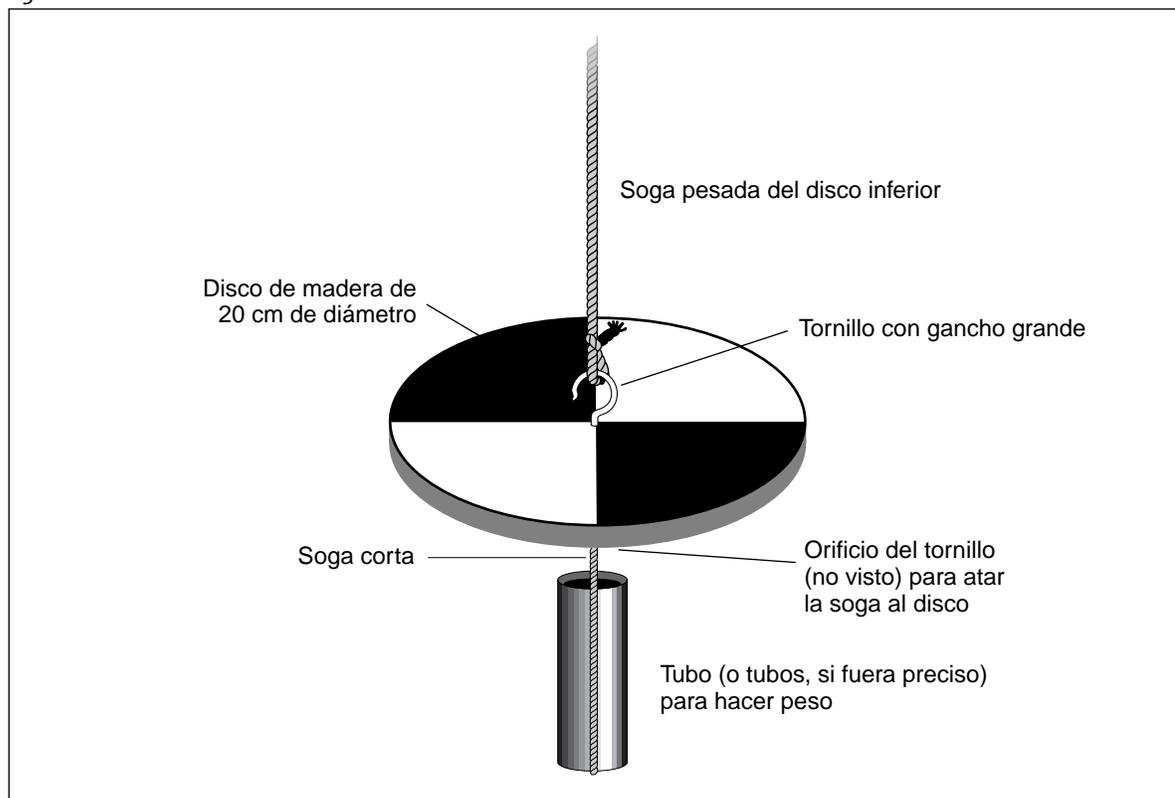
Es necesario fomentar una breve discusión acerca de la forma en que se puede utilizar un disco Secchi o un tubo de turbiedad para determinar la transparencia del agua, antes de que los alumnos procedan a realizar su primera medición.



Para fabricar un disco Secchi:

1. Divida la parte superior del disco de madera en cuatro cuadrantes, dibujándolos apenas con un lápiz (dibuje dos líneas entrecruzadas en un ángulo de 90 grados).
2. Pinte dos cuadrantes opuestos de color negro y los otros dos en blanco.
3. Introduzca uno de los tornillos con gancho en el centro de la parte superior y otro en el centro de la parte inferior. A continuación amarre la soga de 5 m (o más) al gancho de la parte superior del disco.
4. Ate un trozo de soga en el gancho de la parte inferior del disco e introdúzcalo por el tubo. Luego haga un nudo grande en el extremo del tubo para que no se caiga cuando lo cuelgue en sentido vertical por debajo del disco.
5. Sujete la soga atada a la parte superior del disco y utilice el metro de madera para medir la distancia desde el disco. Haga una señal en la soga usando un marcador negro a prueba de agua cada 10 cm. Marque cada 50 cm desde el disco hacia arriba con el marcador azul y cada metro con el de color rojo. Ahora ya puede proceder a realizar la medición.

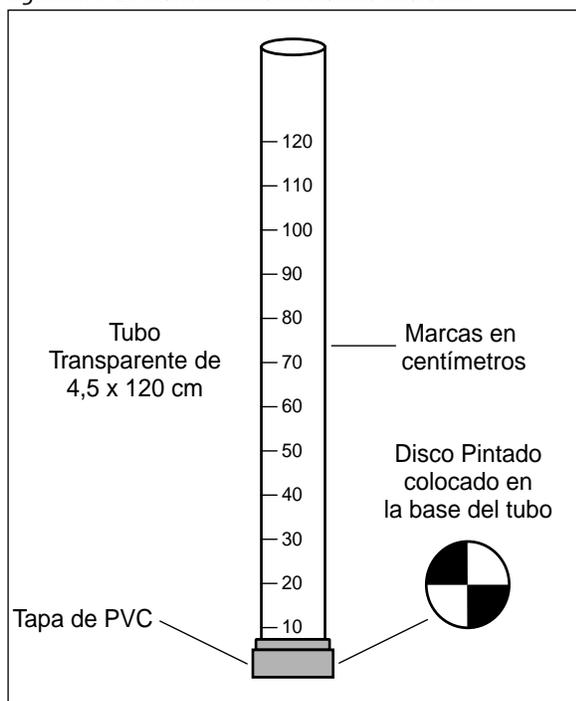
Figura HI-P-1: Fabricación de un disco Secchi



Para fabricar un tubo de turbiedad:

1. Coloque la tapa de PVC sobre uno de los extremos del tubo transparente.
La tapa debe ajustarse perfectamente para que el agua no se escurra.
2. Corte un disco de madera, plástico o cartón que sea del mismo tamaño que el diámetro del tubo.
3. Divida este disco en cuatro partes. Pinte los cuadrantes de manera alternada y de colores blanco y negro. Selle el disco con barniz para protegerlo del agua.
4. Pegue el disco al fondo del tubo, con la cara pintada hacia arriba (hacia la parte abierta del tubo).
5. Utilice un marcador y un metro de madera para fabricar una escala en el lateral del tubo, empezando por la parte superior del disco con 0 cm.

Figura HI-P-2: Fabricación de un Tubo de Turbiedad



Cómo medir la transparencia

Asegúrese de que las mediciones realizadas con el disco Secchi y el tubo de turbiedad se toman en la sombra con las espaldas hacia el sol, para que el resultado sea preciso y apto para ser reproducido. Si no puede encontrar un lugar con sombra, utilice una sombrilla o un trozo grande de cartón para hacer sombra en el punto donde desea realizar la medición. La sombra deberá ser especialmente adecuada para utilizar el tubo de turbiedad.

Algunas personas podrán ver cómo el disco Secchi o la base del tubo de turbiedad desaparecen en distintos niveles de profundidad. Y, por esta razón, siempre que sea posible, se debe encargar la observación de la transparencia a tres estudiantes y se deben enviar los resultados de cada uno al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE.

Disco Secchi:

1. Haga descender el disco suavemente en el agua hasta que desaparezca. Si le es posible, sujete la soga en la superficie del agua y marque este punto en la soga (por ejemplo, puede usar una pinza para ropa). Si no le es posible marcar la soga en la superficie del agua, márquela a una distancia determinada por encima del nivel del agua.
2. Acto seguido, debe elevar el disco Secchi hasta que pueda volver a verlo. Sujete la cuerda en la superficie del agua cuando el disco vuelva a aparecer y marque este punto (o una distancia determinada por encima del nivel del agua). La soga debe ahora ir marcada en dos sitios distintos y sólo debe haber una diferencia de unos cuantos centímetros entre estos dos puntos.
3. Registre ambas profundidades en su Hoja de Trabajo de Datos de Investigación de Hidrología lo más cerca a 1 cm.
4. Si las dos profundidades difieren en más de 10 cm repita la medición, registre las nuevas profundidades en la Hoja de Trabajo de Datos de Investigación de Hidrología.
5. Utilizando el *Protocolo de Cobertura de Nubes* determine la cubierta de las nubes y establezca las distancias entre los puntos



en los que cada observador marcó la soga con respecto a la superficie del agua.

Registre estas dos informaciones en la Hoja de Trabajo de Datos de Investigación de Hidrología. Si la soga fue marcada en la superficie del agua, ingrese el valor 0.



6. Envíe los datos de las profundidades junto con la cobertura de nubes y la distancia existente entre la marca y la superficie del agua al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. **Nota:** ingrese los datos de cada observador y no un promedio.



Nota: Si el Disco Secchi llega al fondo de su sitio de estudio y aún puede verlo, simplemente registre la profundidad que hay hasta el fondo refiriéndose al punto en el que la soga llegó a la superficie del agua y ponga el signo “mayor que” (>) enfrente del valor de la medición, tanto en la hoja de trabajo de datos como en el momento de enviar dicho valor al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE.



Tubo de Turbiedad

1. Vierta el agua de la muestra dentro del tubo hasta que la imagen de la base del tubo deje de ser visible si se la mira en línea recta a través del agua. Gire el tubo mirando la imagen en la parte inferior para determinar si las partes blancas y negras del decal se pueden distinguir.
2. Registre este valor de profundidad en su Hoja de Trabajo de Datos de Investigación de Hidrología lo más cerca a 1 cm.
3. Envíe este valor de profundidad al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE e ingrese los datos correspondientes a cada observador y no un promedio.



Nota: Si le es posible distinguir la imagen en el fondo del tubo, aun después de llenarlo, simplemente registre la profundidad como > que la profundidad del tubo.



Protocolo de la Temperatura del Agua



Propósito

Medir la temperatura de la muestra de agua

Visión General

Es preciso conocer la temperatura de la muestra de agua para las mediciones de pH y oxígeno disuelto, y para los estudios de todos los temas relativos a la hidrología global.

Tiempo

5 minutos una vez que se haya calibrado el termómetro

Nivel

Todos

Frecuencia

Semanal

Calibración cada tres meses

Conceptos Claves

Temperatura, medición de la temperatura
Calor, transmisión del calor, conducción
Exactitud
Precisión

Destrezas

Utilización correcta de un termómetro

Lectura de una escala

Registro de la información

Materiales y Herramientas

Un termómetro lleno de alcohol

Un reloj de pulsera o un despertador

Cuerda suficiente como para sumergir el termómetro en el agua

Una banda de caucho

Hojas de datos

Preparación

Llevar los instrumentos y materiales al Sitio de Estudio de Hidrología.

Prerequisitos

Ninguno

Calibración y Control de Calidad

Esta medición apenas toma unos cuantos minutos y el interés principal es dejar suficiente tiempo como para que el termómetro se equilibre con la temperatura del agua, quizás entre tres y cinco minutos.

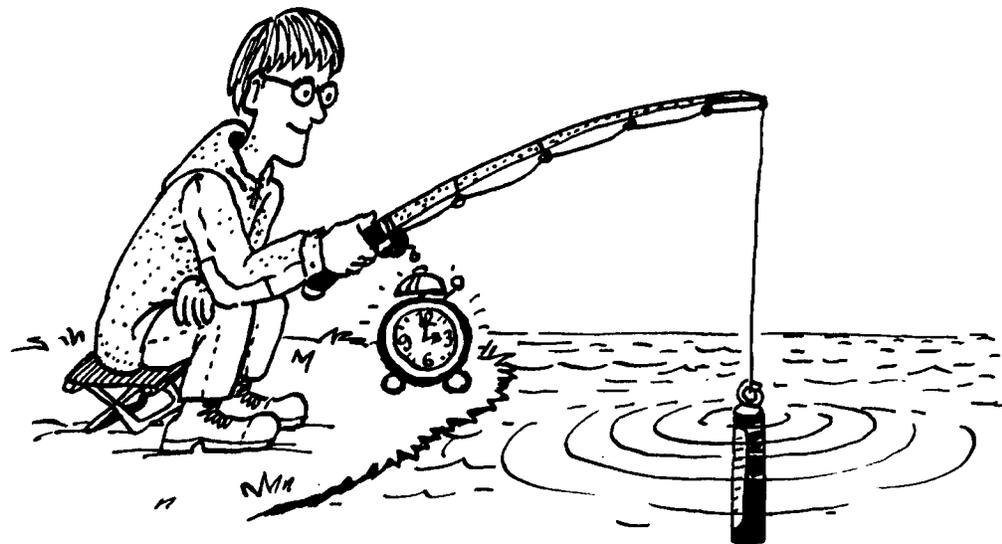
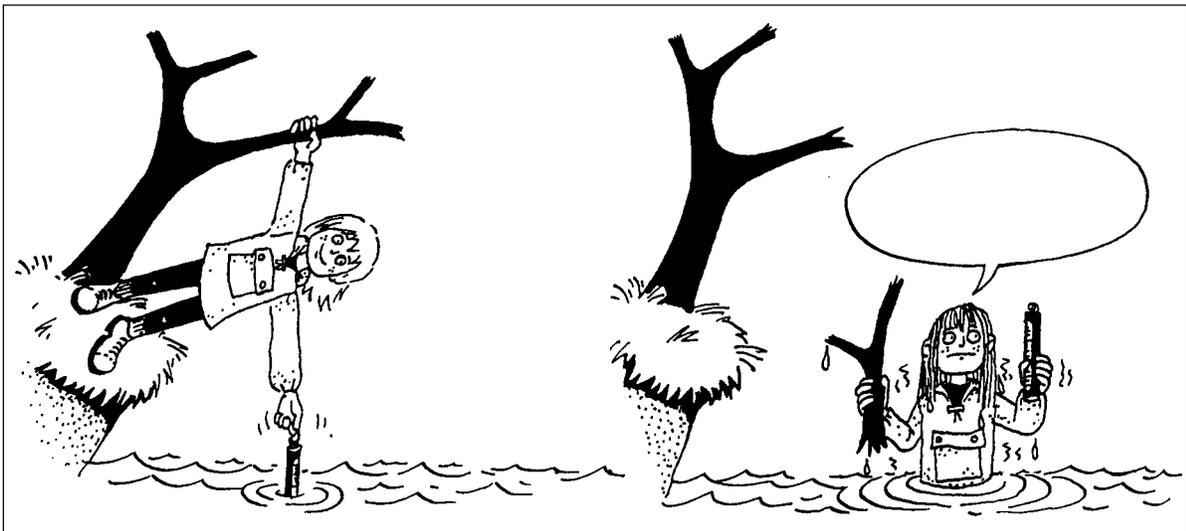
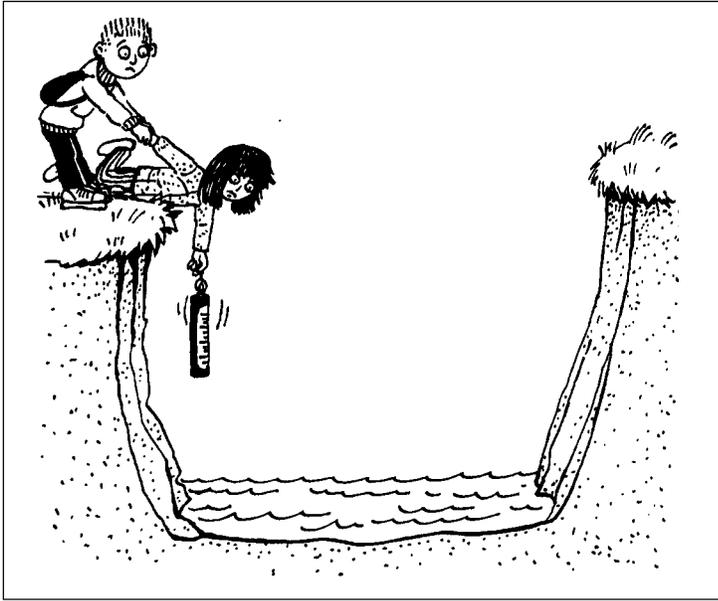
Su termómetro orgánico lleno de líquido debe ser calibrado al menos cada tres meses, así como antes de utilizarlo por primera vez. Para calibrarlo siga las instrucciones del *Protocolo de las Temperaturas Máximas, Mínimas y Actuales de la Investigación de la Atmósfera*.

Cómo Medir la Temperatura del Agua

1. Ate muy bien uno de los extremos de la cuerda a uno del termómetro y el otro extremo a un elástico de caucho. Póngase este elástico alrededor de la muñeca para no perder el termómetro en caso de que éste caiga al agua por accidente.
2. Sujete el extremo del termómetro (el lado opuesto al bulbo) y agítelo varias veces para eliminar cualquier residuo de aire que hubiese quedado atrapado en el líquido del interior. Anote la lectura de la temperatura.
3. Sumerja el termómetro a una profundidad de 10 cm en la muestra del agua, por unos cuantos minutos.



4. Eleve el termómetro únicamente hasta donde sea necesario para poder leer la temperatura. Anótela rápidamente. Si la temperatura del aire difiere considerablemente de la del agua, o es un día ventoso, la lectura del termómetro podría variar con rapidez tras haber sido retirado del agua. Procure tomar la lectura mientras el bulbo del termómetro está aún bajo el agua. Hunda el termómetro durante cuatro minutos más o hasta que se estabilice. Vuelva a hacerlo. Si la temperatura no ha variado, continúe con el paso 5.
5. Registre esta temperatura junto con la hora y fecha en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.
6. Calcule el promedio de las temperaturas medidas para todos los grupos de estudiantes. Si todos los valores medidos están dentro de 1,0 °C como promedio, envíe este valor al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. De lo contrario, repita las mediciones.



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



Protocolo del Oxígeno Disuelto (OD)



Propósito

Medir la cantidad de oxígeno disuelto de la muestra de agua

Visión General

El oxígeno disuelto está estrechamente relacionado con la supervivencia de plantas y animales en todos los cuerpos de agua. Se ve afectado tanto por los procesos naturales como por las actividades humanas.

Tiempo

15 minutos para la calibración

15 minutos en el campo

Nivel

Intermedio y Avanzados

Frecuencia

Semanalmente

Calibración

Conceptos Claves

Oxígeno disuelto

Comparación con un valor estándar

Exactitud, Precisión

Destrezas

Utilización apropiada del juego para realizar las pruebas del oxígeno disuelto

Registro de información

Materiales y Herramientas

Juego para la prueba del Oxígeno Disuelto (Ver Juego de Herramientas)

Nota para su seguridad: Este juego contiene químicos de uso delicado

Agua destilada

Una botella de 250 ml de polietileno con cubierta superior

Termómetro

Hojas de Trabajo de Datos

Guantes de látex/ gafas de protección

Preparación

Practique la preparación y conservación de muestras que consta en este protocolo.

Llevar los instrumentos y materiales al Sitio de Estudio de Hidrología

Prerequisitos

Ninguno



Calibración y Control de Calidad

La calibración debe llevarse a cabo cada seis meses para verificar su técnica y la integridad de sus químicos.

1. Enjuague una botella de 250 ml dos veces con agua destilada. Mida 100 ml de esta agua con un cilindro graduado.
2. Vierta esta agua dentro de la botella de 250 ml. Tápela fuertemente y agítela con fuerza durante 5 minutos.
3. Destape la botella y tome la temperatura del agua. Asegúrese de que la punta del termómetro no toque el fondo ni los lados de la botella. Espere 1 minuto antes de leer la temperatura.
4. Registre la temperatura en la Hoja de

Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.

5. Siga las instrucciones para medir el oxígeno disuelto.

En la hoja de datos, registre el valor como mg/l OD para el estándar de agua destilada. El valor mg/l OD encontrado, utilizando el resultado tras haber agitado la botella de agua, (y, por tanto, saturada de oxígeno) debe estar dentro de 0,4 mg/l del valor esperado para una muestra de agua destilada agitada (y por lo tanto saturada de oxígeno). Para averiguar el valor esperado de una muestra de agua destilada con OD saturado:

1. Revise la temperatura de su estándar en la Tabla HI-P-1.
2. Revise la solubilidad correspondiente de oxígeno (mg/l) y regístrela en la Hoja de



Tabla HI-P-1: Solubilidad del Oxígeno en el Agua Expuesta al Aire a 750 mm Hg de presión

Temp ° C	Solubilidad mg/l	Temp ° C	Solubilidad mg/l	Temp ° C	Solubilidad 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



Trabajo de Datos de Calibración. Ejemplo: una temperatura estándar de 22 °C tiene una solubilidad correspondiente de 8,7 mg/l.

3. Mire el Valor de Calibración de la Tabla HI-P-2 que corresponde a su elevación en metros y regístrelo en su Hoja de Trabajo de Datos de Calibración.

Ejemplo: Una elevación de 1.544 metros tiene un valor de calibración de saturación correspondiente a 0,83.

4. Multiplique la solubilidad del oxígeno encontrado en el paso 2 por la calibración del paso 3. Ejemplo: A una altura de 1.544 metros y a una temperatura de 22 °C, multiplique $(8,74 \text{ mg/l}) \times (0,83) = 7,25$.

5. Este valor (7,25 en el ejemplo) es su valor “esperado” correspondiente al estándar de agua destilada agitada.

6. Compare este valor con el del OD que encontró al medir el estándar del agua destilada agitada. Si este valor no está dentro de los 0,4 mg/l, (juego La Matte) o 1 mg/l (juego Hach), pruebe a realizar la medición nuevamente en el agua destilada. Si aún sigue fuera del margen, pero es menor a 1 mg/l, registre el valor de OD en la hoja de datos sobre el trabajo de calibración.

7. Si al final obtiene una diferencia mayor de 1 mg/l, envíe el valor obtenido y sustituya los químicos del juego para pruebas antes de realizar más mediciones. Vuelva a calibrarlo cuando tenga químicos frescos.

Cómo Medir el Oxígeno Disuelto

Procedimiento para la Toma de Muestras

1. Enjuague el frasco para las muestras y sus manos con el agua de la muestra por tres veces. Enjuague el frasco tres veces con agua destilada.
2. Vuelva a tapar el frasco.
3. Sumerja el frasco en el agua de la muestra y destápelo. Deje que el contenedor se llene.
4. Tape el frasco para dejar salir las burbujas de aire.
5. Mientras el frasco esté hundido, vuélvalo a tapar. Retire el frasco tapado del agua.
6. Revise para asegurarse de que no hay burbujas en el frasco. Si las encuentra, repita todo el procedimiento.

Conservación de la Muestra y Procedimiento para Medirla

1. Utilice un juego de medir el oxígeno disuelto que cumpla con las especificaciones del Juego de Herramientas de la Guía del Maestro del Programa GLOBE. Siga las instrucciones con atención. Si utiliza una cuchara para medir los químicos en polvo, no deje que ésta entre en contacto con el líquido.
2. Registre los valores de los grupos de estudiantes en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.
3. Calcule el promedio de los valores de OD medidos por los grupos de estudiantes. Si los valores están dentro de 1 mg/l del promedio, envíelos al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Si no es así, repita la medición.
4. Vierta todos los líquidos en una botella para desechos.

Los juegos para pruebas de OD incluyen dos partes: conservación de la muestra (estabilización) y prueba de la muestra. La parte de conservación implica la adición a la muestra de un químico que se precipita en presencia de oxígeno disuelto, seguida de la adición otro químico que produce una solución coloreada. La parte para pruebas implica la *adición* de gotas de una solución que se dosifica hasta que el color desaparezca. El valor de OD se calcula a partir del volumen de solución dosificada que se ha añadido.

Tabla HI-P-2: Valores de Calibración de Distintas Presiones y Alturas Atmosféricas

Presión mm Hg	Presión kPa	elevación m	valor de calibración %
768	102.3	-84	1.01
760	101.3	0	1.00
752	100.3	85	0.99
745	99.3	170	0.98
787	98.8	256	0.97
730	97.3	343	0.96
722	96.3	431	0.95
714	95.2	519	0.94
707	94.2	608	0.93
699	93.2	698	0.92
692	92.2	789	0.91
684	91.2	880	0.90
676	90.2	972	0.89
669	89.2	1066	0.88
661	88.2	1160	0.87
654	87.1	1254	0.86
646	86.1	1350	0.85
638	85.1	1447	0.84

Presión mm Hg	Presión kPa	elevación m	valor de calibración %
631	84.1	1544	0.83
623	83.1	1643	0.82
616	82.1	1743	0.81
608	81.1	1843	0.80
600	80.0	1945	0.79
593	79.0	2047	0.78
585	78.0	2151	0.77
578	77.0	2256	0.76
570	76.0	2362	0.75
562	75.0	2469	0.74
555	74.0	2577	0.73
547	73.0	2687	0.72
540	71.9	2797	0.71
532	70.9	2909	0.70
524	69.9	3203	0.69
517	68.9	3137	0.68
509	67.9	3253	0.67
502	66.9	3371	0.66



Protocolo del pH



Propósito

Medir el pH

Visión General

El pH o acidez de una muestra de agua es un factor clave para determinar qué puede vivir en el agua.

Tiempo

5 minutos para la medición, 10-15 minutos de clase y 5 minutos en el campo para la calibración según el Método 2

Frecuencia

Semanalmente, incluyendo la calibración

Conceptos Claves

- pH y sus mediciones
- La temperatura afecta al pH
- Calibración
- Solución tampón del pH y estándares

Destrezas

- Utilización del equipo medidor del pH
- Registro de los datos

Materiales y Herramientas

Para el Método 1:

- Cinta indicadora del pH (principiantes)
- Vasos de precipitación de 50 ó 100 ml

Para el Método 2:

- Lápiz del pH (Intermedios/Avanzados)
- Un destornillador de joyería (para la calibración)
- Tres vasos de precipitación de 50 ó 100 ml
- Un frasco de polietileno de 50 ml con tapa o un jarro de comida de bebé con tapa
- Solución tampón del pH para pH 7
- o:

- Un medidor de pH (Intermedios/Avanzados)
- Cinco vasos de precipitación de 50 ó 100 ml
- Tres frascos de polietileno de 50 ó 100 ml con tapas o un jarro de comida de bebé con tapa
- Tres soluciones amortiguadoras de pH para pH 4, 7 y 10
- Y para las técnicas de lápiz y del metro:
- 100 ml de cilindro graduado
- Toallas de papel
- Servilletas de papel suaves
- Agua destilada en una botella de exprimir
- Una varilla para mezclar
- Cinta adhesiva
- Marcador permanente
- Guantes de látex y gafas de protección

Preparación

Acondicionar el papel o lápiz de pH según las instrucciones del fabricante. Recuerde que debe dejar suficiente tiempo (> de una hora). A menudo los lápices de pH y los tubos de ensayo duran más si se los guarda mojados. Prepare en el aula las soluciones tampón de calibración del pH conocido. Calibre el lápiz y el metro antes de dirigirse al lugar del agua. Traiga consigo los instrumentos y materiales, incluyendo las soluciones amortiguadoras.

Prerequisitos

Ninguno



Antecedentes

Este Protocolo implica averiguar el pH de la muestra de agua de su Sitio de Estudio de Hidrología. Le sugerimos que los estudiantes principiantes utilicen una cinta indicadora del pH; los del nivel intermedio, utilicen una pluma para el pH y los del nivel avanzado, usen un medidor del pH.

Cómo Medir el pH

Método 1: Cinta Indicadora del pH

Nivel Principiante

1. Enjuague un vaso de precipitación de 50 ml ó 100 ml al menos dos veces con agua de la muestra.
2. Llene el vaso de precipitación hasta la mitad con el agua que se va a medir.
3. Moje la cinta del papel indicador en el agua de muestra y déjela sumergida por 20 segundos. Asegúrese que los cuatro segmentos del papel estén inmersos en el agua de muestra.
4. Retire la cinta del agua y compare los resultantes cuatro segmentos de color con la tabla que está en la parte posterior de la caja de la cinta indicadora del pH. Intente averiguar una secuencia en la que los cuatro segmentos correspondan con los de la caja.
5. Si la lectura no está clara, la razón podría ser que la cinta requiera de más tiempo para que la reacción sea completa. El papel indicador toma más tiempo para reaccionar en el agua si la conductividad es menor a 400 microSiemens/cm. Fíjese en el Protocolo sobre Conductividad Eléctrica. Si este fuera el caso, vuelva a sumergir el papel por otros 20 minutos y revise nuevamente. Repita el procedimiento hasta que se quede satisfecho con la exactitud de la lectura. Si al cabo de diez minutos la lectura sigue sin estar clara, vuelva a empezar con una nueva cinta de papel indicadora del pH. Si la prueba falla por segunda vez, aclare este resultado en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.
6. Lea el pH correspondiente y registre este valor en la Hoja de Trabajo de Datos

respectiva. Informe de este valor al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE.

Nota: las lecturas con cinta de pH pueden no ser precisas si la conductividad eléctrica de su muestra de agua está por debajo de los 300 microSiemens/cm (con la cinta de pH no funciona correctamente por debajo de este nivel). Consulte el Protocolo de la Conductividad Eléctrica.

Método 2: Lápiz o Medidor del pH

Niveles Intermedios y Avanzados

Para poder medir el pH de su muestra de agua utilizando el medidor del pH se precisa lo siguiente: 1) preparar soluciones amortiguadoras; 2) calibrar los instrumentos; 3) vuelva a revisar su instrumento midiendo las soluciones amortiguadoras en el campo; 4) medir el pH de su muestra en el campo.

Procedimiento para la Calibración

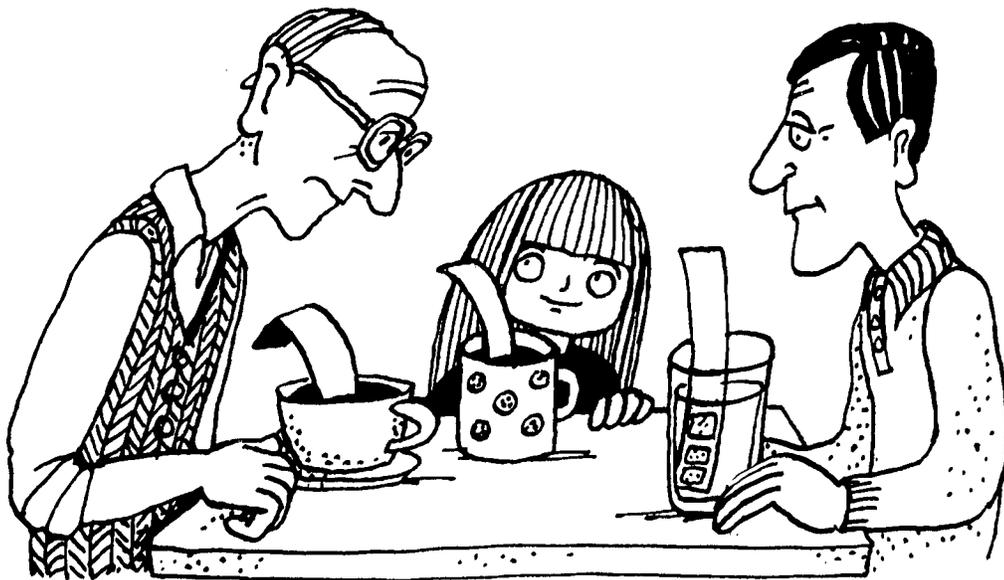
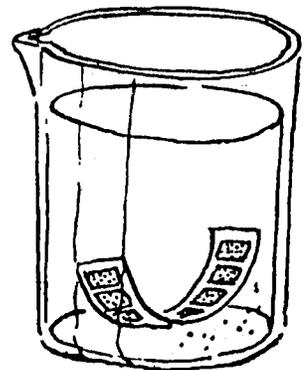
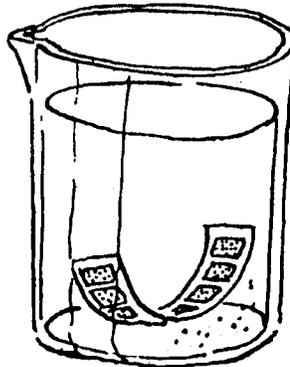
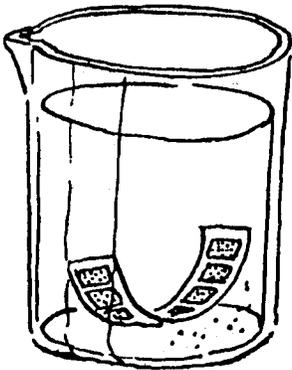
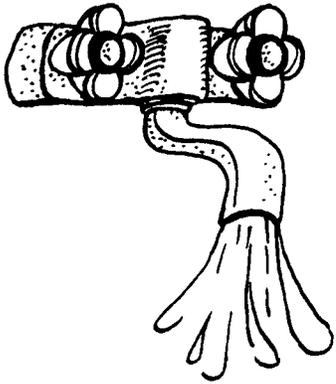
Es preciso proceder a calibrar antes de cada serie de mediciones. Este procedimiento puede realizarse en el aula antes de salir al campo.

Paso 1: Preparar las Soluciones Tampón (Buffers)

Las soluciones amortiguadoras pre-mezcladas se pueden almacenar por un año, siempre y cuando no hayan sido contaminadas. Si está usando sobrecitos en polvo del amortiguador, disuélvalos en agua destilada tal y como se describe a continuación. Si está utilizando soluciones amortiguadoras pre-mezcladas, mida 50 ml en un cilindro graduado y siga con el paso 4.

Para cada Solución Tampón (Buffer) de pH (4, 7 y 10):

1. Escriba el pH de la solución tampón y la fecha en dos trozos de cinta adhesiva. Pegue uno de ellos en un vaso de precipitación limpio de 100 ml y el otro en una botella de 50 ml o en un jarro para bebés muy limpio.
2. Utilizando un cilindro graduado, mida 50 ml de agua destilada y viértala en el vaso de precipitación.
3. Por encima de este vaso, corte totalmente el extremo de uno de los sobrecitos de polvo amortiguador, exprímalo y agítelo para que el polvo caiga en el agua. Asegúrese de verter todo el polvo y mézclelo con una varilla o cuchara



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

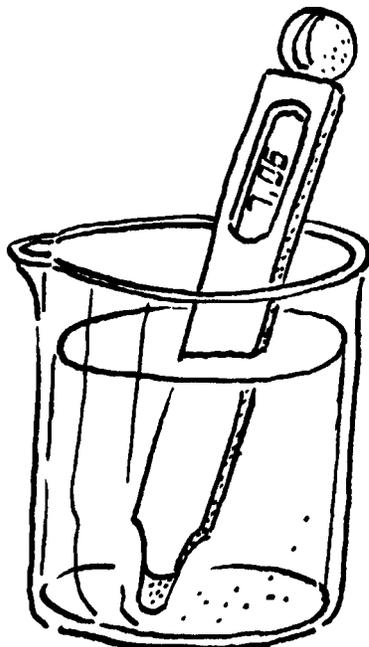
- pequeña hasta disolverlo.
4. Vierta la solución amortiguadora en la botella etiquetada y tápela fuertemente. Deséchela al cabo de un mes.
 5. Continúe preparando los otros amortiguadores, repitiendo los pasos (1 - 4) cada vez.

Paso 2: Calibrar el lápiz o medidor de pH

A. Calibración del lápiz de pH

Nota: Si el lápiz de pH no cuenta con la compensación automática de temperatura, la solución amortiguadora deberá estar a 25 °C.

1. Acondicione el electrodo según las instrucciones del fabricante.
2. Enjuague dos veces el electrodo (probeta de cristal) y el área que lo rodea con agua destilada, utilizando una botella con aspersor, y séquelo cuidadosamente con un pañuelo de papel después de cada enjuague. Enjuáguelo en un vaso de precipitación desechable o en un lavadero, pero no dentro de la solución amortiguadora de pH y cuide de no tocar el electrodo (probeta de cristal) con los dedos.
3. Encienda el lápiz con el interruptor ubicado en la parte superior y luego sumerja el electrodo por completo en la

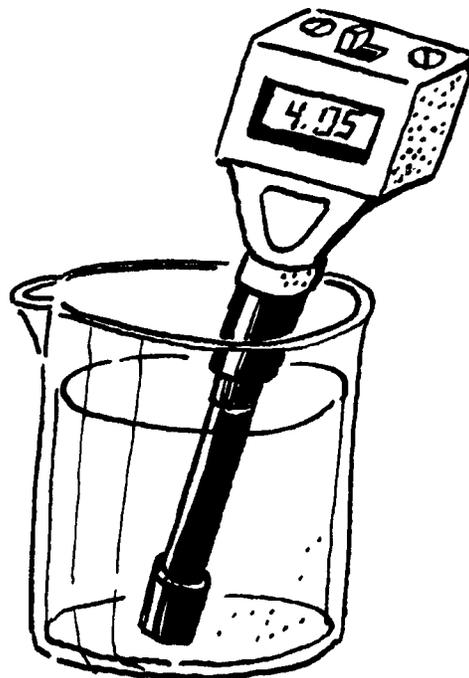


solución amortiguadora de pH de 7,0. Ver figura HI-P-3.

4. Agite suavemente la solución amortiguadora con la probeta y espere a que se estabilice la lectura.
5. Utilice un destornillador de joyería para dar vuelta al pequeño tornillo del agujero de la parte posterior del lápiz hasta que la lectura sea exactamente 7,0.
6. Retire el lápiz medidor de la solución y enjuague el electrodo con agua destilada. Vierta la solución amortiguadora de vuelta a su frasco correspondiente y séllela firmemente.

B. Calibración del medidor del pH

1. Acondicione el electrodo (probeta) según las instrucciones del fabricante.
2. Enjuague dos veces el electrodo (probeta de cristal) y el área que lo rodea con agua destilada, utilizando una botella con aspersor y séquelo cuidadosamente con un pañuelo de papel después de cada enjuague. Enjuáguelo en un vaso de precipitación desechable o en un lavadero, pero no dentro de la solución amortiguadora del pH, y cuide de no tocar el electrodo (probeta de cristal) con los dedos.



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



3. Encienda el medidor (presionando el botón ON/OFF). Presione el botón CAL para indicar que va a proceder a calibrar el instrumento.
4. Sumerja el electrodo en la solución amortiguadora de pH de 7,0 asegurándose de que éste está hundido por completo. No sumerja el instrumento más allá de lo estrictamente necesario. Ver la Figura HI-P-3.
5. Agite suavemente la solución amortiguadora con el electrodo y espere a que el valor de la pantalla se estabilice. Una vez logrado esto, presione el botón HOLD/CON para aceptar el valor y finalizar la calibración. Si el electrodo aún está inmerso en la solución amortiguadora, el valor de la pantalla será el mismo que el pH del amortiguador (es decir, 4, 7 ó 10).

Paso 3: Vuelva a revisar su lápiz o medidor del pH

1. Lleve las soluciones amortiguadoras de pH al campo. Trátelas como si fuesen muestras. Haga una prueba del pH de las soluciones tampón y registre los valores pH amortiguadores de campo en la hoja de datos. Si estos valores son mayores o menores que 0,2 unidades de pH del valor verdadero, repita el procedimiento de calibración.
2. Una vez que haya probado el lápiz o medidor con las soluciones tampón, ya está listo para medir el pH de la muestra de agua.

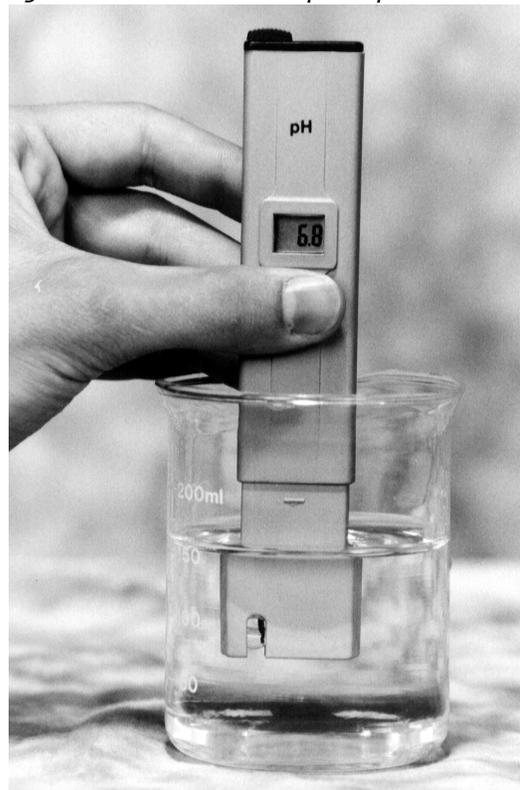
Procedimiento Para la Medición del pH

1. Enjuague el electrodo y las partes que lo rodean con agua destilada utilizando una botella con aspersor. Séquelo con un pañuelo de papel.
2. Llene un vaso de precipitación limpio y seco de 100 ml hasta la marca de 50 ml con el agua que va a probar.
3. Sumerja el electrodo en el agua. Asegúrese de que todo el electrodo está hundido, pero no lo haga más allá de lo estrictamente necesario.
4. Agite una vez y luego deje que el valor de la pantalla se estabilice.
5. Una vez que la cifra se haya estabilizado, lea el valor de pH y regístrelo en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.
6. Repita los pasos del 1 al 5 con otra muestra, a manera de control de calidad. Los dos valores de pH deben coincidir con un margen de 0,2, que es el nivel de precisión de esta técnica.

7. Enjuague la probeta con agua destilada y séquela con un pañuelo de papel. Vuelva a taparla y apague el instrumento.
8. Calcule el promedio de los valores de pH medidos con los grupos de estudiantes. Si los valores registrados están dentro del promedio de 0,2, informe esta cantidad al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Si hay un valor muy distinto al resto, descártelo y calcule el promedio de los otros valores. Si ahora están todos dentro de 0,2 de este nuevo promedio, informe este nuevo valor al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Si existe una gran diferencia entre los resultados, analice el procedimiento y las fuentes potenciales de error, pero no envíe el valor al Servidor de Datos. Repita el protocolo si le es posible, para poder producir una medición que valga la pena informar.

Nota: Las lecturas obtenidas con el lápiz o el medidor del pH, podrían no ser exactas si el agua de la muestra tiene un nivel de conductividad inferior a 100 microSiemens/cm (los lápices y medidores de pH no funcionan correctamente por debajo de este nivel). Remítase al Protocolo de la Conductividad Eléctrica.

Figura HI-P-3: Utilizando el Lápiz del pH



Protocolo de la Conductividad Eléctrica



Propósito

Medir la conductividad del agua en el Sitio de Estudio de Hidrología

Visión General

La Conductividad es una medida de la cantidad total de sólidos disueltos en el agua.

Tiempo

5 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Semanalmente, incluyendo la calibración

Conceptos Claves

Conductividad, los factores que la afectan
Estandarización, Calibración
Exactitud, Precisión

Destrezas

Utilización de un medidor de conductividad
Registro de datos

Materiales y Herramientas

Un probador total para sólidos disueltos (o probador de conductividad)
Solución estándar
Agua destilada/botella a presión
Pañuelos suaves de papel
Tres vasos de precipitación de 50 ó 100 ml
Un destornillador de joyería (para la calibración)

Preparación

Realizar las actividades del procedimiento de *Calibración* que se citan a continuación. Llevar los instrumentos y materiales al Sitio de Estudio de Hidrología.

Prerequisitos

Ninguno

Nota: Esta medición es únicamente para agua dulce. En aguas saladas o salobres se deberá medir la alcalinidad.

Antecedentes

La conductividad se mide en microSiemens/centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Un microSiemen es lo mismo que un microohmio.

La conductividad de una muestra de agua es la medida de su capacidad para conducir corriente eléctrica. Cuanto mayor sea el número de impurezas (total de sólidos disueltos) en el agua, mayor será su conductividad. Al medir la conductividad de una muestra de agua, se puede determinar la cantidad total de sólidos disueltos en ella. Para convertir la conductividad eléctrica (microSiemens/cm) de la muestra de agua a la concentración del total de sólidos disueltos (ppm) en la muestra, es preciso multiplicar la conductividad por un factor ubicado entre 0,54 ó 0,96 para las aguas naturales. El valor de este factor depende del tipo de sólidos disueltos. El valor 0,67

es el más ampliamente aceptado si usted no está determinando el tipo de sólidos disueltos.

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

Calibración

El medidor de conductividad debe ser calibrado antes de cualquier medición. Antes de usarlo, y cada seis meses, es preciso revisar la compensación de la temperatura. Los estándares de calibración deben reemplazarse anualmente.

Calibración

1. La solución estándar debe estar fuertemente tapada y guardada en la nevera. La etiqueta de la botella donde se ha almacenado la solución debe contener la fecha en la que ésta fue elaborada o



comprobada.

2. Destape el probador.
3. Coloque alineados dos vasos limpios y secos de precipitación de 100 ml, y llene cada uno con la cantidad justa de solución estándar como para sumergir el electrodo.
Nota: Otras soluciones estándar disponibles en el mercado son aceptables. Por favor calibre los instrumentos de acuerdo con los requerimientos.
4. Presione el botón ON/OFF para encender el probador.
5. Enjuague el electrodo (la punta inferior del lápiz) con agua destilada de una botella a presión. No lo enjuague por encima de la línea color café. Séquelo con un pañuelo suave de papel.
6. Sumerja el electrodo en el primer vaso de precipitación con solución estándar durante uno o dos segundos. Saque el medidor del primer vaso y mójelo en el segundo vaso con solución estándar, sin enjuagar el electrodo. Ver Figura HI-P-4.
7. Agite suavemente durante unos cuantos segundos, luego deje que se estabilice el valor que va a aparecer en la pantalla.
8. Si en la pantalla no es posible leer el valor estándar, debe volver a ajustar el instrumento para leer esta cifra. Con un pequeño destornillador, ajuste el tornillo de calibración del lápiz hasta que en la pantalla aparezca el valor estándar. Nota: Puede darse el caso de que algunos medidores de conductividad se ajustan de manera distinta.
9. Deseche la solución estándar que se utilizó en los dos vasos de precipitación. No vuelva a verter la solución estándar que se ha usado en este procedimiento, en su frasco original.
10. Enjuague el electrodo con agua destilada y séquelo. Enjuague muy bien los vasos de precipitación.
11. Presione el botón ON/OFF para apagar el probador. Tápeelo.

Revisión de Compensación de la Temperatura

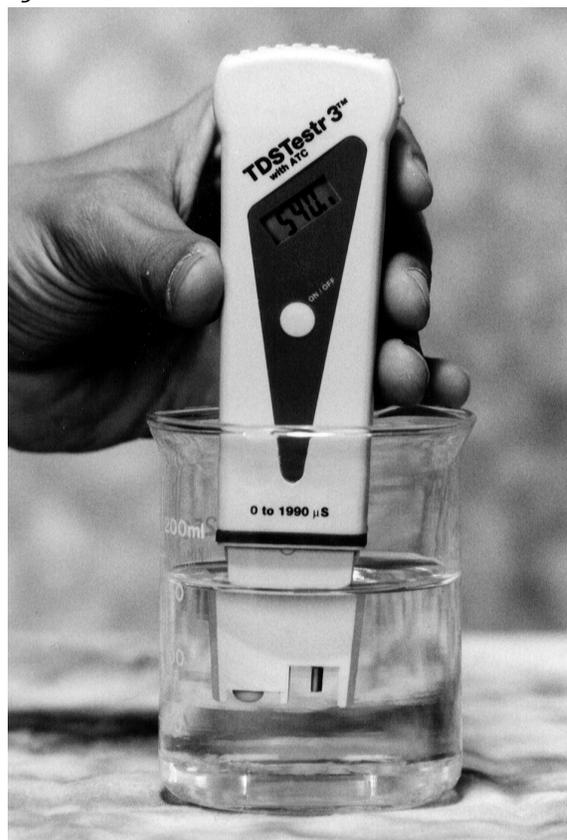
Las mediciones de la conductividad se ven afectadas por la temperatura de la muestra de agua. Un medidor debe estar con la temperatura compensada para que la lectura de la conductividad sea equivalente a una temperatura de 25 °C.

Mida la conductividad de su estándar a 5, 15, 25 y 35 °C. Si la lectura de la conductividad está fuera del rango especificado ($\pm 40 \mu\text{S}/\text{cm}$) para su estándar de 25 °C, entonces contacte al fabricante.

Control de Calidad en el Campo

Tanto si se calibra el probador en el aula como en el campo, la solución estándar debe probarse con el siguiente protocolo, como si se tratara de una muestra de agua. Al ser probada, la lectura resultante para esta solución estándar deberá ser el valor verdadero. Si no lo es, será preciso volver a calibrar el instrumento y volver a realizar la medición de conductividad.

Figura HI-P-4: Utilización del Medidor de Conductividad



Cómo Medir la Conductividad

1. Destape el medidor y presione el botón ON/OFF para encenderlo.
2. Enjuague el electrodo con agua destilada y séquelo.
3. Llene un vaso de precipitación de 100 ml limpio y seco con el agua que se va a probar.
4. Sumerja el electrodo en la muestra de agua. Ver la figura HI-P-4.
5. Agite suavemente la muestra durante unos segundos y luego deje que se estabilice el valor que aparece en la pantalla.
6. Lea el valor que aparece en la pantalla y registre su valor en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.
7. Calcule el promedio de los valores medidos en la conductividad eléctrica por los distintos grupos de alumnos. Si los valores registrados están dentro de los 40 microSiemens del promedio, informe este valor al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Si ha trabajado con más de tres grupos y existe un valor extremadamente distinto, deséchelo y calcule el promedio de los otros valores. Si después de esto todos están dentro de los 40 microSiemens de este nuevo promedio, envíe este último valor al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Si existe una amplia diferencia en los resultados, discuta el procedimiento y las fuentes potenciales de errores con los alumnos, pero no envíe el valor al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Repita el protocolo para tener una medición que sí pueda enviar.



Protocolo de Salinidad



Propósito

Medir la salinidad de la muestra de agua utilizando el método del hidrómetro

Visión General

El contenido de sal (salinidad) de un cuerpo de agua es uno de los factores principales que determinan qué organismos se encontrarán en él. La densidad del agua se relaciona con la cantidad de sal disuelta en ella. Se utiliza el hidrómetro para medir la densidad. La salinidad del agua se establece a partir de la densidad y la temperatura del agua.

Nivel

Todos

Tiempo

La medición en sí dura diez minutos

Frecuencia

Semanalmente

Conceptos Claves

Marea alta y baja
Método de medición de la salinidad a través de la densidad
Gravedad específica
Salinidad en el agua
Estandarización
Exactitud
Precisión

Destrezas

Utilización de un hidrómetro y termómetro
Lectura de tablas de conversión
Diseño de estrategias de medición
Registro de datos
Interpretación de los resultados

Materiales y Herramientas

Un hidrómetro
Una tabla de conversión
Un cilindro graduado de plástico transparente de 500 ml
Un termómetro de alcohol
Sal de mesa (NaCl)
Agua destilada
Una balanza
2 botellas de 1 litro
Cinta adhesiva

Preparación

Complete las actividades de *Calibración* que encontrará a continuación de este recuadro y lleve los materiales e instrumentos al Sitio de Estudio de Hidrología.

Prerequisitos

Una breve discusión acerca de la salinidad y su relación con la densidad

Practique mientras realiza las actividades de calibración

Nota: Esta medición se realizará solamente con aguas saladas y salobres. En cuerpos de agua dulce es mejor medir la conductividad.



Calibración y Control de Calidad

Será preciso probar los valores estándares al menos dos veces al año para verificar la técnica utilizada. Anualmente se deben preparar estándares nuevos.

Estándares de Salinidad

Los estándares de salinidad no vienen junto con el hidrómetro y deben prepararse de la siguiente manera:

1. Añada agua a la sal de mesa para preparar un estándar de salinidad de 35 pm (partes por mil). Utilice este estándar y otro en blanco

para probar la precisión del hidrómetro.

Estándar de 35 pm:

- 1.1 Pese 17,5 g de NaCl (sal mesa) utilizando una balanza analítica
Viértala dentro del cilindro graduado de 500 ml
- 1.2 Llene el cilindro hasta la línea que marca 500 ml con agua destilada
- 1.3 Agite la solución cuidadosamente hasta que la sal se haya disuelto
- 1.4 Vierta la solución en una botella de plástico de 1 litro y póngale una etiqueta con cinta adhesiva (incluya la fecha).



En blanco:

- 1.5 Mida los 500 ml de agua destilada en una botella plástica de un litro y póngale etiqueta con cinta adhesiva.
2. Aplique el protocolo para medir la salinidad de la preparación estándar y de la en blanco. Utilice cualquiera de las dos donde dice “agua de muestra”.
3. Registre los valores medidos para estos estándares con la Hoja de Trabajo de Datos de Calibración.
4. Si la preparación en blanco arroja una lectura de no – cero, enjuague el instrumento de cristal y el cilindro graduado al menos unas tres veces y repita la medición. Si aún obtiene no - cero, tome una nueva fuente de agua destilada.
5. Si el estándar de salinidad está por encima de 2 ppm, prepare uno nuevo y repita la medición.

Épocas de Marea Alta y de Marea Baja

Averigüe las horas de marea alta y baja del punto más cercano de su Sitio de Estudio. Las horas deberán corresponder a las mareas altas o bajas inmediatamente anteriores y sus mediciones se tomarán de acuerdo a estas horas. Registre las horas y el lugar donde ocurren las mareas en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología y luego reporte esta información junto a otros datos al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE.

Cómo Medir la Salinidad

Nota: Antes de utilizar el termómetro en este protocolo, pruebe su precisión siguiendo las instrucciones del *Protocolo de Temperaturas Máximas, Mínimas y Actuales* de la *Investigación de la Atmósfera*.

1. Enjuague el cilindro graduado de plástico transparente de 500 ml al menos dos veces con agua de muestra.
2. Llene el cilindro con el agua de la muestra hasta que el nivel esté a 2 ó 3 cm de la parte superior del cilindro.
3. Establezca la temperatura de su muestra de acuerdo al Protocolo de Temperatura del Agua y registre este valor en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.
4. Coloque el hidrómetro dentro del cilindro y deje que se estabilice. Siga las instrucciones del fabricante que deben venir con el hidrómetro. Este no debe tocar las paredes del cilindro y asegúrese de tomar la medida desde la *base* del menisco. Lea la gravedad específica en la escala del hidrómetro. Una lectura que ocupe tres lugares decimales será razonablemente correcta. Los estudiantes mayores pueden practicar tomando lecturas de hasta cuatro decimales e interpolándolas entre los valores que encontrará en la tabla HI-P-3. Registre este valor en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología. Vea la figura HI-P-5.
5. Utilizando la temperatura y unos valores de gravedad específicos, lea la salinidad de la muestra según la tabla HI-P-3. Para encontrar el valor de la salinidad de su muestra de agua haga lo siguiente:
 - 5.1 Fíjese en la temperatura y la gravedad específica de la muestra según se establece en la tabla HI- P-3.
 - 5.2 Mire la salinidad correspondiente (pm) y regístrela en la Hoja de Trabajo de Datos de Investigación de Hidrología. Por ejemplo, una temperatura de 22 °C de una muestra de agua y una gravedad específica de 1,0070 tienen una salinidad



de 10,6 pm.

6. Repita los pasos del 2 - 5 al menos en dos muestras más. Estas mediciones adicionales pueden realizarlas distintos grupos de alumnos.
7. Calcule el promedio de los valores de la salinidad obtenidos en las distintas muestras. Si los valores registrados están todos dentro de 2 pm del promedio, continúe con el paso 8. Si no es así, entonces los estudiantes deberán repetir la medición utilizando valores nuevos. Si aún hay un valor aislado (aquel que es muy distinto del resto) deséchelo y calcule el promedio de los valores restantes. Si

esta vez están dentro de las 2 pm, continúe con el paso 8. Si aún existe una diferencia pronunciada entre los valores, analice el procedimiento con los estudiantes y repita la medición, si le es posible.

8. Envíe al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE la temperatura, la gravedad específica y la salinidad obtenida por aquellos estudiantes cuya salinidad se acerca más al promedio. Si se usan únicamente dos mediciones para calcular el promedio, informe la temperatura, la gravedad específica y la salinidad de cada grupo.

Figura HI-P-5: Lectura de la Gravedad Específica

Tabla HI-P-3: La Salinidad (partes por mil) como una función de la densidad y la temperatura*

Lectura observada	Temperatura del Agua en un Cilindro Graduado (° C)																	
	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	
0.9980																		
0.9990																		
1.0000																		
1.0010	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	
1.0020	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	
1.0030	3.3	3.2	3.1	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	3.1	3.2	3.3	3.4	3.6	
1.0040	4.5	4.4	4.2	4.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2	4.2	4.4	4.5	4.6	4.8	4.9	
1.0050	5.8	5.7	5.5	5.4	5.4	5.4	5.3	5.3	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.7	5.8	5.9	6.2	
1.0060	7.0	6.8	6.8	6.7	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8	7.0	7.1	7.2	7.5	
1.0070	8.1	8.1	8.0	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	8.0	8.1	8.1	8.3	8.4	8.5	8.8	
1.0080	9.4	9.3	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.3	9.3	9.4	9.6	9.7	9.8	10.0	
1.0090	10.6	10.5	10.5	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.5	10.5	10.6	10.6	10.7	10.9	11.0	11.1	11.3	
1.0100	11.9	11.8	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.8	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.6	
1.0110	13.1	13.0	13.0	12.8	12.8	12.8	12.8	13.0	13.0	13.1	13.1	13.2	13.4	13.5	13.6	13.7	13.9	
1.0120	14.3	14.3	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.3	14.3	14.4	14.5	14.7	14.8	14.9	15.0	15.2	
1.0130	15.6	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.6	15.7	15.8	15.8	16.0	16.2	16.3	16.5	
1.0140	16.7	16.7	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.7	16.7	16.9	17.0	17.0	17.1	17.3	17.5	17.7	17.8	
1.0150	18.0	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	18.0	18.0	18.2	18.3	18.4	18.6	18.8	19.0	19.1	
1.0160	19.2	19.2	19.1	19.1	19.1	19.1	19.2	19.2	19.3	19.3	19.5	19.6	19.7	19.9	20.1	20.3	20.4	
1.0170	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.5	20.5	20.6	20.8	20.9	21.0	21.2	21.3	21.6	21.7	
1.0180	21.7	21.7	21.7	21.6	21.6	21.7	21.7	21.7	21.8	22.0	22.1	22.2	22.3	22.5	22.6	22.9	23.0	
1.0190	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	23.0	23.0	23.1	23.3	23.4	23.5	23.6	23.8	23.9	24.2	24.3	
1.0200	24.2	24.2	24.2	24.0	24.2	24.2	24.2	24.3	24.3	24.4	24.6	24.7	24.8	25.1	25.2	25.5	25.6	
1.0210	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.5	25.5	25.6	25.6	25.7	25.9	26.0	26.1	26.4	26.5	26.8	26.9	
1.0220	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.8	26.8	26.9	27.0	27.2	27.3	27.4	27.7	27.8	28.1	28.2	
1.0230	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.9	27.9	28.1	28.2	28.3	28.5	28.6	28.7	28.9	29.1	29.4	29.5	
1.0240	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1	29.2	29.4	29.5	29.5	29.8	29.9	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	
1.0250	30.3	30.3	30.3	30.3	30.4	30.4	30.6	30.6	30.7	30.8	30.9	31.1	31.3	31.5	31.7	31.9	32.1	
1.0260	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	31.7	31.7	31.9	32.0	32.1	32.2	32.4	32.6	32.8	33.0	33.2	33.4	
1.0270	32.8	32.8	32.8	32.9	32.9	32.9	33.0	33.2	33.3	33.4	33.5	33.7	33.9	34.1	34.3	34.5	34.7	
1.0280	33.9	34.1	34.1	34.1	34.1	34.2	34.3	34.5	34.5	34.7	34.8	35.0	35.1	35.4	35.6	35.8	36.0	
1.0290	35.2	35.2	35.2	35.4	35.4	35.5	35.5	35.6	35.8	35.9	36.2	36.3	36.4	36.7	36.8	37.1	37.3	
1.0300	36.4	36.5	36.5	36.5	36.7	36.7	36.8	36.9	37.1	37.2	37.3	37.6	37.7	38.0	38.1	38.4	38.6	
1.0310	37.7	37.7	37.7	37.8	37.8	38.0	38.1	38.2	38.4	38.5	38.6	38.9	39.0	39.3	39.4	39.7	39.9	

* Adaptado de las instrucciones del hidrómetro LaMotte.

Tabla HI-P-3: La salinidad (partes por mil) como una función de la densidad y la temperatura - continuación

Lectura Observada	Temperatura del Agua en un Cilindro Graduado (° C)																
	15.0	16.0	17.0	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5
0.9980																	
0.9990										0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	
1.0000		0.0	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0
1.0010	1.0	1.2	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.5	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2
1.0020	2.4	2.5	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8	4.0	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8
1.0030	3.7	3.8	4.1	4.2	4.4	4.5	4.6	4.8	4.9	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	5.8	5.9	6.1
1.0040	5.0	5.1	5.4	5.5	5.7	5.8	5.9	6.1	6.2	6.3	6.4	6.6	6.7	7.0	7.1	7.2	7.4
1.0050	6.3	6.6	6.7	7.0	7.1	7.1	7.2	7.4	7.5	7.6	7.7	7.9	8.1	8.3	8.4	8.5	8.7
1.0060	7.6	7.9	8.0	8.3	8.4	8.5	8.7	8.8	8.9	9.1	9.2	9.3	9.4	9.6	9.7	9.8	10.1
1.0070	8.9	9.2	9.3	9.6	9.7	9.8	10.0	10.1	10.2	10.4	10.5	10.6	10.7	10.9	11.0	11.3	11.4
1.0080	10.2	10.5	10.6	10.9	11.0	11.1	11.3	11.4	11.5	11.7	11.8	11.9	12.0	12.2	12.4	12.6	12.7
1.0090	11.5	11.8	11.9	12.2	12.3	12.4	12.6	12.7	12.8	13.0	13.1	13.2	13.4	13.6	13.7	13.9	14.0
1.0100	12.8	13.1	13.2	13.5	13.6	13.7	13.9	14.0	14.1	14.3	14.4	14.5	14.8	14.9	15.0	15.2	15.3
1.0110	14.1	14.4	14.5	14.8	14.9	15.0	15.2	15.3	15.4	15.6	15.7	16.0	16.1	16.2	16.3	16.5	16.7
1.0120	15.4	15.7	15.8	16.1	16.2	16.3	16.5	16.6	16.7	17.0	17.1	17.3	17.4	17.5	17.7	17.9	18.0
1.0130	16.7	17.0	17.1	17.4	17.5	17.7	17.8	17.9	18.0	18.3	18.4	18.6	18.7	18.8	19.1	19.2	19.3
1.0140	18.0	18.3	18.6	18.7	18.8	19.0	19.1	19.3	19.5	19.6	19.7	19.9	20.0	20.1	20.4	20.5	20.6
1.0150	19.3	19.6	19.9	20.0	20.1	20.4	20.5	20.6	20.8	20.9	21.0	21.2	21.3	21.6	21.7	21.8	22.0
1.0160	20.6	20.9	21.2	21.3	21.4	21.7	21.8	22.0	22.1	22.2	22.3	22.5	22.7	22.9	23.0	23.3	23.4
1.0170	22.0	22.2	22.5	22.7	22.9	23.0	23.1	23.3	23.4	23.5	23.6	23.8	24.0	24.2	24.3	24.6	24.7
1.0180	23.3	23.5	23.8	24.0	24.2	24.3	24.4	24.6	24.7	24.8	24.9	25.2	25.3	25.5	25.6	25.9	26.0
1.0190	24.6	24.8	25.1	25.3	25.5	25.6	25.7	25.9	26.0	26.1	26.4	26.5	26.6	26.8	27.0	27.2	27.3
1.0200	25.9	26.1	26.4	26.6	26.8	26.9	27.0	27.2	27.3	27.4	27.7	27.8	27.9	28.2	28.3	28.5	28.6
1.0210	27.2	27.4	27.7	27.9	28.1	28.2	28.3	28.5	28.6	28.9	29.0	29.1	29.2	29.5	29.6	29.8	30.0
1.0220	28.5	28.7	29.0	29.2	29.4	29.5	29.6	29.8	30.0	30.2	30.3	30.4	30.7	30.8	30.9	31.2	31.3
1.0230	29.8	30.0	30.3	30.6	30.7	30.8	30.9	31.2	31.3	31.5	31.6	31.7	32.0	32.1	32.2	32.5	32.6
1.0240	31.1	31.3	31.6	31.9	32.0	32.1	32.2	32.5	32.6	32.8	32.9	33.2	33.3	33.4	33.7	33.8	33.9
1.0250	32.4	32.6	32.9	33.2	33.3	33.4	33.7	33.8	33.9	34.1	34.2	34.5	34.6	34.7	35.0	35.1	35.2
1.0260	33.7	33.9	34.2	34.5	34.6	34.7	35.0	35.1	35.2	35.4	35.6	35.8	35.9	36.0	36.3	36.4	36.7
1.0270	35.0	35.2	35.5	35.8	35.9	36.2	36.3	36.4	36.5	36.7	36.9	37.1	37.2	37.5	37.6	37.8	38.0
1.0280	36.3	36.5	36.8	37.1	37.2	37.5	37.6	37.7	37.8	38.1	38.2	38.4	38.5	38.8	38.9	39.1	39.3
1.0290	37.6	37.8	38.1	38.4	38.6	38.8	38.9	39.0	39.1	39.4	39.5	39.7	39.9	40.1	40.2	40.5	40.6
1.0300	38.9	39.1	39.4	39.7	39.9	40.1	40.2	40.3	40.6	40.7	40.8	41.0	41.2	41.4	41.6	41.8	41.9
1.0310	40.2	40.5	40.7	41.0	41.2	41.4	41.5	41.8	41.9	42.0	42.1	42.3	42.5				

Tabla HI-P-3: La salinidad (partes por mil) como una función de la densidad y la temperatura - continuación

Lectura Observada	Temperatura del Agua en un Cilindro Graduado (° C)																
	25.0	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	29.5	30.0	30.5	31.0	31.5	32.0	32.5	33.0
0.9980			0.1	0.2	0.3	0.6	0.7	0.8	1.1	1.2	1.5	1.6	1.9	2.0	2.3	2.4	
0.9990	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.8	1.9	2.0	2.3	2.4	2.5	2.8	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8
1.0000	2.1	2.4	2.5	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6	3.7	4.0	4.1	4.4	4.5	4.8	4.9	5.1
1.0010	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.5	4.8	4.9	5.1	5.1	5.4	5.5	5.8	5.9	6.2	6.4
1.0020	4.9	5.0	5.1	5.4	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.5	7.6	7.9
1.0030	6.2	6.3	6.6	6.7	6.8	7.1	7.2	7.4	7.6	7.7	8.0	8.1	8.4	8.5	8.8	9.1	9.2
1.0040	7.5	7.7	7.9	8.0	8.3	8.4	8.5	8.8	8.9	9.2	9.3	9.6	9.7	10.0	10.1	10.4	10.5
1.0050	8.9	9.1	9.2	9.3	9.6	9.7	10.0	10.1	10.2	10.5	10.6	10.9	11.0	11.3	11.5	11.7	11.9
1.0060	10.2	10.4	10.5	10.7	10.9	11.0	11.3	11.4	11.7	11.8	12.0	12.2	12.4	12.6	12.8	13.1	13.2
1.0070	11.5	11.7	11.9	12.0	12.2	12.4	12.6	12.8	13.0	13.1	13.4	13.6	13.7	14.0	14.1	14.4	14.7
1.0080	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.7	13.9	14.1	14.3	14.5	14.7	14.9	15.2	15.3	15.6	15.7	16.0
1.0090	14.1	14.4	14.5	14.7	14.9	15.0	15.3	15.4	15.7	15.8	16.1	16.2	16.5	16.6	16.9	17.1	17.3
1.0100	15.6	15.7	15.8	16.1	16.2	16.5	16.6	16.7	17.0	17.1	17.4	17.5	17.8	18.0	18.2	18.4	18.7
1.0110	16.9	17.0	17.3	17.4	17.5	17.8	17.9	18.2	18.3	18.6	18.7	19.0	19.1	19.3	19.6	19.7	20.0
1.0120	18.2	18.3	18.6	18.7	19.0	19.1	19.3	19.5	19.6	19.9	20.1	20.3	20.5	20.6	20.9	21.2	21.3
1.0130	19.5	19.7	19.9	20.0	20.3	20.4	20.6	20.8	21.0	21.2	21.4	21.6	21.8	22.1	22.2	22.5	22.7
1.0140	20.9	21.0	21.2	21.4	21.6	21.8	22.0	22.2	22.3	22.6	22.7	23.0	23.1	23.4	23.6	23.8	24.0
1.0150	22.2	22.3	22.5	22.7	22.9	23.1	23.3	23.5	23.6	23.9	24.0	24.3	24.6	24.7	24.9	25.2	25.3
1.0160	23.5	23.6	23.9	24.0	24.3	24.4	24.7	24.8	25.1	25.2	25.5	25.6	25.9	26.1	26.3	26.5	26.8
1.0170	24.8	25.1	25.2	25.3	25.6	25.7	26.0	26.1	26.4	26.5	26.8	27.0	27.2	27.4	27.7	27.8	28.1
1.0180	26.1	26.4	26.5	26.8	26.9	27.2	27.3	27.6	27.7	27.9	28.1	28.3	28.5	28.7	29.0	29.2	29.4
1.0190	27.6	27.7	27.8	28.1	28.2	28.5	28.6	28.9	29.0	29.2	29.5	29.6	29.9	30.0	30.3	30.6	30.8
1.0200	28.9	29.0	29.2	29.4	29.6	29.8	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	30.9	31.2	31.5	31.6	31.9	32.1
1.0210	30.2	30.3	30.6	30.7	30.9	31.1	31.3	31.5	31.7	32.0	32.1	32.4	32.5	32.8	33.0	33.3	33.4
1.0220	31.5	31.7	31.9	32.0	32.2	32.5	32.6	32.9	33.0	33.3	33.4	33.7	33.9	34.1	34.3	34.6	34.8
1.0230	32.8	33.0	33.2	33.4	33.5	33.8	33.9	34.2	34.5	34.6	34.8	35.0	35.2	35.5	35.6	35.9	36.2
1.0240	34.2	34.3	34.5	34.7	35.0	35.1	35.4	35.5	35.8	35.9	36.2	36.4	36.5	36.8	37.1	37.2	37.5
1.0250	35.5	35.6	35.9	36.0	36.3	36.4	36.7	36.8	37.1	37.2	37.5	37.7	37.8	38.1	38.4	38.6	38.8
1.0260	36.8	36.9	37.2	37.3	37.6	37.7	38.0	38.2	38.4	38.6	38.8	39.0	39.3	39.4	39.7	39.9	40.2
1.0270	38.1	38.4	38.5	38.8	38.9	39.1	39.3	39.5	39.8	39.9	40.2	40.3	40.6	40.8	41.0	41.2	41.5
1.0280	39.4	39.7	39.8	40.1	40.2	40.5	40.7	40.8	41.1	41.2	41.5						
1.0290	40.8	41.0	41.2	41.4	41.6	41.8											



Protocolo Opcional de Titulación de Salinidad



Propósito

Medir la salinidad de la muestra de agua utilizando un método más preciso de titulación de la salinidad

Visión General

Los constituyentes más disueltos (sales) en el agua del mar se encuentran en proporciones relativamente constantes. Al medir la concentración de cualquiera de ellos en muestras de agua de mar, en este caso cloro (clorinidad), la salinidad de la muestra de agua puede ser inferida.

Nivel

Intermedio, Avanzado

Tiempo

Entre 10 y 15 minutos

Frecuencia

Semanalmente

La calibración cada seis meses

Conceptos Claves

El método para medir la salinidad utilizando la concentración de un constituyente químico del agua de mar

La constancia de la composición del agua del mar

Estandarización

Exactitud

Salinidad del agua

Mareas altas y bajas

Precisión

Destrezas

Utilización del procedimiento de prueba con titulación de salinidad

Diseño de estrategias de medición

Registro de datos

Interpretación de resultados

Materiales y Herramientas

Un Juego para Pruebas de Titulación de la Salinidad (ver Caja de Herramientas)

Hojas de Trabajo de Datos

Guantes de caucho

Una botella de plástico de un litro

Sal de mesa

Agua destilada

Cinta adhesiva

Un cilindro graduado de plástico transparente de 500 ml

Una balanza

Preparación

Realice las actividades de *Calibración* que se describen a continuación

Prerequisitos

Una breve discusión acerca de la relación de la salinidad con el nivel de presencia de cloro y cómo se utiliza la titulación para medirlas

Practicar realizando la calibración

Nota: Esta medición solamente se debe realizar en cuerpos de agua salada o salobre. En las aguas dulces se debe medir la conductividad.



Nota: Si desea obtener información sobre antecedentes y consideraciones especiales de Sitios de Estudio de Hidrología de agua salada y salobre, favor remitirse a las secciones correspondientes del *Protocolo de Salinidad*.

Calibración y Control de Calidad

La calibración se debe realizar al menos cada seis meses para poder verificar la técnica y la integridad de los químicos. Nuevos valores pueden prepararse anualmente.

Valores de Salinidad:

Los valores de salinidad no vienen en el juego de titulación de salinidad, por lo que es preciso prepararlos de la siguiente manera:



1. Añada agua a la sal de mesa para lograr un estándar de titulación de agua de mar de 38,6 ppm de salinidad. Use el estándar para probar la precisión del Juego de Titulación de Salinidad.

1.1 Pese 17,5 g de NaCl (sal de mesa) utilizando una balanza analítica. Viértala en un cilindro graduado de 500 ml.

1.2 Llene el cilindro con agua destilada hasta la línea.

1.3 Agite suavemente la solución para mezclar el estándar.

1.4 Vierta la solución en una botella de plástico de un litro y póngale una etiqueta con cinta adhesiva (incluyendo la fecha).

2. Siga las instrucciones de la sección del Protocolo que habla acerca de cómo medir los estándares. Allí donde dice “agua de muestra” utilice el estándar que usted haya preparado.

3. Registre el valor de los estándares luego de probarlos en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.

4. Si los estándares de salinidad tienen una diferencia de más de 0,4 pm, prepare nuevos estándares y repita la medición.

Nota: La concentración del estándar en la titulación del agua salada se corrige con la composición del agua salada. Por ejemplo, para calcular la salinidad del agua salada desde 17,5 g de NaCl en 500 ml (35 pm NaCl), tome en consideración la composición molecular del NaCl (la proporción de peso molecular de Cl a NaCl es de 0,61): $35 \text{ pm} \times 0,61 = 21,35 \text{ pm}$ de presencia de cloro. La salinidad del estándar es $21,35 \times 1,80655 = 38,6 \text{ pm}$ porque en el agua del mar los iones de cloro constituyen el 55,354 % del total de sales disueltas por peso.

Horas de Marea Alta y de Marea Baja

Averigüe las horas de las mareas baja y alta del lugar más cercano a usted. Los horas deberán corresponder a las mareas alta y baja inmediatamente anteriores, y para realizar las mediciones usted deberá seguir estas horas. Registre en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología las horas y el lugar en el que estos fenómenos ocurren y luego

envíelos junto con otros datos al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE.

Cómo Medir la Salinidad

1. Utilice un juego para pruebas de titulación de salinidad que cumpla con las *Especificaciones de GLOBE acerca de los instrumentos del Juego de Herramientas*.

Estos juegos se basan en una técnica que consiste en añadir un indicador de color a la muestra y luego un ácido de titulación por gotas, hasta que se observe un cambio de color.

2. Siga las instrucciones del fabricante que constan en el juego. Para titular más agua salina que 20 pm, vuelva a llenar el titulador con ácido, cuidando siempre de llevar un registro de la cantidad total de ácido que se ha utilizado.

3. Registre la salinidad en ppm en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.

4. Calcule el promedio de los valores de la salinidad medidos por los grupos de estudiantes. Si los valores registrados están dentro de un margen de 0,4 pm del promedio, envíelos al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Si no están dentro de las 0,4 pm promedio, pida a sus alumnos que vuelvan a titular la muestra y luego registre el promedio de los nuevos valores. Si aún existe un valor aislado (aquel que es muy distinto de los demás) deséchelo y calcule el promedio con los restantes. Si ahora alcanza el 0,4 pm con el nuevo promedio, reporte este valor al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Si aún existe una diferencia pronunciada (más de 0,4 pm) en los resultados, analice nuevamente el procedimiento con sus estudiantes y busque las posibles causas de error, pero no envíe el valor al servidor de datos. Repita este protocolo para obtener una medición apta para ser enviada.

5. Coloque todos los líquidos en botellas de material de desecho.



Protocolo de la Alcalinidad



Propósito

Medir la alcalinidad de la muestra de agua

Visión General

La alcalinidad está estrechamente relacionada con los tipos de vida acuática que sobrevivan en el agua

Tiempo

15 minutos

Nivel

Intermedio y Avanzados

Frecuencia

Semanalmente

Conceptos Claves

Alcalinidad, los factores naturales que la afectan
Método de medición de la alcalinidad
Estandarización
Exactitud, Precisión

Destrezas

Utilización correcta del procedimiento para realizar las pruebas de alcalinidad
Registro de información

Materiales y Herramientas

Juego para la prueba de alcalinidad (Ver *Juego de Herramientas*)
Bicarbonato de Sodio (polvo de hornear)
Una botella de agua destilada
Agua destilada
Un vaso de precipitación de 500 ml
Un cilindro graduado de 100 ml
Un cilindro graduado de 500 ml
Una varilla para mezclar
Hojas de datos
Una botella para muestras
Guantes de látex/ gafas de protección
Una balanza

Preparación

Completar las actividades de *Calibración/Control de Calidad* que se citan a continuación. Llevar los instrumentos y materiales al Sitio de Estudio de Hidrología.

Prerequisitos

Ninguno

Calibración y Control de Calidad

Preparación de los Estándares de Bicarbonato de Sodio

1. Usando la balanza, pese 1,9 g de bicarbonato de sodio y añádalo al cilindro graduado de 500 ml. Asegúrese de transferir todo el bicarbonato de sodio al cilindro.
2. Llene el cilindro graduado de 500 ml hasta la marca de 500 ml de agua destilada.
3. Vierta esta solución en el vaso de precipitación de 500 ml y agítela con la varilla para mezclar para asegurarse de que se ha disuelto todo el bicarbonato de sodio.

4. Vierta 15 ml del vaso de precipitación al cilindro graduado de 100 ml.
5. Primero enjuague el cilindro graduado de 500 ml con agua destilada. Vierta los 15 ml de la solución preparada con bicarbonato de sodio en el cilindro graduado de 500 ml.
6. Llene el cilindro graduado de 500 ml hasta la marca de 500 ml con agua destilada.
7. La solución que queda en su cilindro graduado de 500 ml es su estándar.

La verdadera alcalinidad de este estándar de bicarbonato de sodio es 68 mg/l como CaCO_3 . El valor verdadero del agua destilada es normalmente inferior a 14 mg/l.

Procedimiento para el Control de Calidad

1. Realice el protocolo de alcalinidad que viene a continuación, utilizando el estándar del bicarbonato de sodio en lugar de su muestra de agua.
2. Registre el valor de alcalinidad en mg/l como CaCO_3 en la Hoja de Trabajo de Datos de Calibración.

Si el estándar de bicarbonato de sodio sobresale en un valor por encima del equivalente en mg/l de una gota o un grado del titulador de su juego de alcalinidad, prepare un nuevo estándar asegurándose de que los pesos y dilución sean exactos. Si aún sobrepasa muy por encima del equivalente en mg/l de una gota o un grado del titulador de alcalinidad, posiblemente usted necesite adquirir otros agentes para este juego de instrumentos.

Cómo Medir la Alcalinidad

Si su juego para pruebas de alcalinidad tiene tanto un protocolo de corto alcance, como uno de alcance mayor, utilice el segundo a no ser que la alcalinidad de su muestra de agua sea mayor que un valor aproximado de 125 mg/l como CaCO_3 . Esto le permitirá realizar mediciones más precisas.

1. Utilice un juego de pruebas de alcalinidad que cumpla con *las Especificaciones de los Instrumentos de GLOBE* en el *Juego de Herramientas*. Siga las instrucciones del fabricante. Estos juegos se basan en una técnica que consiste en añadir un indicador de color a la muestra y luego ácido dosificado en gotas hasta observar un cambio de color.
2. Registre la alcalinidad total en mg/l como CaCO_3 en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.
3. Calcule el promedio de los valores medidos de alcalinidad por los distintos grupos de alumnos. Si los valores registrados están dentro del equivalente en mg/l de una gota o un grado del titulador para su juego de pruebas del promedio, informe el valor promedio al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Si ha trabajado con más de tres grupos y existe

un valor extremadamente distinto del resto, deséchelo y calcule el promedio de los otros valores. Si después de esto, todos están dentro del equivalente en mg/l o un grado del titulador de una gota del juego para pruebas de alcalinidad basado en este nuevo promedio, envíe este último valor al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Si existe una amplia diferencia (más del equivalente de una gota o un grado del titulador) en los resultados, discuta el procedimiento y las fuentes potenciales de errores con los alumnos, pero no envíe el valor al Servidor de Datos de GLOBE. Repita el protocolo para producir una medición que sí pueda enviar.



Protocolo de los Nitratos



Propósito

Obtener mediciones del nitrógeno del nitrato (nitrógeno presente en el nitrato) del agua del Sitio de Estudio de Hidrología

Visión General

Medir los niveles de nitrato en el agua es un paso muy importante a la hora de determinar la calidad del agua. El nitrógeno está presente en el agua de muchas maneras, dos de las cuales son nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-). De estas dos, la primera suele ser la más importante. Los nitritos se pueden encontrar en aguas subóxicas. Los nitratos son un nutriente esencial para el crecimiento de las algas y de otras plantas acuáticas, y pueden encontrarse en niveles muy grandes, debido a los aportes que proceden de una variedad de fuentes. Es muy difícil medir el nitrato directamente, así que se lo reduce a nitrito y la concentración de nitritos que resulta de aquí es lo que se mide. Esta medición nos da la concentración combinada de nitrito (si la hubiera), así como las concentraciones de nitratos. Dado que estamos interesados en la medición de nitratos, los antecedentes de niveles de nitritos también deberán medirse. Las mediciones de nitratos se reportarán como nitrógeno del nitrato (mg/l), mientras que las de nitritos serán reportadas como nitrógeno del nitrito (mg/l).

Nivel

Intermedios y Avanzados

Tiempo

Aproximadamente 15 minutos

Frecuencia

Semanalmente

La calibración debe realizarse cada seis meses

Conceptos Claves

Métodos clorimétricos para análisis de agua

Presencia de nitratos en el agua

Destrezas

Realización de un análisis clorimétrico

Diseño de estrategias de medición

Registro de datos

Materiales y Herramientas

Un tubo de precipitación o una probeta de 50 ml

Un Juego de Pruebas de Nitratos (si cuenta con agua salada o salobre asegúrese de utilizar el juego de pruebas adecuado)

Un cilindro graduado de 100 ml

Un cilindro graduado de 500 ml

Botellas o jarras de 3,500 ml

Agua destilada

Preparación

Lea con atención todas las instrucciones del juego de pruebas antes de comenzar. Asegúrese de que este juego tenga todos los materiales que constan en la lista. Revise los niveles adecuados de nitratos que sean aceptables en el agua (10 mg/l de nitrógeno del nitrato para el agua potable).

Prerequisitos

Una discusión breve acerca del por qué de la importancia del nitrato en el agua

Una discusión acerca de la diferencia entre nitrógeno del nitrato y nitrito

Una discusión acerca de la diferencia entre nitrato y nitrito

Practicar la calibración

Calibración y Control de Calidad

Los estándares deben ser revisados cada seis meses para verificar la técnica utilizada así como la integridad de los químicos. Cada vez se deben preparar nuevos estándares frescos a menos que el existente se haya estabilizado. El medir los estándares será de gran ayuda a la hora de clarificar las instrucciones del juego para pruebas, cuyo texto podría no ser tan claro.

Estándares de Nitratos:

Los estándares de nitrato no vienen con los juegos para pruebas y se deben adquirir por separado o prepararlos de la siguiente manera:

- Solución de Nitrato para Almacenar: seque KNO_3 (nitrato de potasio) en un horno durante 24 horas a 105°C . Luego, disuelva 3,6 g de KNO_3 en agua destilada. Diluya hasta 500 ml en el cilindro graduado de 500 ml utilizando agua destilada. Haga un remolino en el agua con cuidado mezclando la solución (no la agite). Guárdela en una jarra o botella de 500 ml y póngale una etiqueta con la cinta adhesiva (incluyendo la fecha). De esta manera tendrá una solución de KNO_3 de 7200 mg/l (o una solución de nitrógeno del nitrato de 1000 mg/l).

Nota: Para calcular el nitrógeno del nitrato ($\text{NO}_3 - \text{N}$) tome en consideración la composición molecular del KNO_3 (la proporción del peso molecular de N a KNO_3 es de 0,138): $7.200 \text{ mg/l } \text{KNO}_3 \times 0,138 \cong 1000 \text{ mg/l}$ de nitrógeno del nitrato ($\text{NO}_3 - \text{N}$).

- Solución Estándar de Nitrato: mida 50 ml de la solución almacenada de nitrato utilizando el cilindro graduado de 100 ml. Viértala en el cilindro graduado de 500 ml y dilúyalo en 500 ml de agua destilada. Haga un remolino en el agua con cuidado para mezclarlo todo. El resultado será un estándar de nitrógeno del nitrato de 100 mg/l. Almacénalo en una jarra o botella de 500 ml y póngale una etiqueta con cinta adhesiva (incluyendo la fecha).
- Prepare una nueva cantidad de solución de nitrato cada vez que deba calibrar y sólo en caso de que la solución

almacenada no se haya conservado. Las soluciones estándares de nitratos deben ser frescas cada vez, sin importar el hecho de que se haya conservado la solución anterior o no. La solución de nitrato almacenada puede conservarse y estabilizarse hasta por 6 meses utilizando cloroformo (CHCl_3) en caso de que tenga acceso seguro a este químico. Para conservar un estándar de nitrato almacenado añada 1 ml de CHCl_3 a 500 ml de solución almacenada.

Procedimiento de Control de Calidad

1. Diluya los 100 mg/l de estándar para hacer un estándar de 2 mg/l. Utilícelo para probar la exactitud del juego de nitratos. Mida aparte 10 ml de los 100 mg/l de solución estándar de nitrato utilizando el cilindro graduado de 100 ml. Vierta esta preparación en el tubo de precipitación o probeta de 500 ml. Mida aparte 490 ml de agua destilada en el cilindro graduado de 500 ml y añádale a los 500 ml de la botella o jarra. Ponga una etiqueta con cinta adhesiva (incluyendo la fecha) y remueva la solución en forma de remolino para mezclar el estándar.
2. Siga las instrucciones de la sección del *Protocolo* para medir el estándar. En la parte donde dice "agua de muestra" será donde deba utilizar el estándar que haya preparado.
3. Registre el valor del estándar después de haberlo probado en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología.
4. Si el estándar de nitrato está por fuera en más de 1 mg/l, prepare nuevas soluciones y repita la medición. Si aún se mantiene por fuera, prepare una nueva solución para almacenar y repita todo el procedimiento.

Cómo Medir el Nitrógeno del Nitrato

1. Utilice un juego de medición de nitrato que cumpla con las *Especificaciones GLOBE para Instrumentos* que constan en el *Juego de Herramientas*. Enjuague los tubos para muestras del juego unas tres



veces con agua de muestra antes de proceder a tomar las mediciones.

2. Nitrógeno del nitrato más nitrógeno del nitrito: Siga las instrucciones para nitratos del fabricante que vienen en el juego. Estos juegos se basan en la técnica de añadir un re – agente que reaccione con el nitrato para formar nitrito. Este, a su vez, reacciona con el segundo re–agente para formar un color. La intensidad de ese color será proporcional a la cantidad de nitrato presente en la muestra. La concentración se calcula al comparar el color de la muestra, después de haberle añadido los re–agentes, con el comparador de colores que viene en el juego. Si se pide que se agite la muestra, asegúrese de hacerlo durante el período de tiempo que se especifique.

Si no obedece a los tiempos especificados en las instrucciones , el resultado será unas mediciones incorrectas.

3. Pida a unos 3 estudiantes del grupo que lean el comparador de colores. Registre la concentración de nitrato de cada grupo de alumnos en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología. (**Nota:** sujete el comparador de cara a una fuente de luz, por ejemplo una ventana, el cielo o una lámpara. No lo haga contra el sol).
4. Calcule el promedio de las tres lecturas. Si los valores registrados están dentro de 1 mg/l del promedio, registre este valor en la Hoja de Trabajo de Datos de la Investigación de Hidrología. Si no están dentro del promedio de 1 mg/l pídale a sus alumnos que vuelvan a leer el comparador de colores, y que luego vuelvan a registrar y a calcular el promedio de los nuevos valores. (**Nota:** no vuelva a leer si han transcurrido más de 5 minutos). Si los valores restantes sí están dentro del margen de 1 mg/l del nuevo promedio, registre este nuevo valor en la Hoja de Trabajo de la Investigación de Hidrología. Si aún tiene un valor que es muy distinto del resto, deséchelo y calcule un nuevo promedio con el resto de

valores. Si el margen obtenido aún es amplio (mayor a 1 mg/l) analice el procedimiento con los estudiantes y busquen las posibles causas de error, pero no envíe el valor al Servidor de Datos. Repita el protocolo para obtener un resultado que pueda enviar.

5. **Nitrógeno del nitrito:** Siga las instrucciones del fabricante acerca de nitritos. Se trata del mismo procedimiento, excepto que no se utiliza el re–agente para reducir el nitrato a nitrito.
6. Repita los pasos 3 y 4 para obtener los valores de nitrito.

Nota: Los resultados de las pruebas se deben reportar como nitrógeno del nitrato en mg/l ($\text{NO}_3 - \text{N}$, las mismas unidades que sus estándares) y no como nitrato en mg/l (NO_3^-).

Para Información General: Para convertir nitrato en mg/l a nitrógeno del nitrato en mg/l divida por 4,4 la proporción de sus pesos moleculares. Por ejemplo: 44 mg/l de NO_3^- equivale a 10 mg/l $\text{NO}_3 - \text{N}$. Para convertir mg/l de nitrito a mg/l de nitrógeno del nitrito divida por 3,3 la proporción de sus pesos moleculares.

Actividades de Aprendizaje



El Paseo del Agua

Los estudiantes se van a familiarizar con su Sitio de Estudio de Hidrología y van a perfilar sus características.

Modele su Propia Cuenca

Los estudiantes combinarán sus propias observaciones locales con un mapa topográfico e imágenes provenientes de satélites para construir un modelo tridimensional de su cuenca de agua.

Detectives del Agua: (K-3) (Pre - Primaria a Tercer Grado)

Los estudiantes investigarán cómo utilizar sus sentidos para la observación y por qué se utilizan instrumentos para recopilar datos.

El Juego del pH

Los estudiantes participarán en un juego para comprender mejor la importancia de los niveles del pH.

Práctica de los Protocolos

En el aula, los estudiantes van a practicar cómo utilizar los instrumentos para los protocolos, explorando el rango de mediciones y fuentes de variación y error.

¡Agua, Agua en Todas Partes! ¿Cómo Compararla?

Los estudiantes empezarán a mirar y a analizar los datos de GLOBE con los científicos de Hidrología.

El Descubrimiento de Macro-Invertebrados

Los estudiantes van a explorar la forma en la que la química del agua afecta la vida en su sitio.

Modele su Balance de Agua

Los estudiantes modelarán los cambios en el agua almacenada en el suelo durante un año.



El Paseo del Agua



Propósito

Familiarizarse con la hidrología de su zona

Visión General

Los estudiantes visitarán el Sitio de Estudio de Hidrología, realizarán un análisis ocular para averiguar información acerca de la utilización del suelo en su ámbito local, así como sobre la calidad del agua, y documentarán sus descubrimientos trazando un mapa y perfilando el cuerpo del agua. Utilizarán esta investigación inicial para plantear preguntas acerca de la utilización del suelo a nivel local y/o sobre temas relacionados con la química del agua, los cuales pueden necesitar un estudio posterior.

Tiempo

Un viaje de campo más un período de clases

Nivel

Todos

Conceptos Claves

El agua superficial existe en varias formas, tales como estanques, lagos, ríos y cubierta de nieve.

Las características del agua están estrechamente relacionadas con las de la tierra que la rodea.

El agua corre de un lugar a otro.

El agua superficial tiene muchas características observables, como por ejemplo color, olor, flujo y forma.

Destrezas

Observación del agua en el sitio de estudio

Descripción del agua en el sitio de estudio

Organización de observaciones

Formulación de preguntas basadas en observaciones en el sitio de estudio

Identificación de las relaciones existentes entre las características del suelo y las del agua

Comunicación de las observaciones e interpretaciones iniciales oralmente, por escrito y en gráficos

Trazado de mapas de hidrología del sitio de estudio

Materiales y Herramientas

Materiales de dibujo e instrumentos para crear ilustraciones y mapas

Los Cuadernos de Ciencias GLOBE y plumas de dibujo

Cámaras de video o para fotografías

Brújula, varas de medición o cordón

Vasos o frascos de plástico transparente para observar la claridad y el color del agua

Preparación

Obtener mapas topográficos e imágenes de satélite de su sitio de estudio.

Prerequisitos

Ninguno

Antecedentes

Su cuerpo de agua es parte de una vertiente de drenaje. Una cuenca de agua delinea la vertiente de drenaje, el área es drenada por un río y sus tributarios. La topografía del área determina la forma de la cuenca. La tierra que la rodea y los usos que a ésta se le dan, tales como ciudades, pueblos, carreteras, agricultura, ganadería, producción de madera, vegetación natural, etc., influyen en la química del agua de la cuenca.

Muchos son los factores que pueden afectar las características del agua en un sistema fluvial, lago o estanque. Entre éstas tenemos: el color, la forma, la temperatura, etc. En el protocolo, se le solicitará a usted recoger información acerca de la calidad del agua medida en función de oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y conductividad eléctrica. Las observaciones de campo aumentan la capacidad de los estudiantes para conceptualizar los lazos existentes entre las características del suelo y del agua. Esta actividad

es una introducción a su sitio de estudio de hidrología y sienta las bases para las actividades de aprendizaje subsiguientes, así como para los protocolos de hidrología.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Pregunte a los estudiantes qué saben acerca de los cuerpos de agua de su localidad. Empiece con preguntas como las siguientes:
 - ¿Han visitado algún lago, río, estanque o arroyo?
 - ¿Cuál es su pasatiempo favorito en estos lugares?
 - ¿Por qué este cuerpo de agua es importante para ustedes?
2. Llévelos al sitio de estudio de hidrología. Recuérdeles las precauciones que deben tomar.

Para el nivel de principiantes:

3. Para los estudiantes más jóvenes, la meta es hacer que caminen, observen y pregunten acerca del agua de su sitio de estudio. Esto incluye tener en cuenta el flujo de los ríos o arroyos, la presencia de estanques, lagos de agua residual de la precipitación, manantiales y humedad del suelo. Anímelos a que presten atención a todas las formas de agua que encuentren en su recorrido por el lugar. Lleve un frasco y recoja una muestra del agua. Pídales que observen el color del agua, lo que ven en ella, si se mueve y a qué velocidad lo hace, qué hay cerca del agua, si pueden escucharla mientras están en silencio, si tiene olor, si es cristalina o turbia, etc.
4. Haga que sus alumnos dibujen y/o tomen notas acerca de la ubicación y extensión del sitio de estudio. Compare la ubicación del agua con otras características presentes en el lugar, tales como árboles, lomas, etc. Pídales que formulen preguntas acerca de la procedencia del agua.

Para los niveles intermedios y avanzados:

3. Disponga que equipos de estudiantes inspeccionen y analicen distintas secciones del sitio. Conformando equipos con un periodista, un topógrafo, un dibujante y



: Estudiantes en la Universidad de Arizona realizando mediciones de pH, conductividad y alcalinidad

un fotógrafo, los alumnos deben empezar a documentar lo que observan acerca de su sección. ¿Cuál es la apariencia, olor y naturaleza del agua? Se deben señalar los límites: zonas urbanas, agrícolas, industriales, residenciales, cubiertas de bosque, pantanos, etc. Los estudiantes deben trazar mapas de los contornos y características generales de sus secciones y registrar la vida silvestre y la vegetación que encuentran dentro y alrededor del agua. ¿Cuál es la inclinación de la tierra adyacente a su sección de agua?

4. De regreso al aula, los estudiantes deben crear una muestra compuesta de todos los mapas. Busque similitudes y diferencias y discuta los patrones que observa. Basándose en sus observaciones, anime a sus alumnos a que piensen acerca de la forma en que el agua llegó a este lugar, cómo fluye a través del sitio de estudio, a dónde se dirige después, cómo influye en su calidad el aire circundante, sobre todo en la época de lluvias o cuando se derrite la nieve, cuando hay inundaciones, etc. ¿Qué preguntas tienen? Escríbalas en un



afiche y péguelo en la pared.

5. Adicionalmente, pida a los estudiantes que discutan lo siguiente:
 - ¿Qué actividades de utilización de la tierra observó y enumeró? ¿Cómo cree que estas actividades pueden alterar las características del agua? ¿La calidad del agua sufrirá por esta influencia?
 - ¿Qué tipo de apariencia del agua se registró con más frecuencia y qué puede indicar ésta acerca de la calidad del agua?
 - ¿Hubo ahí pruebas de utilización humana del agua? ¿Pruebas de que la vida silvestre u otros animales utilizaban el agua?

Investigaciones Posteriores

1. A medida que los alumnos acudan mensualmente al sitio para recopilar información para el protocolo de hidrología, recuerdeles cuáles deben ser sus observaciones al realizar esta actividad y pídeles que apunten los cambios en sus Cuadernos de Ciencias GLOBE.
2. La cantidad y calidad del agua es un tema global. Utilice su información compuesta acerca del Sitio de Estudio de Hidrología y prepare una descripción de las características y rasgos de sus datos sobre hidrología, incluyendo materiales tales como gráficos. Póngase en contacto con otra escuela que haya reportado información y haga los arreglos necesarios para que ellos también plasmen gráficamente sus datos. Intercambie y compare los gráficos de ambas escuelas. Cada una deberá preparar una descripción escrita del Sitio de Estudio de Hidrología de la otra, basándose en las comparaciones. A continuación, intercambie las descripciones escritas y analice hasta qué punto las descripciones extrapoladas se comparan con las originales. Explore aquellas características que se pueden o no deducir a partir de los datos.

Evaluación de los Estudiantes

Pida a sus alumnos que hagan una exhibición visual de lo que saben acerca de su cuerpo de agua, incluyendo la utilización de la tierra que la rodea y los impactos que puedan tener sobre la calidad del agua (tanto negativos como positivos) como para afectar a los peces y animales -incluyendo al ser humano- que dependen del agua. Comparta estas conclusiones con otros alumnos de la escuela y de la comunidad.

Agradecimientos

Adaptado del “*River Walk*”, Ground Truth Teacher Handbook de The Aspen Global Change Institute y de “*Stream Sense*” del Proyecto WET.

Modele su Propia Cuenca



Propósito

Introducir los estudiantes a su cuenca de agua y a la forma en la que ésta funciona

Visión General

Los estudiantes principiantes construirán un modelo tri-dimensional de una cuenca de agua y experimentarán con flujos de agua. Los estudiantes de niveles intermedios y avanzados utilizarán mapas topográficos e imágenes del Landsat para construir un modelo en tres dimensiones de su cuenca de agua y probarán hipótesis acerca del flujo del agua.

Tiempo

Para el nivel principiante: Un período de clases

Para los niveles intermedios y avanzados: dos o tres períodos de clases.

Nivel

Todos

Conceptos Claves

Una cuenca guía toda la precipitación y aguas de arrastre hacia un mismo cauce o cuerpo de agua.

El Sitio de Estudio de Hidrología es parte de la cuenca de agua.

La naturaleza de una cuenca de agua está determinada por las características físicas de la tierra.

Destrezas

Elaboración de un modelo de cuenca de agua

Predicción del flujo del agua

Interpretación de los mapas e imágenes para crear un modelo físico de la cuenca

Materiales y Herramientas

Para niveles de principiantes: Una plancha de madera enchapada de aproximadamente 1 m x 1 m

Piedras de distintos tamaños

Una hoja de plástico

Un aspersor de líquidos para plantas

Para los niveles intermedio y avanzado:

Un mapa topográfico de su Sitio de Estudio de Hidrología y del área circundante

Una imagen Landsat de su Sitio de Estudio GLOBE (proporcionada por GLOBE)

Una plancha de madera enchapada de aproximadamente 1 m x 1 m

Yeso, arcilla o algún material similar

Material resistente al agua o papel plástico para envolturas

Preparación

Recoja los materiales.

Obtenga mapas topográficos (consulte la sección “Cómo Obtener Mapas e Imágenes de Sensores Remotos” de la sección de Juego de herramientas).

Prerequisitos

Para niveles intermedios y avanzados: Comprensión básica de cómo funcionan los mapas y estar familiarizados con mapas topográficos e imágenes Landsat.

Si desea más información de apoyo acerca de los mapas de contorno, consulte Conceptos Básicos sobre Líneas de Contorno del Apéndice de esta investigación.

Antecedentes

La cuenca de agua conduce toda la precipitación y material de arrastre (agua, sedimentos y materiales disueltos) hacia un mismo curso o cuerpo de agua (agua de drenaje). Una línea divisoria (o cuenca) es un cerro situado entre áreas de drenaje. Quizás haya escuchado hablar

acerca de la Línea Divisoria del Continente, es decir la cordillera que divide los Estados Unidos y provoca que todos los sistemas fluviales situados hacia el este de la misma, corran hacia el Océano Atlántico, y aquellos que están en el oeste se dirijan hacia el Océano Pacífico. Estas cuencas gigantes están compuestas de otras menores. Con esta



actividad los estudiantes podrán ubicar los límites de su cuenca local y crear un modelo que les resulte útil a la hora de estudiar los sistemas de agua.



Las actividades humanas, tales como la construcción de presas para retener las aguas, para cambiar el curso del agua de una línea divisoria de una cuenca a otra (trasvase entre cuencas), o para modificar la topografía de la tierra para construir carreteras u otras estructuras, pueden alterar las cuencas. Al aprender acerca de cómo elaborar modelos de una cuenca estamos ayudando de alguna manera a la población a que caiga en cuenta de las verdades acerca del sistema acuático del que dependen: de dónde procede el agua, a dónde se dirige, qué opciones tiene la población para utilizarla y conservarla responsablemente.



Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Para el nivel de principiantes:



1. En la plancha de madera enchapada coloque una serie de piedras (rocas) de distintas formas y tamaños. Cúbralas con plástico y presiónese éste alrededor de las rocas, para darle forma, y asegúrese de que hayan puntos altos y bajos.
2. Pregunte a sus alumnos qué creen que ocurrirá al verter agua sobre los distintos lugares del modelo.
3. A continuación, pídale que utilicen el aspersor de líquidos para plantas para regar agua sobre la superficie del modelo. Continúe haciéndolo hasta que el agua fluya. Observe cómo lo hace y dónde queda retenida.
4. Analice con ellos lo que han observado, prestando especial atención en cómo la forma del modelo afecta el fluir del agua.
5. Pregúnteles lo que sucederá si las rocas cambian de lugar. Pídale que le digan cómo las dispondrían para obtener un flujo de agua más rápido o más lento o para recoger más agua o menos en un punto en especial.
6. Pídale que redistribuyan las rocas para probar sus ideas. Repita esta variación algunas veces.



Para niveles intermedios y avanzados:

1. Pregunte a los estudiantes: ¿Qué es una cuenca? ¿Por qué las cuencas son importantes?
2. Entrégueles mapas topográficos e imágenes Landsat de su área. Ayude a sus estudiantes a que se orienten y que entiendan lo que se muestra tanto en el mapa como en la imagen del satélite. Asístales utilizando las fotografías tomadas por satélites, ya que son un recurso igualmente útil. Pídale que identifiquen su cuenca con un nombre y que encuentren sus linderos. Las líneas de contorno y los cambios de elevación de los mapas topográficos resultan muy útiles a la hora de establecer las cuencas. Al marcar las cimas de las elevaciones y cordilleras, los estudiantes pueden crear un bosquejo útil de su cuenca. Para empezar, pueden seleccionar un punto de fácil identificación, como la desembocadura de un arroyo. Al retroceder, partiendo de dicho punto, deberán marcar otros puntos obvios, como por ejemplo picos y sierras que separan corrientes adyacentes. Pregúnteles: “¿De qué manera fluirá el agua a partir de este punto?” Pídale que dibujen flechas para marcar los patrones de drenaje. La imagen de la cuenca se clarificará a medida que se vayan identificando más puntos.
3. Proporcione a los estudiantes el material necesario para construir un modelo de su cuenca. Yeso, arcilla y/u otros materiales de su elección podrían servir. Pídale que trabajen en grupos pequeños para crear su modelo, al que deberán cubrir con envoltura plástica de uso doméstico.
4. Cuando lo hayan terminado, pídale que rocíen agua sobre el modelo y que tracen la senda que siguen las gotas de agua al atravesar la cuenca hasta dirigirse al cauce.
5. Discuta con ellos la relación existente entre las características físicas de la cuenca y la ubicación de las actividades humanas. Céntrase especialmente en los patrones del

fluido del agua de su cuenca.

Investigaciones Posteriores

1. ¿De qué otra cuenca mayor forma parte su cuenca? Y esa, a su vez, ¿a qué otra mayor pertenece? Continúe planteando esta pregunta hasta llegar a las cuencas cada vez mayor es. ¿Cuál de todas es la mayor?
2. Compare las imágenes obtenidas recientemente por el satélite con aquellas de otras eras históricas ¿Qué cambios han surgido en la cuenca?

Evaluación de los Estudiantes

1. Pida a sus alumnos que escriban una composición acerca de la importancia de las cuencas.
2. Pídale que describan en qué forma cada uno de los protocolos de hidrología se relaciona con la comprensión de las cuencas y su importancia.
3. Pídale que identifiquen varias características físicas naturales, así como otras provocadas por el ser humano, tanto sobre el mapa topográfico como sobre las imágenes del satélite. Ubique sus posiciones correspondientes sobre el modelo de la cuenca.
4. Pídale que describan las maneras en que las características físicas de las cuencas pueden influenciar futuras actividades humanas y permítale expresar acerca de este aspecto.
5. Pídale que describan algunas formas en las que las actividades humanas modifican la forma de la cuenca y, en consecuencia, el sendero por el que fluye el agua.

Agradecimientos

Adaptado de “*Make watershed model (Haga un modelo de Cuenca)*” (Aspen Global Change Institute’s Ground Truth Studies Teacher Handbook), con información adicional de “*Understanding Watersheds (Entendimiento de las Cuenca)*” de Tennessee Valley Authority.



Detectives del Agua



Propósito

Ayudar a los estudiantes a comprender que existen varias sustancias en el agua que pueden encontrar utilizando sus sentidos y que existen otras sustancias que solo pueden identificar con el uso de instrumentos.

Visión General

Los estudiantes intentarán identificar las sustancias del agua utilizando sus cinco sentidos. Luego podrán utilizar los instrumentos de GLOBE para detectar las sustancias del agua.

Tiempo

Un período de clase

Nivel

Principiantes

Conceptos Claves

- Sus cinco sentidos le hablan acerca del mundo
- Sus sentidos detectan varias cosas
- Usted utiliza instrumentos para robustecer sus sentidos

Destrezas

- Exploración de respuestas a preguntas
- Desarrollo de respuestas a preguntas (hipótesis)
- Conducción de un experimento
- Realización de observaciones
- Registro de datos
- Conteo (o suma)

Materiales y Herramientas

Para cada equipo de 4 ó 5 estudiantes:

- 5 jar ras o tazas de plástico transparente
- 5 cucharas de plástico
- Un mar cador para enumerar las tazas
- Elementos para detectar en el agua, los cuales hagan funcionar todos los sentidos, como por ejemplo:
 - Vista: una gota de colorante amarillo para alimentos, jugo de limón, agua carbonatada
 - Tacto*: polvo de hornear
 - Olfato: jugo de limón, vinagre
 - Gusto: sal, azúcar, agua destilada, agua corriente
 - Oído: agua carbonatada
- Hoja de Trabajo
 - * El uso del sabor queda a discreción del profesor

Preparación

Prepare las muestras de agua para el experimento y duplique las Hojas de Trabajo sobre Detectives del Agua.

Prerequisitos

Ninguno



Antecedentes

Con un promedio de arrastre de 30 cm/año, el ciclo hidrológico erosiona constantemente los continentes. Una fracción de este material erosionado es transportado por los ríos hacia los océanos, tanto en forma de sólidos en suspensión (por ejemplo arena, arcillas y sedimentos) como de sustancias disueltas (sales). Estos elementos pueden ser considerados como contaminantes

naturales y pueden variar desde piedra caliza disuelta (carbonato de calcio) hasta minerales disueltos que contienen metales pesados como plomo, cadmio y zinc. Otras sustancias se introducen en el sistema hidrológico a través de las actividades humanas. Los aceites, los desperdicios, los fertilizantes y pesticidas químicos son algunos ejemplos. Está claro que si los materiales son transportados por el agua, todas las formas de vida que habitan en este elemento



estarán sujetas a los efectos de dichas sustancias.

Los científicos han desarrollado pruebas para observar si estas sustancias, ya sean dañinas o beneficiosas, o que aparezcan por procesos naturales o no, se encuentran en el agua. Estas pruebas requieren de la utilización de ciertos instrumentos para medir las sustancias o propiedades que los humanos no pueden percibir sólo con los sentidos.

Preparación

- Dote a cada grupo con una estación de trabajo con tazas de agua y pequeñas cantidades de cada sustancia de “alimento misterioso” mezclada (agua salada, agua carbonatada, etc.). También provea agua de llave (potable) con las tazas de prueba.
- Reparta cucharas para que puedan sumergir en el agua de las tazas para sentir la y saborarla.
- Enumere las tazas con el marcador.
- Copie la Hoja de Trabajo para cada estudiante.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Analice con los estudiantes la forma en la que ellos utilizarían sus sentidos para detectar los elementos presentes en el ambiente. Discuta las ventajas y las limitaciones de cada uno de los sentidos. Las preguntas planteadas a los alumnos podrían hacerlos reflexionar acerca de lo siguiente:

1. ¿Cómo podemos utilizar nuestra vista para detectar el peligro? ¿Cuándo nuestro sentido de la vista no funciona bien? (*cuando algo está fuera de nuestro ángulo de visión o del rango o está en la oscuridad o es invisible...*)
2. ¿Cómo podemos utilizar los oídos para detectar el peligro? ¿Cuándo no funcionan bien nuestros oídos? (*objetos que no producen sonidos, cuando no escuchamos ni prestamos atención...*)
3. ¿Cómo podemos usar nuestro sentido del olfato para detectar el peligro? ¿Cuándo no funciona bien este sentido? (*cuando los objetos son inodoros, si estamos resfriados...*)
4. ¿Cómo podemos utilizar el sentido del

tacto para detectar el peligro? ¿Cuándo no funciona bien este sentido? (*cuando un objeto está alejado o si al tocarlo es peligroso...*)

5. ¿Cómo podemos utilizar el sentido del gusto para detectar el peligro? ¿Cuándo no funciona bien este sentido? (*cuando se trata de un elemento venenoso o sucio...*)
6. Sujete una taza de agua. Pregúnteles, ¿cuál de los sentidos creen ustedes que puede ser el más adecuado para averiguar si el agua es apropiada para beber? Considere las ventajas y las desventajas de utilizar cada uno de los sentidos.
7. ¿Cree que sólo uno de los sentidos servirá para averiguar cuál de las tazas contiene agua de la llave? Intente adivinar (hipótesis) cuál de los sentidos es el que detectará más a menudo alimentos misteriosos en el agua. En la hoja de datos sobre el trabajo de detectives del agua, haga un círculo alrededor de aquello en lo que usted cree de entre las fotos que están en la parte superior del documento.



Realización del Experimento

1. Enseñe a sus alumnos las cajas de “alimentos misteriosos” que han sido colocados en el agua (sal, polvo de hornear, etc.). Dígalos: “estos son algunos alimentos que he mezclado en el agua delante de ustedes. Ahora vamos a utilizar los sentidos para detectar cuál de estos alimentos podemos encontrar en las tazas”.
2. Haga que sus alumnos miren en las tazas.



- Deben marcar con una X en la Hoja de Trabajo junto al número de cualquier taza que no parece contener agua de la llave, y con una W junto a aquellas tazas que sí parecen contener agua de la llave.
- Pida a sus estudiantes que escuchen las tazas de agua. Deben marcar con una X en la Hoja de Trabajo junto al número que corresponda a la taza que no suene como agua de la llave, y con una W junto a aquella que sí suene como agua de la llave.
 - Pídales que huelan cada taza. Deben marcar con una X en la Hoja de Trabajo junto al número de cada taza que no huela como agua de la llave, y con una W junto a aquella que sí huela como agua de llave.
 - Haga que los estudiantes remojen la cuchara con unas cuantas gotas de agua de cada taza para sentirla. Deben poner un X en la Hoja de Trabajo junto a las tazas que no parecen tener agua de la llave y una W en las tazas que sí parecen que tienen este tipo de agua.
 - Pida a los alumnos que mojen la cuchara en cada taza para probarla. Pídales que utilicen una cuchara limpia cada vez. Deben marcar con una X en la hoja de trabajo junto a las tazas que sepan distinto al agua de la llave y con una W en las que sí parecen tener esta clase de agua.
 - A continuación deben contar la cantidad de X correspondiente a cada sentido. ¿Cuál es el que recibió más X? Este es el mejor sentido para detectar lo que había en el agua.
 - Pida a los alumnos que revisen aquellos sentidos que ellos creen son los mejores para explorar elementos en el agua. ¿El gusto? Recuerdeles que por hoy se pudo probar el agua, pero pregúnteles “¿se arriesgaría a probar un agua sin saber lo que hay en ella?”.
 - Pregúnteles qué otras maneras pueden utilizar para descubrir las sustancias presentes en el agua. Póngalos en contacto con la idea del uso de instrumentos para ayudar a los sentidos. Por ejemplo, pueden pensar en el uso de

detector es de humo, microscopios, audífonos, etc.

- Presente a sus estudiantes la cinta de pH como un instrumento para medir el agua y pídale que la utilicen para someter a prueba las tazas. ¿Qué es lo que han podido detectar con esta cinta?

Nota: Una actividad de seguimiento para el pH es el Juego del pH. Los estudiantes pueden explorar los distintos valores del pH de varias sustancias que se encuentran en su ambiente.

Adaptaciones para Estudiantes Mayores:

- Pida a sus alumnos que utilicen pruebas más avanzadas para determinar las diferencias que se encuentran en el agua (alcalinidad, conductividad, salinidad o gravedad específica).
- Desafíe a los alumnos a que inventen sus propias pruebas para detectar diferencias en el agua (por ejemplo, agitar el agua, añadir otros químicos que puedan causar reacción con los elementos del agua).

Evaluación de los Estudiantes

Pídales a los alumnos que:

- Enumeren varias sustancias que encuentren en el agua
- Expliquen por qué a veces se necesita de instrumentos para detectar dichas sustancias.
- Adivinen (propongan hipótesis) cómo distintas sustancias podrían afectar a los organismos que viven ahí.
- Expliquen de qué forma cada sentido es bueno para examinar los distintos tipos de materiales.
- Utilicen la Hoja de Trabajo para registrar su información (datos) y ver cómo esta hoja les puede ayudar a explicar los resultados.

Investigaciones Posteriores

Haga que sus alumnos investiguen si distintas plantas y animales prefieren distintos tipos de agua.

Hoja de Trabajo de los Detectives del Agua

Nombre: _____

Taza	Ver	Oír	Oler	Sentir	Gustar	Prueba del pH
						
1 uno						
2 dos						
3 tres						
4 cuatro						
5 cinco						
TOTAL						

Instrucciones para Llenar esta Hoja

Bajo la columna que corresponde a cada sentido y en la fila de cada taza numerada, marque con una "X" en el casillero que represente al líquido que usted piense que NO es agua. Marque con una "W" el casillero que represente el líquido que usted piense que SI es agua.

Asegúrese de utilizar sólo el sentido que corresponde a cada columna a la hora de tomar una decisión. Cuando haya terminado de probar cada sentido en cada taza, observe las filas para ver cuál es el que más tiene la letra W. Esta debería corresponder a la taza que contiene agua.



El Juego del pH



Propósito

Enseñar a los estudiantes acerca de la acidez y alcalinidad de los líquidos y de otras sustancias existentes cerca de su escuela, de modo que puedan comprender lo que los niveles del pH nos dicen acerca del medio ambiente.

Visión General

El juego del pH involucrará a los alumnos en la medición del pH de varias muestras de agua, muestras de tierra, plantas y otros materiales naturales procedentes de distintos lugares. Luego los estudiantes crearán mezclas de materiales para poder coleccionar distintas mediciones del pH.

Tiempo

Un período de clases para la preparación

Un período de clases para el juego

Nivel

Todos

Conceptos Claves

Mediciones del pH

Destrezas

Realización de mediciones

Realización del análisis

Interpretación de los descubrimientos

Comprensión de las inter relaciones existentes en la naturaleza

Materiales y Herramientas

Para cada equipo (de alrededor de 4 estudiantes) se necesita:

20 cintas medidoras del pH

3 ó 5 tazas pequeñas

Papel y lápiz

Etiquetas o membretes para pegar los resultados en la cartelera

Para toda la clase:

Cartelera para los resultados de todos los equipos (una línea de niveles del pH que vaya del 2 al 9 para cada equipo)

Un papelógrafo con reglas

Tiras adicionales de papel medidor del pH

Preparación

El maestro debe preparar varias mezclas/ soluciones tanto ácidas como alcalinas de materiales naturales y procesados. Esta solución debe marcarse con los ingredientes y una letra, pero no con sus características ácidas o alcalinas. Entre las soluciones ácidas se pueden incluir hierba fermentada, jugo de limón diluido y concentrado, café negro, vinagre, jugo de naranja y refrescos. Las soluciones alcalinas, incluyen agua salada, champú, polvo de hornear, blanqueador de cloro, amoníaco de uso doméstico y limpiador de hornos. Las soluciones de tierra, producidas al mezclar agua con muestras locales de tierra, deben usarse al igual que muestras locales de agua. El maestro también puede elaborar soluciones utilizando materiales que encuentre alrededor de la zona de la escuela, como por ejemplo, restos de aceite de un vehículo, líquido que quede en alguna botella desechada, etc.

Prerequisitos

Ninguno



Antecedentes

El nivel de acidez (pH) influye considerablemente en la vegetación y en la vida silvestre de un medioambiente. El pH puede influirse por distintos factores, entre los cuales los principales son la contribución alcalina de las rocas y tierra, la cantidad de agua que exista en la zona y también las actividades humanas (tráfico, edificaciones,

superficies asfaltadas, etc.). La lluvia ácida también puede llegar a ejercer un fuerte impacto sobre el pH del agua. Es importante llegar a comprender todas estas relaciones. Esta actividad tan sencilla ayudará a sus alumnos a comprender la interdependencia que existe entre la naturaleza y las actividades humanas.



Nota: Recuerde a los alumnos acerca de la diferencia entre hipótesis y resultados. Anímeles a que elaboren sus propias hipótesis y a que vean la manera de probarlas con resultados (prepare bibliografía para ellos, invite a algún experto a la clase, analice mediciones anteriores, etc.).

Las Reglas

1. Explique a los estudiantes que el objetivo del juego consiste en que cada equipo identifique aquellas soluciones que tengan un pH entre 2 y 9.

Los alumnos deben trazar una línea horizontal de la escala del pH que vaya del 0 al 14, el pH 7 como el punto neutral. Cada unidad debe estar a una distancia de 1 cm de la siguiente. Luego han de dibujar un casillero debajo de cada unidad del pH del 2 al 9.

Cada equipo debe encontrar sustancias cuyo pH corresponda al casillero de la escala del pH.

2. El maestro dibuja la siguiente matriz en la pizarra. (Ver Matriz HI-AC-1).
3. Por cada casillero lleno, el grupo gana 1 punto, aun cuando se encuentren en dos muestras con el mismo pH.
4. Los estudiantes deben registrar toda la información acerca de la solución que consta en las etiquetas y sobre el pH que hayan medido.
5. Cuando ya estén listos para enviar una muestra a la cartelera de resultados del juego, deben enseñarle al maestro o tanto las notas como la muestra y juntos medirán el pH con una nueva cinta medidora del pH. Si el resultado coincide con el obtenido por los alumnos, la muestra se aprueba y se añaden puntos al marcador del equipo. A continuación encontrará una tabla como ejemplo de los resultados de distintos equipos. Ver Matriz HI-AC-2.
6. El maestro les da una nueva cinta medidora del pH por cada muestra que se sume a la cartelera de resultados.

Matriz HI-AC-1

	Valor del pH								
Equipos	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Equipo 1									
Equipo 2									
Equipo 3									

Matriz HI-AC-2

	Valor del pH								
Equipos	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Equipo 1	1		1			1	1		4
Equipo 2		1		1				1	3
Equipo 3	1				1		1		3



Variaciones Según la Edad

Principiantes

Para una comprensión básica, utilice sal y azúcar y explique a sus alumnos que lo salado no significa necesariamente que el elemento es ácido, y que el dulce no implica necesariamente alcalinidad. Las bebidas gaseosas son buenos ejemplos de un líquido dulce y muy ácido.



Intermedios

Organice un juego que sea más competitivo. Por ejemplo, el equipo que encuentre o cree la primera muestra con un cierto valor del pH recibe 5 puntos, y a continuación todas las muestras con el mismo valor sólo recibirán 1.



Haga el juego más complicado limitando las fuentes de muestras para que sólo utilicen materiales naturales.

Limite el número de cintas medidoras del pH que le entrega a cada grupo y establezca reglas para comprar nuevos con los puntos que ganen.



Avanzados

Pregunte a sus alumnos qué soluciones se deben añadir juntas para producir una neutral. Hacer que prueben sus hipótesis mediante la adición de algunas de las soluciones etiquetadas y el registro de su pH. Pídales que cuantifiquen la capacidad de neutralización de las distintas soluciones. Relacione esto con la capacidad de amortiguamiento (alcalinidad) de los lugares de hidrología.



Ofrézcales muestras de soluciones procedentes de otros lugares del país (o del mundo) y pídale que caractericen cómo éstas influyen sobre el pH de distinto modo.

Lleve a cabo un análisis similar de las muestras procedentes de distintas capas geológicas o de distintas áreas de la comunidad o lugar de estudio.

Nota: Para los estudiantes mayores le recomendamos que invite a un experto que responda a sus preguntas.



Investigaciones Posteriores

Examine el Sitio de Estudio de Hidrología y observe los materiales que se encuentran en la tierra, las rocas y la vegetación, los cuales podrán influir en el pH del agua.

Intente identificar y cuantificar las influencias que no siempre están presentes en el lugar de estudio, como precipitación y algún fenómeno que ocurra corriente arriba de su lugar de toma de muestras.

Evaluación de los Estudiantes

Al terminar el juego, siéntese con sus estudiantes frente a la cartelera con los resultados e identifique las muestras que han encontrado, dónde las hallaron y el pH de cada una. Anímeles a que expongan sus propias ideas acerca de por qué las distintas muestras tienen distintos valores del pH. Enfátice sobre las diferencias entre las muestras de tierra, rocas, superficies artificiales, lagos, ríos, etc. Mencione las capacidades de neutralización (alcalinidad) de los distintos materiales y las influencias ácidas de algunas rocas. Pregúnteles por qué les fue difícil encontrar muestras con ciertos niveles del pH mientras otras resultaron más fáciles.

Agradecimientos

El juego del pH fue creado y probado por los líderes del equipo de Tereza, la Asociación para la Educación Ambiental, República Checa.

Práctica de los Protocolos



Propósito

Lograr que los estudiantes puedan:

1. Aprender cómo utilizar correctamente cada uno de los instrumentos para hidrología
2. Explorar la gama de mediciones que es posible obtener con cada instrumento
3. Utilizar cada instrumento según las instrucciones del protocolo
4. Comprender la importancia del control de calidad

Visión General

Los estudiantes, divididos en grupos, rotarán entre las estaciones de medición establecidas para cada uno de los protocolos que serán aplicados por la clase. Practicarán utilizando un instrumento, o el juego entero, y los protocolos para esa medición en particular y explorarán las fuentes de variación y error. La actividad termina cuando los estudiantes realicen pruebas de agua procedente de distintas fuentes (su casa, el patio, charcos, arroyuelos, etc.).

Si cuenta con suficientes juegos de instrumentos, puede aprovechar para centrarse en un subconjunto de mediciones durante un período de clase para poder simplificar la discusión. Los subconjuntos que sugerimos son: temperatura, pH y alcalinidad u oxígeno disuelto y conductividad eléctrica.

Tiempo

Entre tres y cuatro períodos de clases

Nivel

Varían según el protocolo

Conceptos Claves

- Garantía de calidad
- Control de calidad
- Confiabilidad
- Precisión
- Protocolo
- Calibración

Destrezas

Seguimiento cuidadoso de las instrucciones

Realización de mediciones

Materiales y Herramientas

Remítase a los *Protocolos de Hidrología* para averiguar acerca de los instrumentos, equipo y juegos necesarios para cada protocolo.

Un balde con agua de la llave
Copias de las Hojas de Actividad del Estudiante de la Investigación de Hidrología

Además usted necesitará los siguientes materiales para algunos protocolos en particular:

Transparencia:

pH: muestras de agua con vinagre, agua destilada, leche, jugo, gaseosa, etc...

Temperatura: hielo

Conductividad: agua destilada, sal

Salinidad: agua destilada, sal, hielo

Nitrato: fertilizantes lawn (permitidos)

Preparación

Pida a sus alumnos que traigan muestras de agua desde sus casas o del patio de la escuela.

Establezca estaciones de medición para cada protocolo. Para cada una de estas estaciones será preciso contar con lo siguiente:

Equipo e instrumentos para realizar las mediciones

Una copia del protocolo, para pegarlo en la estación

Copias de las Hojas de Actividad del Estudiante de la Investigación de Hidrología.

Tome un balde de agua de la llave al comenzar la jornada y déjela reposar hasta empezar la clase. Registre la hora en un trozo de cinta adhesiva pegada al balde.

Llene un frasco para muestra de oxígeno disuelto a la misma hora y guárdelo, según lo indica el protocolo. Registre la hora en la etiqueta del frasco.

Prerequisitos

Ninguno



Antecedentes

Es necesario contar con un plan de garantía de calidad y de control de calidad (GC/CC) para asegurar que los resultados sean lo más exactos y precisos posible. La precisión se refiere a la cercanía de la medición al valor verdadero. Precisión significa la capacidad de obtener resultados consistentes. Los niveles de precisión, exactitud y confiabilidad se garantizan a través de lo siguiente:

- Una calibración, utilización y mantenimiento cuidadosos del equipo para pruebas.
 - Una aplicación de las instrucciones específicas de un protocolo, exactamente como están descritas.
 - Una repetición de las mediciones para garantizar que se encuentran dentro de los límites aceptables.
 - Una minimización de la contaminación de las muestras, los químicos almacenados y del equipo de pruebas.
 - Seguir el rastro de las muestras
- Si sigue todos estos pasos juntos, la información que usted recoja será válida, valiosa y significativa.

Calibración

La calibración es un procedimiento utilizado para revisar la exactitud o precisión del equipo de pruebas. Para garantizar que este equipo funciona adecuadamente, se probará una solución de valor conocido. Los procedimientos de calibración pueden variar de una medición a otra y se detallan en cada uno de los protocolos.

Seguridad



Consulte las Hojas de Datos de Material de Ciencias (HDMC) que vienen junto con los juegos y amortiguadores. Asimismo, consulte las pautas de seguridad del distrito escolar al que usted pertenece.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Divida a los estudiantes en grupos pequeños, de preferencia de tres, los cuales deben turnarse para leer las instrucciones, realizar las mediciones y registrar la información.
2. Los alumnos rotarán por cada estación, aprendiendo, así, a manejar los instrumentos y protocolos.
3. Vuelva a reunir a los alumnos en el aula para cada medición:
 - a. Trace todos los puntos de la

información obtenida para ayudar a que los estudiantes visualicen el concepto de precisión. Cuando una medición sea precisa, los puntos estarán más cerca unos de otros. Discuta el rango de mediciones encontrado y las variaciones entre ellas.

- b. Genere una lluvia de ideas con los alumnos acerca de por qué existen discrepancias. Es la hora de hablar acerca de calibración y sus estándares, confiabilidad, precisión y adherencia a los protocolos. Conecte las explicaciones con razones que expliquen los pasos específicos de los protocolos. Enfatice la importancia de realizar mediciones exactas para poder comparar las distintas muestras.
4. Compare los resultados que hayan obtenido de las muestras procedentes de fuentes distintas. Ayúdeles a encontrar el sentido de dichos resultados colocando los datos sobre el mapa de las fuentes de agua y considerando la historia de cada muestra según su procedencia, sea de agua de pozo, agua de ciudad, piscina, estanque, charco o arroyuelo. Este es también un momento propicio para hacer hincapié en la importancia de realizar mediciones exactas para establecer comparaciones. ¿La diferencia de la medición es real o es un error? También es el momento para analizar por qué no se realizaron las muestras para OD y temperatura y cómo se deben probar.

Adaptaciones

Estudiantes principiantes

Céntrese en una medición a la vez, siguiendo las pautas que acabamos de darle.

Estudiantes avanzados

Pídales que creen sus propios trazos con la información y que los interpreten.

Investigaciones Posteriores

Repita las exploraciones que acabamos de mencionar pero varíe uno de los parámetros, como la temperatura, enfriando un tercio de cada muestra de agua y calentando otro tercio, dejando la última tercera parte a temperatura ambiente. A continuación, compare el efecto de la temperatura del agua con las otras mediciones.

Investigación de Hidrología

Hoja de Actividad del Estudiante

Estación de Transparencia

Antecedentes

La transparencia es la medida de la claridad del agua. La claridad del agua en su sitio de estudio depende de la cantidad de partículas de tierra suspendidas en el agua y de la cantidad de algas y de otras formas de crecimiento en su sitio de estudio. La transparencia puede cambiar estacionalmente conforme a los cambios en las tasas de crecimiento, que son el resultado del drenaje del agua de precipitación y de otras razones. La claridad del agua de su sitio de estudio determina la cantidad de luz que puede penetrar. Debido a que las plantas requieren luz, la transparencia es una medida muy importante para determinar la productividad del agua de su sitio de estudio.

En el campo usted podría medir la transparencia de dos maneras: con un disco Secchi si el agua es profunda y tranquila, o con un tubo de turbidez si su sitio tiene aguas poco profundas y con corriente. Para la estación de práctica de laboratorio utilizaremos el tubo de turbidez.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Pida a los estudiantes que llenen el tubo de turbidez con agua de la llave hasta que la

imagen desaparezca. Registre la profundidad del agua en el tubo en cm.

2. Compare datos de varios estudiantes y pídale que formulen hipótesis acerca de la variabilidad de sus datos.
3. Haga otras pruebas con los tubos, utilizando otras variables como: cantidad de luz en el cuarto, con el tubo a la luz del sol o a la sombra, con o sin gafas, girando el tubo para probar y detectar la imagen en el fondo, dejando reposar el agua durante 15-20 segundos.
4. Una vez que los estudiantes hayan establecido la profundidad usando agua de la llave, vierta el agua en un balde y agréguele unos pocos gramos de sedimento de lodo.
5. Pida a los estudiantes que llenen el tubo con el agua lodosa hasta que la imagen desaparezca. Registre la profundidad del agua en el tubo en cm. Compare las mediciones de varios estudiantes.
6. Ponga unas pocas gotas de colorante verde para comidas en agua de la llave.
7. Haga que cada estudiante llene el tubo de turbidez con el agua coloreada hasta que la imagen desaparezca.

Estudiante	Muestra Sometida a Prueba	cm

Investigación de Hidrología

Hoja de Actividad del Estudiante

Estación de Temperatura

Antecedentes

Al hablar de la temperatura del agua estamos hablando de la temperatura de un cuerpo acuático como un arroyo, río, estanque, lago, pozo o estación de drenaje, tal y como estos aparecen en la naturaleza. La temperatura de estos cuerpos de agua puede variar considerablemente, según la latitud, altitud, hora del día, estación, profundidad, así como otras muchas variables. La temperatura del agua es importante porque desempeña un papel fundamental en cuanto a las interacciones químicas, biológicas y físicas dentro de un mismo cuerpo de agua. Por ejemplo, las temperaturas pueden constituir un indicador del incremento en la producción de plantas, ya que éstas determinan el tipo de plantas y animales acuáticos presentes, dado que todas las especies tienen límites naturales de tolerancia a temperaturas mayores o menores. Por tanto, a través de la temperatura del agua podemos comprender lo que puede estar aconteciendo en un determinado cuerpo acuático, sin necesidad de medir otros cientos de aspectos distintos en relación al mismo.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Siguiendo los pasos del Protocolo de la *Temperatura del Agua*, cada uno de los miembros de un grupo debe turnarse para medir la temperatura de la misma muestra con el mismo termómetro. Asegúrese de que todos saben leer el termómetro. Compare los

resultados. ¿Están dentro de un margen de 0,5 °C cada uno? ¿Por qué sí o por qué no? Si no es así, repita el ejercicio con otra muestra de agua hasta que obtenga lecturas que están dentro de un margen de 0,5 °C entre cada uno de ellos.

2. Pida a cada miembro del equipo que utilice un termómetro distinto y siga los pasos del protocolo de temperatura del agua, que mida la temperatura de una sola muestra de agua y que compare las lecturas. ¿Han logrado obtener lecturas con un margen de 0,5 °C entre ellas? ¿Por qué? ¿Por qué no? Si no es el caso, puede ser que deba calibrar los termómetros.
3. Siguiendo las instrucciones del protocolo de la temperatura del agua, mida las temperaturas del agua caliente y fría de la llave, de agua helada y del agua que ha estado reposando en el balde. Enumere las observaciones que ha hecho y registre las temperaturas obtenidas.
4. Discuta el rango de mediciones que sea posible realizar con cada uno de los termómetros.
¿Será posible tomar temperaturas que vayan por debajo de la marca de congelamiento? ¿Por qué sí o no?
¿Puede tomar la temperatura del agua en estado de ebullición con el termómetro que dispone? ¿Por qué sí o no?

Estudiante	Muestra Sometida a Prueba	Temperatura

Investigación de Hidrología

Hoja de Actividad del Estudiante

Estación de Oxígeno Disuelto

Antecedentes

Todos los seres animados dependen del oxígeno para su supervivencia. En un ambiente acuático, las moléculas del gas oxígeno se disuelven en el agua y esto es lo que llamamos Oxígeno Disuelto OD. En el aire, 20 de cada 100 moléculas son de oxígeno. En el agua, únicamente entre 1 y 5 moléculas de cada millón son de oxígeno. Por esta razón, el oxígeno disuelto se mide en términos de partes por millón (ppm). Las distintas especies de organismos acuáticos requieren distintas cantidades de oxígeno, pero generalmente los organismos acuáticos necesitan de al menos 6 ppm para que su crecimiento y desarrollo sean normales.

La temperatura del agua y la altitud influyen en la cantidad de oxígeno que el agua puede retener; esto es el valor de "equilibrio". En general, el agua más caliente no puede retener tanto oxígeno como la fría. De igual manera, cuanto mayor es la altitud, el agua no puede retener tanto oxígeno como en aguas a menor altitud. Fíjese en estos patrones en las Tablas de Temperatura y Altitud del Protocolo de OD. Por esta razón utilizamos el patrón del agua destilada en el protocolo y corregimos los valores de temperatura y altitud.

La cantidad real de OD en el agua puede ser mayor o menor que la del valor de equilibrio. Las bacterias del agua consumen oxígeno a medida que digieren la materia inerte de otras plantas o animales. Esto puede resultar en una reducción de los niveles de

OD en el agua. Por contraste, las algas de los lagos producen oxígeno durante la fotosíntesis, lo cual puede resultar a veces en un incremento de los niveles de OD en el verano.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Siguiendo los pasos del *Protocolo de Oxígeno Disuelto*, cada uno de los miembros del grupo, por turnos, mide el OD de la misma muestra. Compare las lecturas. ¿Están dentro de un margen de 0,2 mg/l entre una y otra? ¿Por qué sí o no? Si no es así, repita el ejercicio con otra muestra de agua hasta obtener lecturas que estén dentro de este margen.
2. Si las llaves del agua que usted utiliza tiene aireador es, pruebe una muestra de agua tomada recientemente de la llave, una que haya sido recogida al empezar el día y dejado reposar en un balde y la muestra guardada y colectada a la misma hora. Registre la hora en la que se midió el agua del balde. ¿Cuánto tiempo ha pasado desde que se la recogió? Compare las lecturas. Son diferentes, ¿Por qué sí o no? ¿Qué pudo haber causado las diferencias?

Estudiante	Muestra Sometida a Prueba	Hora	OD

Investigación de Hidrología

Hoja de Actividad del Estudiante

Estación del pH

Antecedentes

El pH es un indicador del contenido ácido del agua. La escala del pH va desde 1 (ácido) hasta 14 (alcalina), siendo 7 el valor neutral. La escala es logarítmica, así que un cambio en una unidad de pH significa que la concentración ácida o alcalina será diez veces mayor. Por ejemplo, una variación de 7 a 6 representa una solución 10 veces más ácida; una variación de 7 a 5 significa que es 100 veces más ácida, y así sucesivamente. Mientras más bajo es el pH, más ácida es el agua. El pH de un cuerpo de agua ejerce una enorme influencia en lo que pueda habitar en él, así las formas inmaduras de salamandras, sapos y otros animales acuáticos son especialmente sensibles a niveles bajos del pH.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Siguiendo las instrucciones de la cinta medidora del pH del *Protocolo de pH*, cada miembro del grupo mide por turnos el pH de la misma muestra. Compare sus lecturas. ¿Están dentro de 1,0 unidades unas de otras? ¿Por qué? ¿Por qué no? Si no es así, repita el ejercicio con otra muestra hasta que las lecturas estén dentro del rango mencionado.
2. Sin calibrar el lápiz del pH, pero siguiendo las instrucciones del lápiz del pH, que están en el *Protocolo del pH*, por turnos

mida el pH de distintas muestras y registre los resultados obtenidos.

3. Calibre el lápiz del pH y repita las mediciones una y otra vez siguiendo el protocolo cuidadosamente para evitar contaminar las muestras. De forma alternativa, los estudiantes podrán utilizar un lápiz que haya sido calibrado y otro que no lo haya sido, en caso de contar con suficiente equipo. Registre sus lecturas.
4. Compare la información obtenida utilizando distintos métodos. Analice las posibles razones por las que existen diferencias.
5. Mida el pH de líquidos conocidos como agua destilada, vinagre, agua de la llave, leche, jugo, gaseosas, etc., utilizando tanto la cinta medidora del pH, como lápices calibrados y no calibrados del pH.
6. Enumere las muestras que ha revisado y registre el resultado obtenido utilizando los distintos métodos. ¿Cuál de ellos le dio el resultado más exacto? ¿Y el más confiable?
7. Elabore una escala del pH y trace los valores promedio obtenidos en cada muestra.

Muestra Probada	Cinta Medidora del pH	Lápiz del pH No Calibrado	Lápiz del pH Calibrado

Investigación de Hidrología

Hoja de Actividad del Estudiante

Estación de Conductividad Eléctrica

Antecedentes

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad de una muestra de agua para transmitir la corriente eléctrica. El agua pura es un conductor pobre de la electricidad, pues son las impurezas del agua, como las sales, las que permiten que ésta conduzca la electricidad. Por lo tanto, se utiliza la conductividad frecuentemente para medir la cantidad de sólidos disueltos que existen en el agua, dado que este método resulta más sencillo que evaporar todas las moléculas de agua de una muestra para pesar después los sólidos que quedan.

La conductividad se mide en unas unidades denominadas microSiemen/cm. Las plantas muy sensibles pueden resultar afectadas si son regadas con agua que tenga niveles de conductividad de electricidad mayores de 2.200-2.600 microSiemens. Para el uso doméstico, preferimos que el nivel de conductividad del agua esté por debajo de 1.100 microSiemens. Las industrias y, en concreto, las electrónicas, requieren de agua pura.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Siguiendo las instrucciones del *Protocolo de la Conductividad Eléctrica*, cada miembro de un grupo medirá por turnos la conductividad de la misma muestra de agua de la llave. Compare los resultados. ¿Están con un margen de 40 μ Siemens/cm

- unos de otros? ¿Por qué? ¿Por qué no? Si no es así, repita el ejercicio con otra muestra de agua de la llave hasta que obtenga el resultado esperado.
2. Sin calibrar el lápiz para medir la conductividad eléctrica, pero siguiendo las instrucciones del protocolo, mida por turnos la conductividad del agua destilada, agua de la llave y agua destilada a la que se haya añadido una pizca de sal. Registre estas cantidades.
3. Calibre el lápiz y repita las mediciones siguiendo las indicaciones del protocolo cuidadosamente. Registre las lecturas.
4. Compare los resultados obtenidos utilizando el lápiz no calibrado y el que sí lo fue. ¿Hay alguna diferencia? Analice las posibles razones por las que éstas existen. ¿Es que siempre uno de los lápices es superior al otro? ¿En la misma cantidad?
5. Mida la conductividad de líquidos conocidos como vinagre, agua para beber, leche, jugo, gaseosas, etc. Enumere las muestras revisadas y registre los resultados.
6. ¿Cuál es el rango de las lecturas de la conductividad? Elabore una escala de la conductividad y trace el valor obtenido para cada muestra.

Muestra Medida	Lápiz de la Conductividad Sin Calibrar	Lápiz de la Conductividad Calibrado
Agua Destilada		
Agua de la Llave		
Agua con Sal		

Investigación de Hidrología

Hoja de Actividad del Estudiante

Estación de Salinidad, para Agua Salina o Salobre

Antecedentes

La salinidad es la medición de las sales disueltas en aguas saladas o salobres. Se mide en partes por mil (ppm). La salinidad puede variar con la precipitación, el derretimiento de las nieves o la proximidad de fuentes de agua dulce, como las bocas de los ríos.

El hidrómetro es un instrumento que mide la gravedad específica o densidad de un fluido. Su diseño está basado en un principio reconocido por el matemático griego Arquímedes, que establece que la pérdida de peso de un cuerpo en un líquido es igual al peso del volumen de líquido desalojado. Mientras más denso sea un líquido, por lo tanto, menos se hundirá el bulbo que ha sido pesado, para desplazar su propio peso.

¿Por qué necesita tomar una lectura de temperatura junto con su lectura del hidrómetro? La razón es que el agua se torna más densa conforme se acerca al punto de congelación (y tiene su menor densidad cuando se transforma en hielo). Debido a que nosotros queremos medir el efecto de las sales disueltas sobre la densidad, debemos controlar la variable temperatura.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Llene un cilindro de 500 ml con agua pura, hasta la marca de los 500 ml.
2. Con mucha suavidad, coloque el hidrómetro dentro del cilindro (no riegue el agua).

3. Lea la escala del hidrómetro en la base del menisco. Registre el dato.
4. Saque el hidrómetro y añada 7,5 gramos de sal al cilindro. Mezcle.
5. Use un termómetro para medir la temperatura del agua del cilindro a 10 cm por debajo de la superficie del agua. Registre ese dato.
6. Use el hidrómetro para medir la densidad del fluido que se encuentra en el cilindro. Registre.
7. Establezca la salinidad de su fluido según la tabla y usando la temperatura y las lecturas del hidrómetro. Registre.
8. Añada 10 gramos de sal a su mezcla.
9. Mida la temperatura y salinidad del fluido y registre las.
10. Añada unas pocas piezas de hielo al cilindro.
11. Mida la temperatura y salinidad del fluido y registre las.

Examine los datos que ha registrado. La salinidad del agua pura debería ser cero (0). Conforme usted añadió la sal al agua, la salinidad debería incrementarse. El cambio de la temperatura del agua va a afectar la densidad del agua, pero no debería afectar la salinidad después de que se ha hecho la conversión.

Discuta cualquier variación entre los estudiantes. Repita las mediciones si las variaciones exceden 2 ppm.

Hoja de Trabajo para la Estación de Salinidad

Muestra	Temperatura	Hidrómetro	Salinidad	Estudiante/s
Agua pura				
7,5 gramos de sal				
17,5 gramos de sal				

Investigación de Hidrología

Hoja de Actividad del Estudiante

Estación de Alcalinidad

Antecedentes

La alcalinidad es la medida de la capacidad que tiene un cuerpo de agua para resistir los cambios en el pH cuando se le añaden ácidos. Estas añadiduras a menudo proceden de la nieve o la lluvia, si bien algunas fuentes de la tierra también pueden ser importantes en determinadas zonas. La alcalinidad se genera cuando el agua disuelve rocas como cal y pizarra. La alcalinidad de las aguas naturales protege a los peces y a otros organismos acuáticos de los cambios drásticos en el pH.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Siguiendo los pasos del *Protocolo de Alcalinidad*, cada miembro del grupo mide

por turno la alcalinidad de la misma muestra de agua de la llave. Compare los resultados. ¿Están con un margen de 1 gota o de una unidad del titulador unos de otros? ¿Por qué? ¿Por qué no? Si no es así, repita el ejercicio con otra muestra de agua o una unidad del titulador de la llave de agua hasta que obtenga el resultado esperado.

2. Pruebe las muestras de agua que ha traído al aula procedentes de otras fuentes. Enumere las fuentes de agua y los resultados obtenidos. Compare la alcalinidad de estas muestras. ¿Cuál es el rango de los resultados? ¿Por qué existen variaciones?.

Estudiante	Muestra Sometida a Prueba	Lectura

Investigación de Hidrología

Hoja de Actividad del Estudiante

Estación de Nitratos

Antecedentes

El nitrógeno es uno de los tres principales nutrientes que las plantas necesitan. La mayoría de las plantas no pueden usar el nitrógeno en su forma molecular (N_2). En los ecosistemas acuáticos, las algas azul-verdes son capaces de transformar N_2 a amoníaco (NH_3) y nitrato (NO_3^-), los cuales entonces pueden ser usados por las plantas. Los animales comen esas plantas para obtener el nitrógeno que necesitan para elaborar sus proteínas. Cuando las plantas y los animales mueren, las moléculas de proteína son desintegradas por las bacterias y los hongos para liberar amoníaco. Entonces, otras bacterias oxidan el amoníaco y producen nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-). En condiciones subóxicas, los nitratos pueden ser transformados por otras bacterias en amoníaco (NH_3), comenzando de nuevo el ciclo del nitrógeno.

Típicamente, los niveles de nitrógeno en aguas naturales son bajos (por debajo de 1 ppm de nitratos). El nitrógeno que es liberado por la descomposición de las excreciones de los animales y de las plantas y animales muertos, es rápidamente consumido por las plantas. En los cuerpos de agua con altos niveles de nitrógeno puede ocurrir la eutroficación. Los niveles de nitrógeno pueden elevarse como consecuencia de procesos naturales o de actividades humanas. Los patos y los gansos hacen importantes contribuciones a la cantidad de nitrógeno de los cuerpos de agua en los que se encuentran. Las fuentes humanas de nitrógeno pueden ser las aguas servidas (aguas negras) que son depositadas en los ríos, los fertilizantes que se lavan del suelo y que entran en los riachuelos o se filtran hacia los canales de aguas subterráneas y del

drenaje de corrales o establos.

Los niveles de nitratos se miden en miligramos de nitrato por litro.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Siguiendo los pasos de *Protocolo de Nitratos*, mida el nivel de nitratos en la muestra de agua. Compare las mediciones de varios estudiantes. ¿Se diferencian sus mediciones por menos de 0,2 mg/l? Si esto no ocurre, discuta las posibles razones de este error. Repita las mediciones hasta que obtenga mediciones que no varíen en más de 0,2 mg/l.
2. Repita el protocolo con la misma agua, pero batiendo (agitándola) el agua durante la mitad del tiempo que se establece en el protocolo.
3. Repita el protocolo con la misma agua, pero dejando que la muestra repose durante cinco minutos más que el tiempo que se establece en el protocolo.
4. Mida el nivel de nitratos de varias muestras diferentes de agua: del drenaje de una cancha de golf, de otra poza de agua, de un tanque de almacenamiento, de un río, etc. Haga una lista de las fuentes de agua y registre sus resultados.
5. Añada unos pocos gramos de fertilizante a su muestra. Haga la prueba nuevamente. ¿Cuál es la diferencia?
6. Discuta las posibles fuentes de nitrógeno que podrían afectar a sus muestras de agua.

Muestra sometida a Prueba	Lectura	Estudiante

¡Agua, Agua en Todas Partes!

¿Cómo Compararla?



Propósitos

Observar cómo las características del agua pueden variar según su ubicación y animar a los estudiantes a que observen otros lugares y los comparen con el suyo. Ilustrar a los estudiantes sobre la manera cómo los científicos están empezando a explorar sus datos; y motivarlos a que hagan sus propios análisis de datos.

Visión General

Se pedirá a los estudiantes que examinen sus datos iniciales, aquellos que los científicos ya han identificado en el conjunto de datos de GLOBE. Después de haber leído los comentarios de los científicos acerca de estos datos, los estudiantes deberán buscar información adicional en otras escuelas de GLOBE para explorarla y analizarla.

Tiempo

Un período de clases para la actividad inicial y en la marcha se define para el seguimiento

Nivel

Intermedio y Avanzado

Conceptos Claves

Las características del agua varían (con algunos límites)

Los datos se utilizan para formular preguntas

Los datos se utilizan para responder preguntas

Destrezas

Graficación de datos

Comparación entre el espacio y el tiempo

Análisis de datos sobre tendencias y diferencias

Elaboración de hipótesis

Prueba de hipótesis

Utilización de la base de datos de GLOBE

Materiales y Herramientas

Un lápiz y papel de dibujo o materiales de computación

Una computadora y el Servidor del Estudiante GLOBE

Los Cuadernos de Ciencias GLOBE

Preparación

Recopilar datos de GLOBE

Prerequisitos

Ninguno

Antecedentes

Aunque a veces toma muchos años desarrollar un conjunto de datos para explorar o responder preguntas sobre un lugar, los científicos de GLOBE ya han empezado a examinar el creciente conjunto de datos que GLOBE dispone sobre hidrología, con el objeto de adquirir indicaciones oportunas acerca de tendencias interesantes a fin de monitorear la calidad de los datos. Para ayudar a los estudiantes a que empiecen a examinar sus propios datos y los de otras escuelas, los hidrólogos de GLOBE desean compartir con ustedes las investigaciones preliminares que han realizado. A continuación encontrarán los primeros resultados que se desprenden del análisis de los datos sobre el pH y la temperatura, así como algunas preguntas interesantes planteadas luego de examinar otra información referente al tema de hidrología. Dado que estas investigaciones se realizan sobre la marcha, habrá constante actualización de datos a medida que éstos vayan saliendo. Estas preguntas se enviarán a través del Servidor de Datos del

Estudiante GLOBE en el rincón de los científicos. También podrá encontrar información adicional sobre los análisis regionales en las páginas WEB.

A medida que se disponga de más información en el archivo, los científicos continuarán con sus esfuerzos para buscar tendencias interesantes y formular más preguntas. Los estudiantes pueden apoyar estos esfuerzos monitoreando y analizando los datos con el pasar del tiempo, desde sus propios lugares así como desde otros en todo el planeta, y compartir sus ideas e investigaciones con otros miembros de la red de GLOBE.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

La sección 1 de esta actividad contiene una serie de gráficos que han sido generados de los datos del pH y la temperatura y que proceden de GLOBE. Dichos gráficos se escogieron para ser utilizados para responder a preguntas específicas normalmente planteadas por los estudiantes o para ilustrar acerca de problemas sobre la calidad de los datos que los



científicos observan frecuentemente. Cada uno de los conjuntos de gráficos se puede usar como punto de partida para futuras investigaciones o futuras discusiones sobre el análisis de los datos.

Empiece por enseñar a los alumnos el gráfico de los datos “típicos” sobre el pH y sobre las lecturas de temperaturas. Discuta las tendencias esperadas que se presentan en los conjuntos de datos y motive a que se planteen preguntas o comentarios al respecto.

A continuación, con cada uno de los siguientes conjuntos de gráficos pida a los alumnos que examinen los datos y propongan hipótesis o planteen preguntas acerca de lo que han observado. Registre estas observaciones. Una vez hayan examinado los gráficos y registrado sus observaciones e hipótesis, compare sus conclusiones con las opiniones de los científicos acerca de lo que puede estar sucediendo. Estos registros deben anotarse en los Cuadernos de Ciencias GLOBE de los estudiantes y luego pueden continuar con otras investigaciones para analizar sus datos o los de otros lugares.

En la sección 2, los científicos de GLOBE han empezado la revisión inicial de los nuevos protocolos de GLOBE: oxígeno disuelto, alcalinidad y conductividad. Los estudiantes pueden examinar nuestros gráficos y luego intentar identificar las tendencias y problemas que encuentren en las nuevas mediciones de los datos.

Los gráficos que aparecen a continuación también se pueden encontrar en la WEB, en el Rincón de los

Científicos. Los maestros pueden usar esta información imprimiéndola, haciendo encabezados o pidiendo a los alumnos que trabajen con las computadoras. Así mismo, en la WEB se encuentran a disposición de los usuarios más gráficos e información acerca de otras investigaciones realizadas por los científicos de GLOBE y que se pueden recuperar para su impresión o para visualizarlas en la computadora.

Nota: Las copias de los gráficos incluidos en esta actividad están disponibles en formatos mayores en el *Apéndice*. Dichos gráficos se pueden utilizar para realizar encabezados en las instrucciones o para duplicarlos y distribuirlos entre los estudiantes para su análisis o evaluación.

¿Cuál Sería un Ejemplo de un Típico Conjunto de Datos de GLOBE?

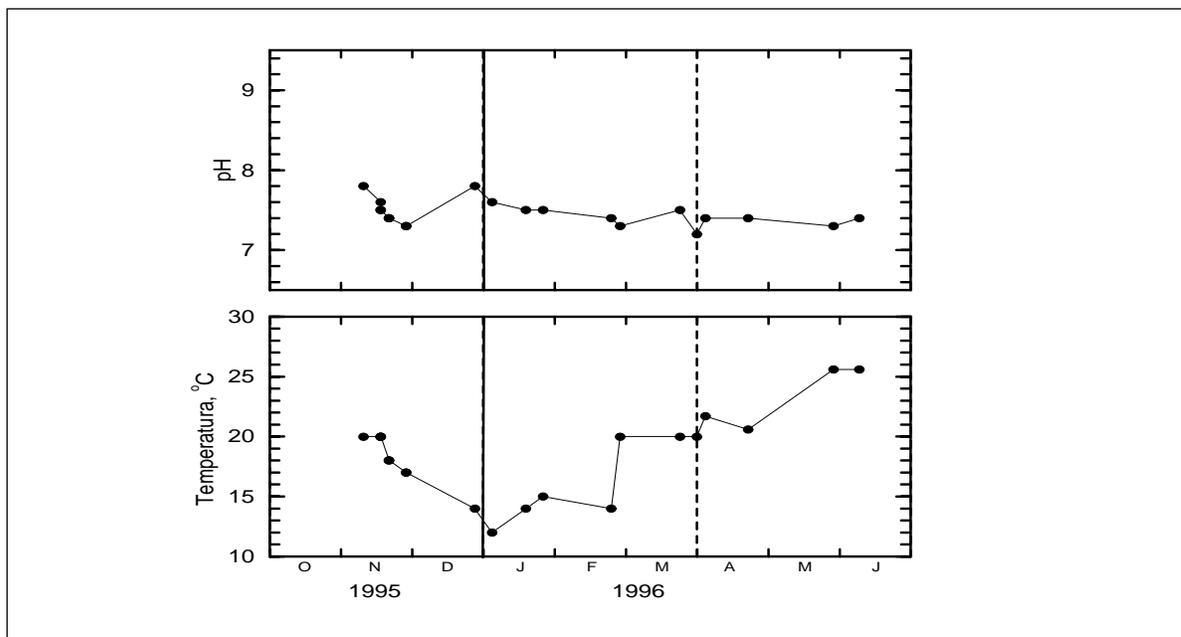
Características típicas

- Los datos sobre el pH van de arriba hacia abajo, pero siempre dentro de un margen razonable.
- La temperatura salta un poco, pero sigue una tendencia estacional.

¿Hay cosas inusuales inclusive en este juego de datos?

¡Claro que sí! Observe por segunda vez y piense acerca de los gráficos de la figura HI-AC-1. ¿Puede notar algo que le parezca sorprendente? ¡Mire cómo han variado los valores de noviembre a diciembre!

Figura HI-AC-1: Escuela GLOBE en California, EE.UU



Puede ser el resultado de los métodos de prueba utilizados, pero también podría ser algo real. Si el equipo ha sido calibrado y se han obtenido los mismos resultados con múltiples pruebas, puede ser que los estudiantes han estado intentando identificar otros factores que causan ese aumento.

Sección 1: pH y Datos de Temperatura

Parte 1. Identificación de Datos Aislados

1. Muestre a los estudiantes los gráficos de las figuras HI-AC-2 y HI-AC-3. Cuando hayan tenido oportunidad de examinarlos y de registrar las observaciones, pídale que identifiquen cualquier dato poco usual.
2. Discuta con ellos la importancia de la calidad de la información. Pregúnteles qué deben hacer si algunos puntos de los datos se encuentran muy apartados del resto del conjunto (¿se trata de datos aislados?).
3. Analice sus observaciones y recomendaciones.

Nota de los científicos

Hemos trazado toda la información en forma de gráficos en series horarias. Antes de poder discernir las tendencias y comparar los datos procedentes de distintos lugares, revisaremos la información con cuidado para buscar valores

aislados. Por ejemplo, fijese que en la figura HI-AC-2 una lectura de temperatura está fuera del rango de las demás. Probablemente se trata de un error, así que procedemos a eliminar este punto de nuestro análisis antes de proseguir.

Además, las lecturas del pH que se desvían considerablemente del promedio son susceptibles de sospecha.

En la figura HI-AC-3, fijese en el valor único de la lectura de pH que da 4, mientras que todas las demás están dentro de un margen de 6-9,5.

Algunos otros puntos de interés pueden verse al analizar estos gráficos. La figura HI-AC-3 muestra lo que aparentemente es una tendencia del pH que asciende gradualmente a medida que el registro sigue su curso. Los valores del pH van a ser más dispersos de lo que se esperaba. ¿Cuál puede ser la razón? En la figura HI-AC-2, vemos una variación más típica de los valores del pH, con una tendencia que asciende gradualmente. Puede tratarse de un problema asociado con alguna solución tampón que ha ido perdiendo precisión, o puede representar un comportamiento real en la naturaleza.

Análisis Posteriores

Anime a los alumnos a que analicen sus propios datos. Se pueden generar gráficos en series horarias mediante la importación de los datos de GLOBE, en una hoja electrónica, o mediante la utilización de las herramientas de gráficos de GLOBE para graficar los datos de cada estudiante.

Es posible acceder a las herramientas para gráficos

Figura HI-AC-2: Una Escuela de GLOBE en California

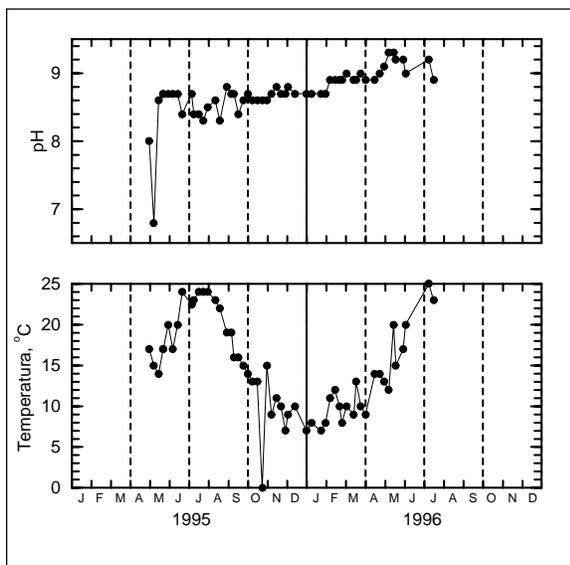
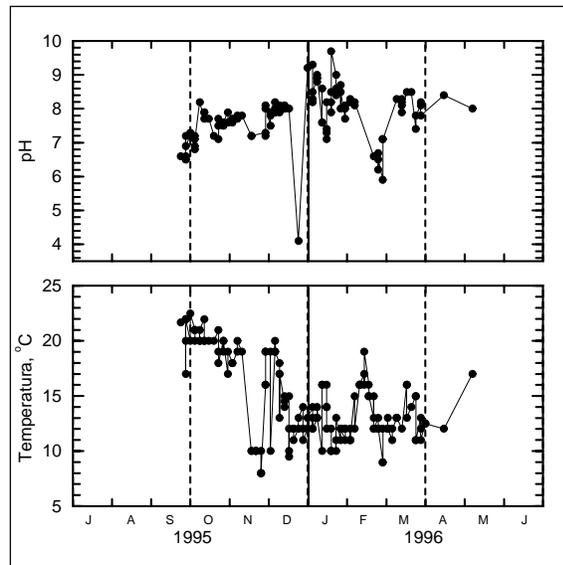


Figura HI-AC-3: Una Escuela de GLOBE en California, EE.UU





en el lugar de visualización de GLOBE, en el Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Las instrucciones para acceder a las capacidades gráficas están disponibles en el Juego de Herramientas. Pida a los alumnos que intenten localizar los datos aislados en su propia información, con el fin de reducir al mínimo la posibilidad de errores en la calibración o qué incongruencias en las mediciones puedan influir en los datos.

También puede utilizar las visualizaciones de GLOBE para intentar identificar observaciones diarias que estén fuera de lo normal. Vea la Figura HI-AC-6. Los estudiantes deben generar mapas de punto y contorno de las observaciones semanales, para intentar identificar patrones inusuales, como por ejemplo un punto celeste (temperatura muy baja) dentro de una zona de puntos anaranjados o rojos (temperatura cálida). Si los estudiantes descubren información que provoque cuestionamientos, pueden localizar el conjunto de datos correspondiente a ese lugar para tratar de identificar las razones de la anomalía. También puede contactar el lugar utilizando el sistema de correo GLOBEMail para plantear sus preguntas sobre la zona.

Parte 2. Investigación del Rango de Valores del pH

Mis valores del pH saltan por doquier de manera impredecible

¿Es esto correcto? ¿Deben los valores del pH saltar tanto?

1. Muestre a los estudiantes los dos gráficos que existen en las figuras HI-AC-4 y HI-AC-5. Cuando hayan tenido la oportunidad de examinarlos y registrar sus observaciones, pídale que identifiquen las tendencias que no sean comunes.
2. Analice los rangos del pH que los estudiantes hayan descubierto en su propio lugar. ¿De qué dimensión es la variación que han encontrado en las lecturas del pH?
3. ¿Han utilizado los estudiantes las herramientas de gráficos de GLOBE para graficar su propia información y la procedente de otras escuelas? ¿Cuál ha sido el rango de sus datos?
4. Analice las observaciones percibidas y las recomendaciones.

Nota de los científicos

Los gráficos de las figuras HI-AC-4 y HI-AC-5

Figura HI-AC-4: Escuela GLOBE en Florida, EE.UU.

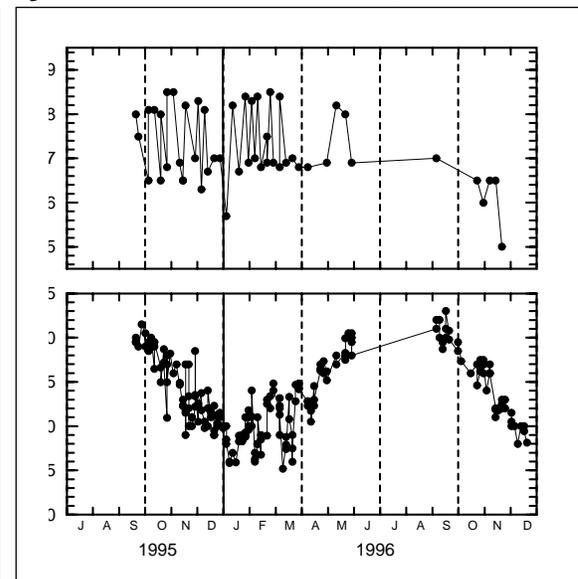
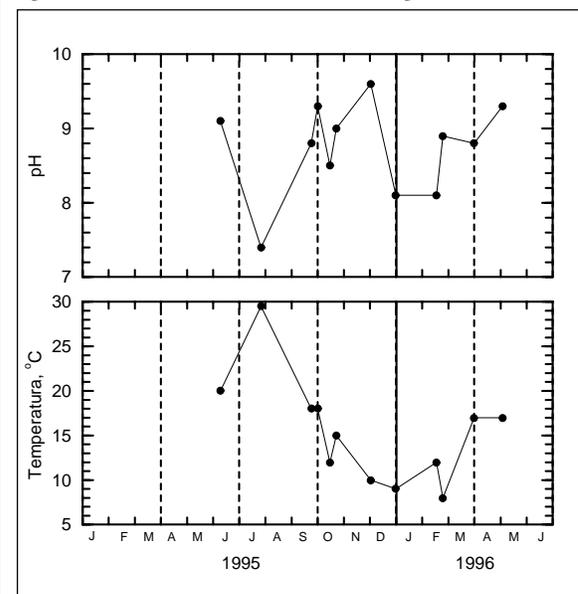
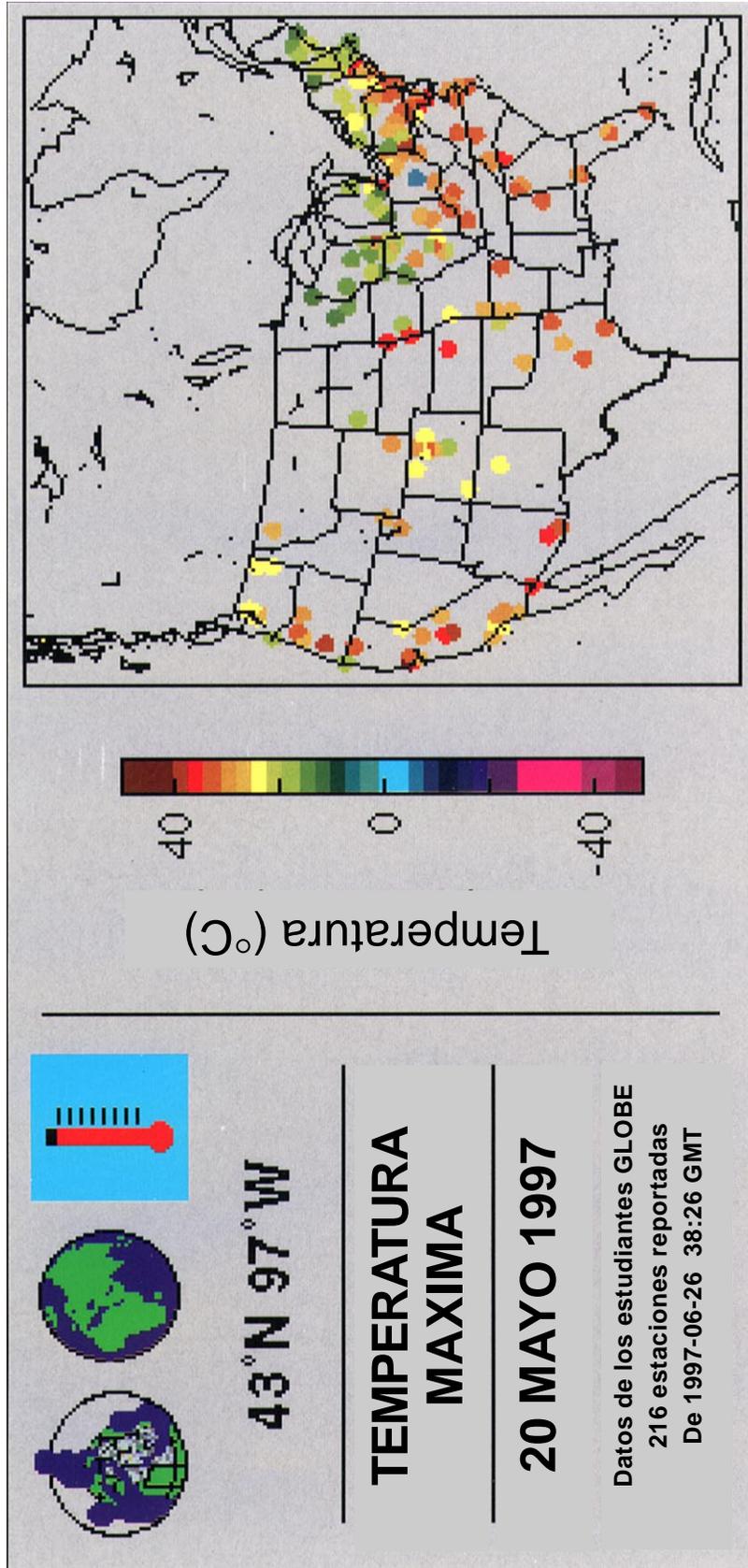


Figura HI-AC-5: Escuela GLOBE en Washington, EE.UU.



constituyen ejemplos excelentes de lecturas curiosas del pH que se encuentran en los conjuntos de datos. Aquí parece que los valores del pH estuvieran saltando de atrás hacia adelante dentro de un rango de casi 3 unidades del pH. ¿Cuál es su opinión acerca de lo que puede estar sucediendo en este campo? Recuerde que los valores del pH suelen ser mediciones razonablemente estables, a menos que haya una turbulencia ocasional en una corriente o un lago, como por ejemplo un vertido de desechos realizado periódicamente, una lluvia prolongada, un brote masivo de algas o un cambio en el flujo debido al aumento del caudal procedente de la nieve derretida en el curso superior del río. Un buen ejemplo de un cambio periódico en el flujo de agua

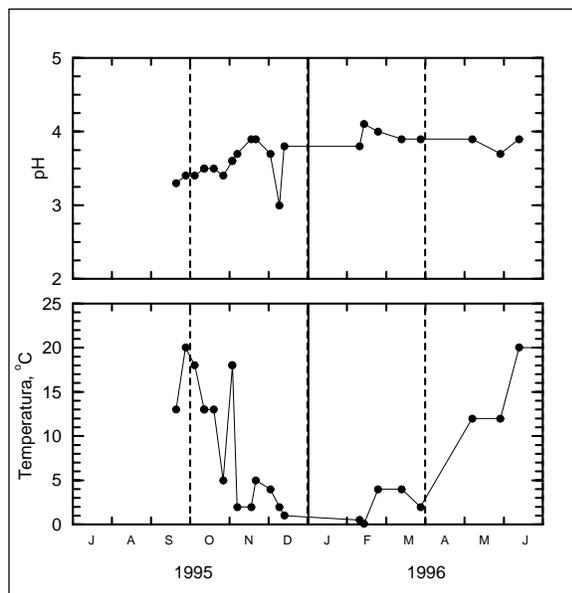
Figura HI-AC-6: Temperatura del Servidor de Datos del Estudiante GLOBE



también puede deberse a una descarga procedente de un reservorio ubicado aguas arriba. Este hecho puede afectar considerablemente los valores del pH medidos aguas abajo.

Este conjunto de información sobre la temperatura muestra positivas tendencias estacionales predecibles. ¿Hay alguna perturbación pronunciada o es que los datos solamente reflejan parte del proceso de aprendizaje?

Figura HI-AC-7: Escuela de GLOBE en Nueva Jersey, EE.UU.



Me pregunto por qué estamos obteniendo valores de pH tan bajos?

1. Enseñe a los estudiantes el conjunto de gráficos de la Figura HI-AC-7. Cuando hayan tenido la oportunidad de analizar los gráficos y registrar sus observaciones, pídale que identifiquen cualquier tendencia poco común. ¿Esperan que las lecturas del pH sean tan bajas? Pídale que expliquen por qué sí o por qué no. Deben justificar su explicación utilizando los datos y los antecedentes acerca del pH.
2. Pida a los estudiantes que propongan hipótesis acerca de la razón por la que los resultados del pH son tan bajos en ese lugar.
3. Pregúnteles cómo pueden corroborar sus hipótesis.
4. Identifique otros lugares de la misma zona a través del Servidor de Datos del Estudiante GLOBE. Recupere la información relativa a esos lugares y compárela con los de su lugar.

Nota de los científicos

Este gráfico de la figura HI-AC-7 es un ejemplo excelente de un sitio de hidrología que registra bajas lecturas del pH. La pregunta que cabe es ¿cuántas probabilidades hay de que el pH del agua sea en realidad tan bajo? Este gráfico muestra el rango de datos del pH comprendido aproximadamente entre 3 y 4,5. Las aguas naturales tienden a estar en un rango del pH entre 6 y 8.

Posibilidades

- ¡Se trata de algo real! Si cree que este es el caso, en el siguiente paso debe preguntarse a sí mismo y a sus compañeros por qué los valores del pH son tan bajos. ¿Qué dice esto acerca del camino que el agua ha recorrido hasta llegar al sitio de estudio de hidrología?
- Se trata de un producto de la forma cómo se realizaron las pruebas. Desafortunadamente, aunque hemos hecho todo lo posible, a veces hay un paso que no se cumple, y que es precisamente el que causa el error en los datos. En otras ocasiones, los materiales de los que disponemos no están en buenas condiciones. En el caso de valores del pH bajos, parece más bien que las soluciones que la escuela está utilizando para la calibración ya no sirven. De hecho, el empezar por estos estándares es un buen punto de partida.

Prueba de sus Soluciones Estándar

Para investigar sobre la posibilidad de que las Soluciones Estándar no sean óptimas, usted tiene un par de opciones:

- Comprar un nuevo juego de soluciones estándar y compararlas con las antiguas.
- Calibrar el medidor del pH con las soluciones y luego utilizarlas para probar el pH de una bebida acabada de abrir. Estos productos, debido a sus modalidades de producción, utilizan constantemente el mismo pH y pueden usarse para establecer comparaciones y averiguar si los medidores del pH están funcionando correctamente.



A continuación se enumera un juego de pH correspondiente a varias bebidas a temperatura ambiente:

Coca-Cola.....	2,5
RC - Cola.....	2,5
Mr. Pibb.....	2,8
Pepsi-Cola.....	2,5
Sprite.....	3,2

Investigaciones Posteriores

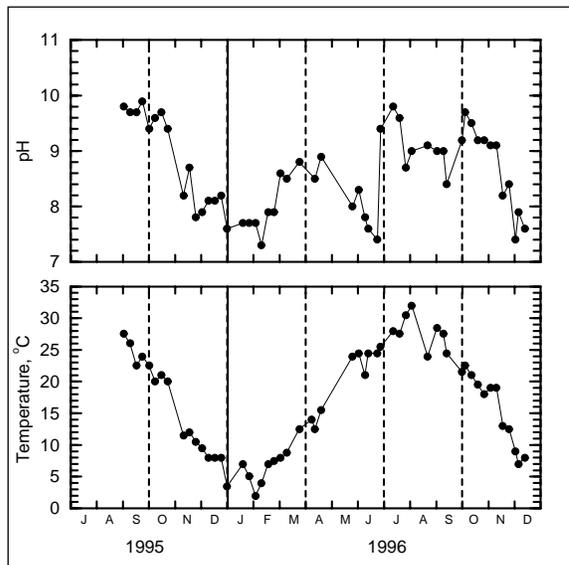
Pida a los alumnos que prueben sus propios instrumentos utilizando la información que se acaba de dar.

Parte 3. Identificación del pH y los Patrones de Temperatura

¡Qué divertido! Mis valores del pH y las temperaturas suben y bajan poco a poco

1. Enseñe a los alumnos la serie de gráficos de la Figura HI-AC-8. Apenas hayan tenido la oportunidad de examinar los gráficos y registrar sus observaciones, pídale que identifiquen cualquier tendencia poco

Figura HI-AC-8: Escuela de GLOBE en Japón



- común.
2. Pídale que elaboren hipótesis acerca de la razón por la que el gráfico de temperatura muestra ese patrón y no otro. ¿Acaso sucede normalmente que el pH siga a la temperatura con tanta cercanía?
3. Dibuje un gráfico con sus propios datos y los procedentes de otros lugares, principalmente

del Japón. Utilice para ello las herramientas para gráficos y compare los datos con estos gráficos.

Nota de los científicos

Algunas veces, todo lo que hacemos parece estar correcto y de repente ¡nos damos cuenta de que se trataba de una tendencia realmente clara de los datos! En mi papel de contribuyente al cuerpo científico de conocimiento, es importante observar los datos y seguir revisando para ver si todo está preciso. En la figura HI-AC-8, en la que se muestran datos de una escuela GLOBE del Japón, observamos algo que parece ser una tendencia constante y sin extremos en el pH. Este parece seguir la tendencia de la temperatura en un grado considerable, e inclusive parece estar dentro de un rango más o menos aceptable.

¡Los datos parecen buenos! Entonces, ¿Por qué preocuparnos?

La información luce bien porque no aparecen mayores saltos en las mediciones, los datos se ingresan constantemente y las mediciones de temperatura muestran una tendencia suave y predecible. Sin embargo, fíjese en las siguientes dos observaciones:

- À Es muy poco usual que un proceso natural presente variaciones del pH superiores a 1 ó 1,5 unidades. Además los valores del pH que están por encima de 9,0 no son tan comunes en lagunas y corrientes. Sería muy interesante observar lo que otras escuelas de la misma zona marcan como tendencia.
- À Si bien la temperatura y el pH se relacionan hasta cierto punto, no esperamos que una correlación tan cercana vaya a ser el resultado. Los medidores del pH también deben estar diseñados para corregir automáticamente la temperatura. ¿Fue verdad en este caso?

Parte 4. ¿Cómo Difieren la Cinta de pH y el Medidor de pH?

En estas mediciones cuál de los dos usamos: ¿el medidor o la cinta de pH?

1. Explicar que los alumnos de distintas escuelas pueden estar usando cintas de pH, lápices de pH y medidores para recoger información acerca del pH.
2. Muestre a los alumnos los conjuntos de gráficos de las figuras HI-AC-9 y HI-AC-10. Una vez que hayan tenido la oportunidad de examinarlos y registrar sus observaciones, pídale que propongan una hipótesis e intenten averiguar el tipo de instrumentación que se utilizó para las mediciones del pH.

3. Pídale que justifiquen o fundamenten la hipótesis relativas a los instrumentos que se usaron para recoger la información acerca del pH

Nota de los científicos

En la figura HI-AC-9 se puede apreciar que esta escuela probablemente realizó las mediciones del pH usando cintas de pH. Así se explica el alto número de saltos de 1 unidad en el pH con el tiempo. Es muy posible que el pH actual de la fuente de agua que esta escuela está midiendo, en el oeste medio de los EE.UU., se encuentre en algún punto entre pH7 y pH8. Se pueden esperar cambios ligeros en el pH del agua para que las lecturas retrocedan y avancen entre dos valores, en caso de que se las haya tomado con papel.

En la figura HI-AC-10 estamos ante un ejemplo de una escuela GLOBE que ha utilizado un medidor de pH para su medición. Los datos sobre la temperatura arrojan una progresión de temperatura razonablemente suave.

Investigaciones Posteriores

1. Pida a los estudiantes que vuelvan a crear la base del gráfico de pH como si estuviesen utilizando cinta de pH. Para hacerlo deben tomar cada punto del número más cercano y volver a dibujar el gráfico.
2. ¿Será posible identificar las tendencias en los viejos gráficos, como se hace en los nuevos?

Figura HI-AC-9: Una Escuela de GLOBE en el Oeste Medio de los Estados Unidos

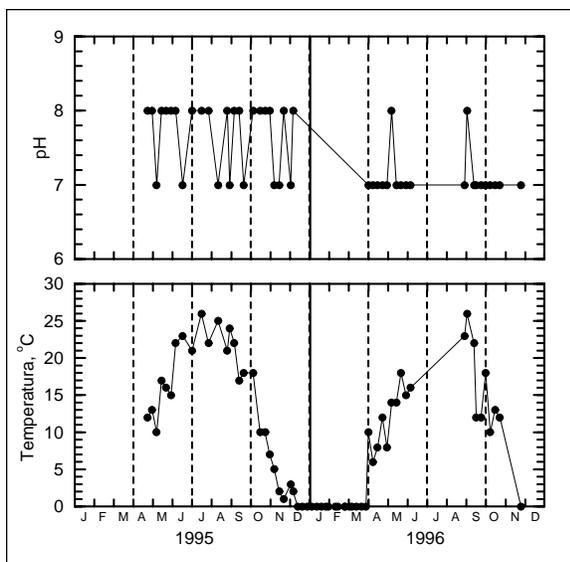
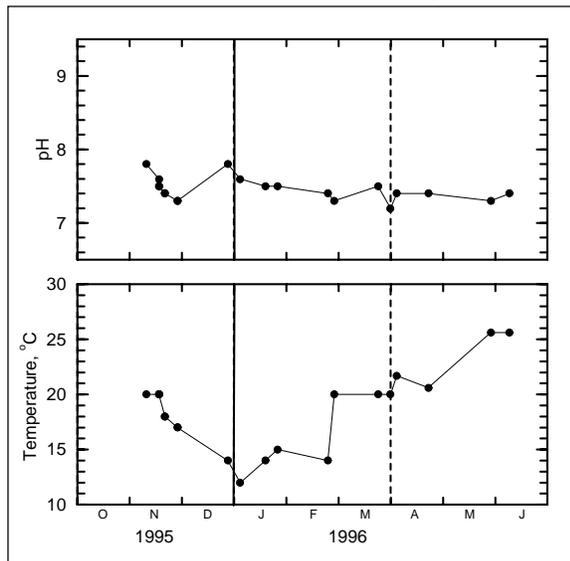


Figura HI-AC-10: Una Escuela de GLOBE en California, EE.UU.





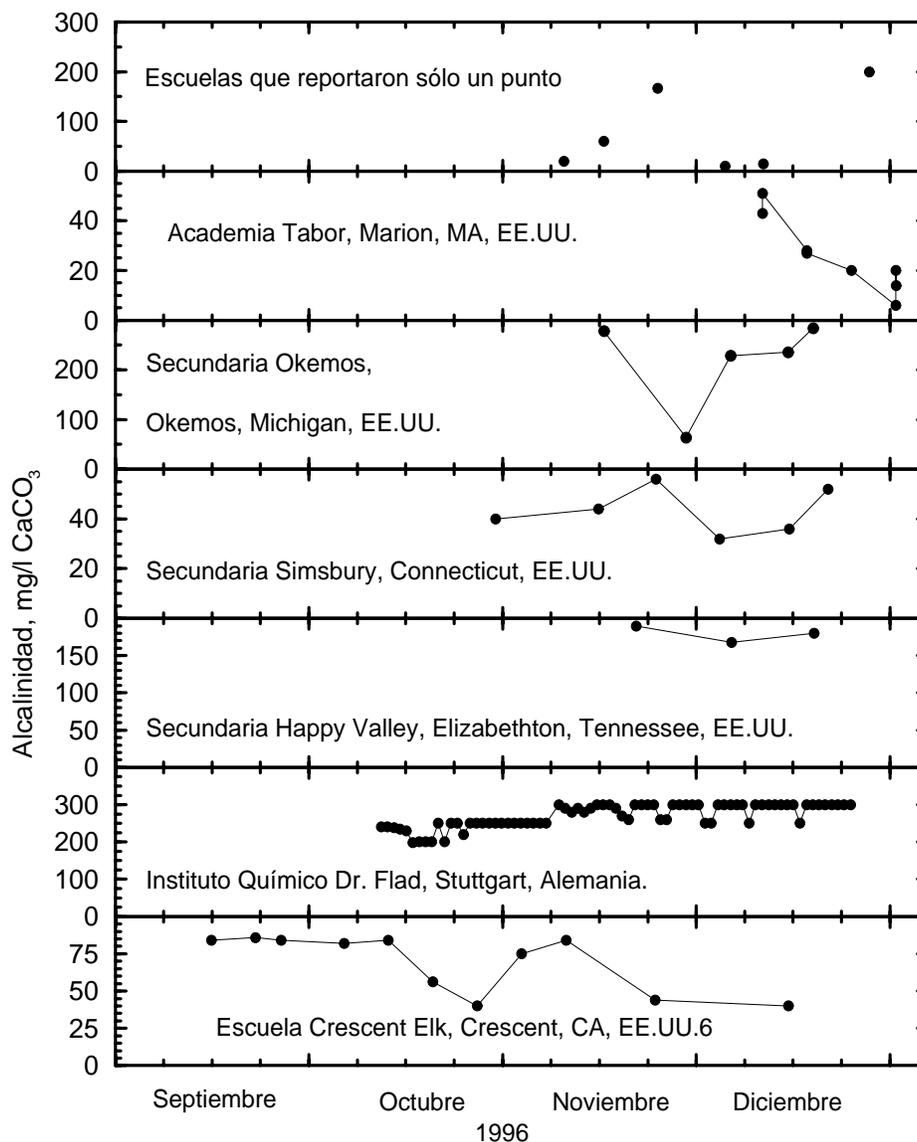
Sección 2. Análisis de Nuevos Datos de GLOBE

La *alcalinidad* se añadió al Protocolo de Hidrología en septiembre de 1996. Se trata de unos cuantos hallazgos en los análisis de algunas de las primeras escuelas que enviaron estos datos.

1. Pida a sus alumnos que analicen los datos de los gráficos. ¿En qué difieren?
2. Pídales que planteen las preguntas que han generado sus observaciones. Por ejemplo:

- ¿Cuál es la tendencia de los datos? ¿Será oportuno esperar que ésta cambie según la estación?
 - ¿Están los datos dentro de un rango normal?
 - ¿Existen elementos en estos datos que se pueden considerar anormales?
3. Pídales que predigan las tendencias futuras en el conjunto de datos.
 4. Registre las observaciones, preguntas y predicciones.
 5. Pídales que piensen en algunas formas de responder a sus preguntas.

Figura HI-AC-11: Datos de Alcalinidad de GLOBE, Septiembre a Diciembre de 1996



Nota de los científicos

Crescent City, CA, EE.UU., reporta valores de alcalinidad relativamente bajos, que muestran algo de variación en el tiempo. Estos cambios pueden estar asociados con la lluvia, la cual baja la alcalinidad. Sería interesante juntar esta información con los datos sobre hidrología y atmósfera del lugar con el fin de obtener una imagen más completa.

Stuttgart, Alemania, cuenta con una serie temporal muy interesante, que capta los cambios que se suceden en la alcalinidad día tras día. Han observado un mínimo aumento a principios de noviembre, pero por lo general se trata de valores estables. Estos valores relativamente altos corresponden a una superficie de agua bien amortiguada. Nuevamente, los cambios diarios pueden ser ocasionados por la lluvia.

Elizabethton, TN, EE.UU., Los valores son intermedios, entre los del colegio Crescent Elk y los del Instituto Químico. Además son coherentes entre sí. Estamos ansiosos de saber si ocurren cambios en la alcalinidad durante el invierno y con la llegada de la primavera.

Simsbury, CT, EE.UU., está también reportando valores con alcalinidad relativamente baja, la cual muestra ciertas variaciones con el tiempo. De hecho, lo que resulta sorprendente es que los cambios a través del tiempo son tan pocos, si se considera el rango que se reportó. Sería interesante constatar si los valores caen más durante una lluvia o una nevada.

Okemos, MI, EE.UU., reporta valores de alcalinidad que muestran una caída interesante desde cerca de 300 mg/l hasta cerca de 70 mg/l. Será preciso poner toda esta información junto a otros datos de GLOBE sobre hidrología, suelo y atmósfera del mismo lugar, con el fin de adquirir un cuadro un poco más completo de lo que ocurrió.

Marion, MA, EE.UU. Sus valores son muy bajos y muestran una caída estable con el tiempo. Recomendamos que revisen sus cálculos nuevamente, puesto que de ser correctos, el modelo que se muestra es muy interesante. ¿Será que estamos ante efectos de mareas en la zona costera?

Conductividad de la Electricidad. Estos análisis se añadieron al Protocolo de Hidrología a mediados de Septiembre de 1996. A continuación presentamos unos cuantos hallazgos de análisis de algunas de las primeras escuelas que reportaron estos datos:

1. Pida a los alumnos que examinen los datos de los gráficos. ¿Qué diferencias encuentran en ellos?
 - ¿Cuál es el rango de los datos en un mismo lugar?
 - ¿Cuáles son las tendencias de los datos? ¿Hacia arriba? ¿Hacia abajo? ¿Son constantes?
2. Pídales que formulen preguntas basadas en sus observaciones.
3. Pídales que predigan las tendencias futuras en los conjuntos de datos.
4. Registre las observaciones, preguntas y predicciones.
5. Pídales que piensen cuáles pueden ser las respuestas a sus preguntas. Para ello pueden elaborar hipótesis y justificarlas o fundamentarlas.

Nota de los científicos

Belton, TX, EE.UU., reporta dos entradas de mediciones de conductividad realizadas en su lugar de agua. Ambas están en los niveles normales propios de un sistema de corrientes (700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y 745 $\mu\text{S}/\text{cm}$) [microSiemens por centímetro]. ¡Será muy interesante averiguar qué otra información aparece en el futuro!

Marion, MA, EE.UU., ha descubierto que su sitio contiene agua relativamente pura, cuya conductividad es relativamente baja y se encuentra dentro de un margen de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta ahora. Compare estos resultados con los de la secundaria Okemos y verá el margen de impureza que los sistemas naturales pueden llegar a tener.

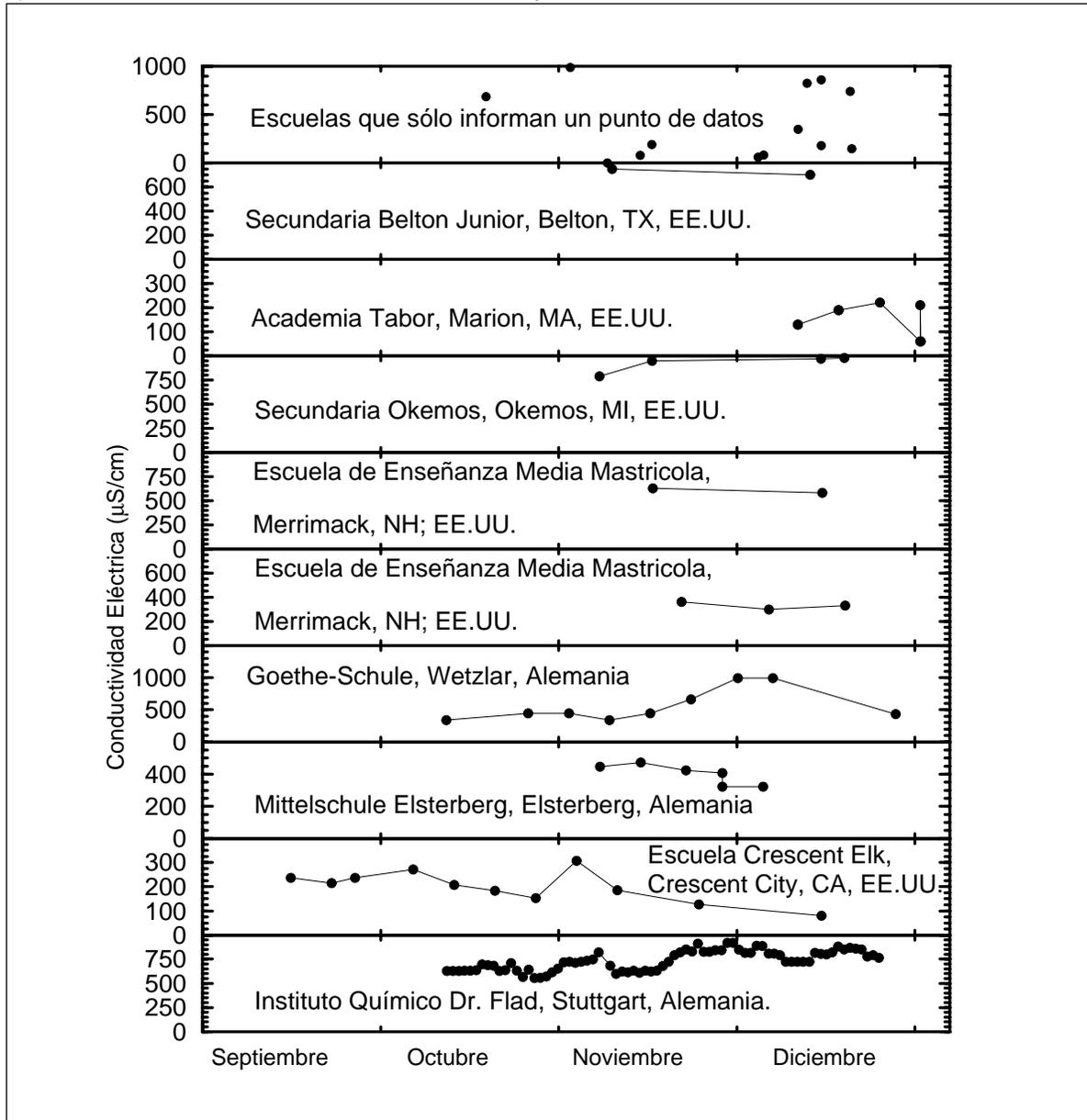
Okemos, MI, EE.UU., midió la conductividad con un rango de 790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 980 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esto significa que su agua está más o menos llena de químicos.

Merrimack, NH, EE.UU., ha reportado dos entradas de conductividad: 590 y 630 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Fíjese en los otros gráficos y observe el punto en el que la escuela falla relativamente. ¿Qué puede estar indicando este hecho acerca del agua? Recuerde que la conductividad eléctrica es un indicador de que hay iones disueltos en el agua y, por eso deben describir las rocas a través de las cuales ha circulado el agua.

Elizabethton, TN, EE.UU., mide la conductividad eléctrica de una fuente de agua, cuyos valores son coherentes y bajos (rango 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$).



Figura HI-AC-12: Datos de Conductividad Eléctrica de GLOBE, septiembre - diciembre de 1996



Animamos a esta escuela a que continúe enviando datos para poder saber más acerca del agua en Tennessee, así como los cambios que van ocurriendo a lo largo del año.

Wetzlar, Alemania, muestra el mayor rango de mediciones que nunca hayamos observado en una escuela (rango: 339 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 993 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Nos están enviando información regularmente, cada dos semanas más o menos, y hemos descubierto una interesante tendencia en este lugar. Durante el último mes, más o menos, sus mediciones de conductividad empezaron a ascender. ¿Qué es lo que pudo haber causado este cambio en la química del agua?

Elsterberg, Alemania, muestra que su sistema

hidrológico es muy consistente en cuanto a niveles de impurezas. Sus mediciones de conductividad oscilan entre los 322 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 472 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Durante sus mediciones, vemos que ha habido un leve descenso en la conductividad. ¿Qué es lo que pudo haber ocasionado este cambio?

Crescent City, CA, EE.UU., ha reportado datos constantemente durante un período de tres meses. Sus mediciones de conductividad parecen ser muy bajas. Pensamos que se trata de una leve tendencia de los datos que van hacia abajo. ¿Qué piensa usted? Compare las tendencias de alcalinidad y los datos de lluvia con las tendencias de la conductividad eléctrica en Crescent City, EE.UU. ¿Puede observar

algún patrón?

Stuttgart, Alemania, ha adquirido cierta reputación entre el equipo de hidrología porque envían muchos puntos de datos. Sus mediciones de conductividad no tienen excepción y muestran que las variaciones en su sistema de agua no solamente suceden en un lapso de tres meses sino a diario. Sus datos oscilan entre 552 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 920 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Creemos que se ven en estos datos evidencias de tormentas individuales y posiblemente una tendencia estacional en los niveles de impurezas. ¿Están de acuerdo? ¿En qué se comparan estas tendencias con los patrones sobre lluvia y alcalinidad?

Oxígeno Disuelto. Este análisis se añadió al Protocolo de Hidrología en septiembre de 1996. A continuación presentamos algunos hallazgos de algunas de las primeras escuelas que enviaban estos datos.

1. Pida a los alumnos que examinen los datos de los gráficos de la figura HI-AC-13
 - ¿Qué diferencias encuentran en ellos?
 - ¿Cuál es el rango de los datos en distintos lugares?
 - ¿Cuáles son las tendencias de los datos?
 - ¿Los datos parecen estar dentro de un rango normal? ¿Qué otra información se puede considerar a la hora de juzgar un “rango normal” para el oxígeno disuelto?
2. Pida a los alumnos que planteen preguntas que surjan de sus observaciones.
3. Pídales que predigan las tendencias futuras en los conjuntos de datos.
4. Registre las observaciones, preguntas y predicciones.
5. Pídales que piensen cuáles pueden ser las respuestas a sus preguntas.

Nota de los científicos

Belton, TX, EE.UU., reportó dos puntos de datos en un nivel de 9 mg/l. Esta cantidad de oxígeno disuelto sugiere que se trata de una fuente de agua saludable en la que pueden habitar plantas y peces. Animamos a Belton a continuar con las mediciones de oxígeno disuelto, para poder observar en qué medida sus niveles varían en el invierno y la primavera.

Marion, MA, EE.UU., está midiendo la fuente de agua donde los niveles de oxígeno disuelto están en el orden de los 10 - 11 mg/l. Este rango de niveles de oxígeno es super-saturado para un rango de

temperatura que está por encima de los 11 °C a 0 m de elevación. Al mismo tiempo, Tabor registró estas mediciones de OD (oxígeno disuelto) y las temperaturas halladas están dentro de los 6° y 8 °C. ¿Por qué han llegado a ser tan elevados los niveles de OD?

Simsbury, CT, EE.UU., La Secundaria Simsbury informa que su agua registró niveles de oxígeno disuelto de 11 mg/l en octubre y luego una elevación drástica hasta un nivel de 14 mg/l a mediados de noviembre. Las mediciones de oxígeno disuelto son muy constantes hasta el último envío de información. Nos encantaría saber por qué el último envío es mayor. Las temperaturas medidas en Simsbury están entre 1° y 9 °C en esta época. Como dato de alerta se debe apuntar que la temperatura registrada, cuando la escuela de Simsbury medía 14 mg/l de oxígeno disuelto, era de 3 °C. Esta medición de OD está sobre-saturada con relación a esta temperatura, lo cual implica que la calibración del equipo de medición del oxígeno disuelto de Simsbury no está correcta.

Okemos, MI, EE.UU., Muestra un salto sorprendente de 4 a 12 mg/l en sus mediciones de OD. Cuando se ha calibrado cuidadosamente el equipo que se va a utilizar para tomar las mediciones, entendemos que esta tendencia es correcta y que puede estar reflejando una combinación de una caída en el nivel de la temperatura del agua y una caída en el nivel de la demanda biológica de oxígeno (DBO) durante el invierno.

Merrimack, NH, EE.UU., muestra un descenso en su OD de 9 a 7 mg/l en el transcurso de un mes (noviembre a diciembre). Esta caída puede representar algo interesante con respecto a esta cuenca de agua y debemos pensar que es importante que la escuela medite acerca de lo que está provocando esta caída.

Elizabethton, TN, EE.UU., envía medidas de niveles de oxígeno disuelto en su agua que oscilan entre 10 y 12 mg/l durante aproximadamente un mes. Puede tratarse del resultado de un descenso en la temperatura del agua o puede estar reflejando alguna otra cosa. Sería interesante comparar estos datos con los registros sobre temperatura del agua.

Wetzlar, Alemania. Reporta dos entradas que indican que el lugar de agua posee niveles un tanto elevados de oxígeno disuelto (13 mg/l). Es interesante anotar que 13 mg/l de OD en la temperatura registrada, 3,8 °C está cerca de una saturación. Esta fuente de agua probablemente está

mezclada con el aire de los alrededores.

Vinalhaven Island, ME, EE.UU., En un principio había medido niveles de OD tan altos como 10 mg/l, pero luego muestra una tendencia descendente en su OD en el transcurso del mes y medio siguiente, cuando registró 7 mg/l. ¿Qué es lo que pudo haber causado esta caída en los niveles de oxígeno? Quizás algunos tipos de algas que producen oxígeno en los primeros meses del año empezaron a morir en esa época y dejaron, por tanto, de producir oxígeno. Otra posibilidad es que el nivel de OD esté volviendo a bajar después de algún acontecimiento que causó un incremento sustancial en el nivel de oxígeno.

Crescent City, CA, EE.UU., mide sus datos regularmente y la información muestra los cambios que suceden en su lugar cada dos semanas. Los niveles de oxígeno en esta zona suben y bajan gradualmente en un margen de casi 5 a 10 mg/l. Es muy interesante observar lo que parece ser un descenso global en los niveles de oxígeno disuelto durante el trimestre que se ha mostrado. Esta situación haría que un observador especule que los niveles de OD caen porque también cae la temperatura. ¿Pero tiene sentido esto? En realidad, no, ya que esperamos que los niveles de OD aumenten cuando baja la temperatura, ya que el agua fría puede retener más oxígeno disuelto que el agua tibia. ¿Qué es lo que pudo haber provocado esta tendencia? ¿Acaso las tendencias de OD siguen la conductividad y las tendencias alcalinas? Como científicos nos encantaría contar con más información acerca de qué actividades de plantas y lluvias han ocurrido durante este período de tiempo y cómo las descargas de agua han cambiado a lo largo de este tiempo.

Stuttgart, Alemania, muestra la serie de mediciones más frecuente y consistente de las escuelas de GLOBE. Muestran niveles de oxígeno disuelto de su área que fluctúan entre 10 y 18 mg/l. Mientras intentamos imaginar lo que produjo estas mediciones de OD tan altas, el equipo de hidrología parece haber descubierto que Stuttgart no siempre registra mediciones de temperatura con sus entradas de oxígeno disuelto. Puesto que el OD depende tanto de la temperatura, recomendamos muy encarecidamente a las escuelas que envíen la información sobre temperatura del agua en caso de que midan el oxígeno disuelto.

Continuación del Análisis de sus Datos

Lea los informes de la investigación hidrológica en el Servidor del Estudiante GLOBE, en el Rincón de

los Científicos. Estos informes se actualizan periódicamente.

Investigaciones Posteriores

1. Anime a los estudiantes a que recuperen los conjuntos de datos de las escuelas arriba mencionadas y que ingresen los datos en una hoja para poderlos graficar. ¿Qué preguntas fueron contestadas por el conjunto de datos del período más largo?
2. ¿Qué preguntas requieren otro tipo de datos, tales como temperatura o precipitación, para ser respondidas? Pida a los alumnos que identifiquen los datos que crean que guardan relación y que los comparen con los de Hidrología. Esto puede incluir lo siguiente:

- ¿El hecho de examinar la información sobre la caracterización del suelo explica la conductividad?
- ¿Cuál es la relación entre la temperatura y el oxígeno disuelto? ¿Existen algunas otras mediciones que guarden relación con la temperatura?
- ¿Los niveles de oxígeno disuelto muestran fluctuaciones estacionales? ¿Qué otros datos fluctúan según la estación?
- Examine los cambios producidos en el pH en las escuelas donde los niveles de alcalinidad son distintos. ¿Dónde fluctúan más los valores de pH: en sitios con niveles de alcalinidad bajos o altos?
- Elabore un gráfico de las precipitaciones en su lugar. ¿Qué mediciones de hidrología han variado cada vez que ha habido lluvias torrenciales? Utilice los mapas de contorno o los de punto para identificar cualquier otra área donde haya habido lluvias fuertes recientemente. ¿Qué le sucede a las mediciones de la química del agua en aquellos lugares después de la lluvia?

¿Hubo nuevas preguntas después del período más largo de recolección de datos? Registre estas preguntas y anime a sus estudiantes a que inventen metodologías



para realizar otras investigaciones.

Sugerencias: utilice los mapas de GLOBE para identificar aquellos sitios con longitudes similares para compararlos. Identifique los “sitios de control” o los que sean similares a aquel dónde usted realiza sus investigaciones, excepto por la variable en la que usted está interesado. Por ejemplo:

1. Utilice el correo GLOBEMail tanto para recibir información sobre el sitio que no se haya reportado al Servidor de Datos de GLOBE, como para compartir sus investigaciones con otras escuelas.
2. Utilice las posibilidades que le ofrecen las herramientas de gráficos de GLOBE para elaborar gráficos de 2 escuelas para compararlas.
3. Utilice mapas topográficos para identificar cuencas de agua. Haga un acercamiento con el zoom en la región que usted haya identificado en las visualizaciones de GLOBE y encuentre los sitios de GLOBE contenidos en esa cuenca. Elabore un gráfico con los datos sobre la química del agua de los sitios que están dentro de la cuenca, para tratar de identificar los cambios que se dan a lo largo del curso del agua.

A medida que se vaya añadiendo información al Servidor de Datos del Estudiante GLOBE, continúe identificando las escuelas que le interesen. Busque escuelas en sitios similares al suyo y averigüe si la hidrología de ellas es similar a la suya.

Pida a los estudiantes examinar críticamente sus propios datos usando mapas y gráficos para identificar patrones o datos inusuales. Formule preguntas, identifique formas de explorar los datos de los estudiantes para lograr respuestas, y comience a explorar el propio sitio de ellos.

Evaluación de los Estudiantes

Los alumnos deben ser capaces de identificar las tendencias, anomalías y problemas que surgen en las series de datos. Esta habilidad puede demostrarse en las discusiones en clase y mediante ejercicios escritos que realicen sobre las tendencias, anomalías y escritos que se les provea. También deben ser capaces de demostrar que comprenden la limitación que se puede deducir a partir de una serie de datos. También deben ser capaces de utilizar las herramientas de graficación de GLOBE para crear gráficos y analizar la información que ellos logran y preparan. A través de esta actividad, los estudiantes también deben ser capaces de comprender los parámetros de las mediciones de GLOBE, tales como pH, temperatura y alcalinidad. La comprensión del contenido científico puede evaluarse en el contexto de su conocimiento sobre la ciencia inherente a la información.



El Descubrimiento de los Macro - Invertebrados



Propósito

Determinar la diversidad de los macro - invertebrados bénticos (que habitan en el fondo del agua) en su Sitio de Estudio de Hidrología. Investigar las correlaciones existentes entre los macro - invertebrados y las mediciones de la química del agua.

Visión General

Los estudiantes establecerán un índice de diversidad de los macro - invertebrados bénticos, mediante la clasificación y el conteo de los organismos recogidos en el sitio, en cuyo proceso se familiarizarán con los taxones de muchos macro - invertebrados. A continuación investigarán la relación entre los taxones que han descubierto y sus mediciones de la química del agua.

Tiempo

Un período de clases para realizar el ejercicio práctico

Un período de clases para recoger la muestra y otro más para contar y calcular el índice

Nivel

Todos

Conceptos Claves

La diversidad de especies está relacionada con la química del agua

Las especies requieren de distintos hábitats

Una muestra al azar puede ser usada para averiguar la diversidad de las especies

Destrezas

Cálculo de un índice de diversidad

Recolección de muestras al azar

Construcción de herramientas

Identificación de la taxa

Descubrimiento de parámetros de hábitat de las especies

Realización de mediciones de la química del agua.

Materiales y Herramientas

Para las actividades prácticas

Una bandeja poco profunda y blanca

(por ejemplo una bandeja de espumaflex donde viene empacada la carne) de aproximadamente 60 x 40 cm

Un marcador negro

Una regla

Caramelos pequeños, confeti para decoración de pasteles o cualquier otro objeto de varios colores o formas para las muestras

La Hoja de Trabajo de los Macro - invertebrados

Una cubeta de hielo para clasificar las variedades

Pequeños trozos de papel numerados del 1 al 50 para seleccionar números al azar

Para las actividades en el campo

El juego para clasificaciones y toma de muestras (se necesitan 3 de estos juegos)

Una bandeja blanca y poco profunda para clasificar, de aproximadamente 30 x 20 cm

Una fuente poco profunda blanca para contar las especies 60 x 40 cm

Un marcador negro permanente

Una cubeta de hielo para clasificar las variedades

Una jeringa con una ampolla de 10 - 20 ml (el extremo debe ser de aproximadamente 5 mm de diámetro)

Pinzas plásticas largas

Un lente de aumento

Una pipeta Pasteur de 3 ml (gotero de ojo) (el extremo debe ser de 2 mm de diámetro aproximadamente)

Un recipiente de 4 litros con tapa para las muestras (o 4 recipientes de 1 litro)

Una serie de etiquetas o papel numerado

Un balde para verter el agua a través de una red
Recipientes adicionales con tapa en caso de que se vayan a llevar los macro - invertebrados al aula

La Hoja de Trabajo de Macro -Invertebrados

Y quizás:



Red de aguas rápidas (para lugares con fondos rocosos)

Un cedazo de nylon de 91 x 122 cm (con malla de 2 mm)

2 palos (122 cm de largo , 1 - 2 cm de diámetro)

Grapas

2 piezas de dril o cualquier otra tela gruesa (de 8 x 122 cm cada una)

Aguja e hilo o cinta fuerte y a prueba de agua o

Red -D (para aguas tranquilas con fondo de lodo)

2 piezas de tamiz de nylon de ventana (36 x 53 cm)

3 colgadores de ropa de alambre

Drill pesado o tela fuerte (8 x 91 cm)

Aguja e hilo o cinta fuerte y resistente al agua

Un palo de 152 cm (Ej., un palo de escoba o el mango de alguna herramienta)

Una abrazadera para tubo de 4 cm

Preparación

Fabrique o compre una red apropiada.

Saque copias de las Hojas de Trabajo de Macro - Invertebrados

Recoja los materiales para el equipo de muestreo

Recoja fotos o libros con ilustraciones sobre los macro - invertebrados locales.

Prerequisitos

Los estudiantes deben empezar a recoger datos sobre la química del agua.

Antecedentes

Los macro - invertebrados bénticos son animales pequeños y sin columna vertebral, que se pueden ver sin necesidad de usar un microscopio. Normalmente miden más de 1 mm y viven en el lodo o entre las piedras del fondo de los cuerpos acuáticos. Entre ellos tenemos muchas larvas de insectos como mosquitos, tábanos y fríganos que nacen en el agua y luego se convierten en insectos terrestres al madurar. Otros ejemplos de macro - invertebrados bénticos son los crustáceos tales como caracoles, cigalas, gusanos y sanguijuelas. Estas criaturas pueblan el lodo o los pedruzcos que hay en el fondo de estanques o arroyos en cantidades asombrosas, que a menudo ascienden a miles en un metro cuadrado. Generalmente son un eslabón importante en la cadena alimenticia.

Los macro - invertebrados pueden decirnos muchas cosas acerca de las condiciones de un cuerpo acuático. Muchos de estos organismos son muy sensibles a los cambios del pH, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y demás parámetros del hábitat. Un organismo en particular necesita una calidad de agua constante para poder vivir a plenitud.

Para la actividad *Descubrimiento de Macro - Invertebrados*, deseamos establecer un índice de diversidad correspondiente a su Sitio de Estudio de Hidrología. La diversidad biológica es una medida de la cantidad de clases distintas de organismos que

existen en un ecosistema. No se trata de una medición de la cantidad total de organismos del sistema. Por ejemplo, podemos tener un número igual de organismos en un arroyo con niveles bajos del pH que en otro arroyo con un pH neutro. Sin embargo, debido a que algunos tipos (taxones) de macro - invertebrados no sobreviven en un arroyo con pH bajo, la diversidad o el número total de taxas diferentes sería menor. Simplemente se puede contar con una gran cantidad de organismos dentro de cada clase, los cuales tolerarían un pH bajo.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Existe una serie de recursos óptimos que nos ayudan a identificar y a investigar a los macro - invertebrados. Al final de esta actividad encontrará una lista de dichos recursos.

1. Pida a los alumnos que investiguen las condiciones bajo las cuales viven las distintas clases de macro - invertebrados. Pueden recurrir a sus propias observaciones, a referencias externas o a las tablas que se encuentran al final de esta investigación.
2. Pídale que elaboren hipótesis sobre lo que los macro - invertebrados pueden encontrar en el agua que usted estudia en la estación actual. Haga que lleven registros de sus investigaciones, hipótesis y fundamentos en los Cuadernos de Ciencias GLOBE. Quizás deseen dibujar alguno de los macro - invertebrados en sus cuadernos con notas de identificación para las referencias de campo.

Cálculo de la Diversidad de los Macro - Invertebrados en el Campo

Preparación

Recoja materiales para sus muestras y para elaborar el índice de diversidad. De ser necesario, haga un juego de muestras siguiendo las instrucciones que encontrará al final de esta actividad. **Nota:** Existen dos métodos para recoger las muestras de macro - invertebrados, según el lugar de agua. Si cuenta con un sustrato rocoso o de piedras con corriente, entonces debe utilizar una red de aguas rápidas. Si, por el contrario, se trata de un lugar con fondo de lodo y casi sin corriente, entonces debe utilizar una red de marco D.

Antes de salir al campo, los estudiantes también deben desarrollar la Actividad de Práctica del Índice de Diversidad que está al final de este ejercicio. De este modo podrán practicar en cómo realizar el ejercicio y les ayudará a comprender el concepto de toma de muestras al azar.

Recolección de las muestras

Recoja las mediciones de la química del agua de su sitio. **Nota:** Tenga la precaución de comprobar que es seguro entrar al agua y siga los procedimientos de seguridad cuando los estudiantes estén dentro de ella.

Utilización de una red de turbulencia para recoger las muestras:

1. Divida a la clase en grupos de 3 y 4 estudiantes y entregue a cada grupo una red, un cubo o balde y un juego para la toma de muestras.
2. Pida a cada grupo que elija un sitio para la toma de muestras. Este debe estar situado a unos pocos metros de distancia de los otros, que representarán distintas regiones del arroyo. Por ejemplo, una zona con vegetación acuática y otra rocosa.
3. Empezando con el grupo que se encuentre más lejos aguas abajo, pida a una o dos personas de cada grupo que utilicen sus pies y manos o un palo para agitar el material del fondo, mientras otras dos personas sujetan la red a 1 ó 2 metros aguas abajo de la turbulencia. La agitación del agua debe durar al menos un minuto. También deben remover y raspar los lados ocultos de las rocas. Por razones de seguridad, si el área de recolección mide más de medio metro de

profundidad, no deben quedarse de pie en el agua.

4. Levante la red del agua moviendo su parte más baja hacia delante a lo largo del fondo del arroyo con un movimiento como si estuviera excavando, de modo que no se escape nada. Vierta 100 ó 200 ml de agua del lugar sobre el material de la red sobre la bandeja de clasificación.
5. Pida a dos personas de cada grupo que recojan los organismos utilizando la jeringa o las pinzas y los coloquen en los recipientes llenos con el agua de la muestra.
6. Repita los pasos del 3 al 5 con cada grupo de estudiantes para poder obtener una muestra representativa. **Nota:** Si la zona de toma de muestras es poco profunda, procure recoger muestras de todas las partes del área.

Utilización de una red de marco D para recoger las muestras:

1. Divida la clase en grupos de 3 y 4 estudiantes y entréguele a cada grupo una red, un cubo y un juego para la toma de muestras.
2. Haga que cada grupo elija un sitio para la toma de muestras. Los sitios deben estar situados a pocos metros de distancia unos de otros, pero representará distintas regiones del arroyo. Por ejemplo, una zona con vegetación acuática y otra rocosa.
3. Pídale al primer grupo que coloque la red en el agua hasta que llegue al sustrato del fondo. Use la red para agitar el sustrato por lo menos en 30 cm. Desplace la red por el fondo del agua agitada, pero sin tocarlo, a lo largo de unos 30 cm y luego llévelo, de nuevo a la superficie.
4. Hale la red fuera del agua de modo que no se escape nada. Con 100 ó 200 ml de agua del lugar, enjuague el material de la red y colóquelo en la bandeja para las clasificaciones.
5. Haga que dos miembros de cada grupo recojan los organismos utilizando la jeringa o las pinzas y los coloquen en los recipientes llenos de agua de la muestra.
6. Repita los pasos del 3 al 5 con cada grupo de estudiantes para poder obtener una muestra representativa. **Nota:** Si la zona de toma de muestras es poco profunda, procure recoger muestras de todas las partes del área.



Cálculo del Índice de Diversidad

1. Dibuje una cuadrícula, de 4 cm cada cuadrado en la bandeja para el conteo.
2. Enumere los cuadrados de forma consecutiva.
3. Vierta su muestra en la bandeja y distribúyala de manera más o menos igual por toda la cuadrícula con aproximadamente 1 mm de agua.
4. Pida a uno de los estudiantes que seleccione un número.
5. Pida a otro alumno que busque el número en la cuadrícula y retire el organismo utilizando una pipeta de Pasteur o pinzas. Coloque a este organismo (el número 1) en un recipiente con agua. Nota: Si no hay nada en el cuadrado dibujado, seleccione otro número.
6. Marque con una X en la hoja de trabajo para representar al organismo 1.
7. Recoja el organismo 2 del mismo cuadrado, o si no hay nada más en él, seleccione otro número y recoja la muestra del cuadrado nuevo.
8. Coloque el organismo 2 cerca del número 1 en el recipiente.
9. Si el organismo 2 es el mismo que el 1, coloque una X en la hoja de trabajo. En cambio, si es distinto, marque una O en la hoja de trabajo.
10. Coloque al organismo 1 en un compartimento de la cubeta de hielos o en el recipiente para que los taxonen.
11. Recoja el organismo 3 del mismo cuadrado, o seleccione uno nuevo si lo necesita.
12. Coloque el organismo 3 cerca del número 2.
13. Si el organismo 3 es el mismo que el número 2, ponga la misma marca que usó para el organismo 2 en la hoja de trabajo (X ú O). En cambio, si es distinto que el 2, marque con la letra opuesta.
14. Coloque al organismo 2 en la cubeta de hielos. Si se trata del mismo organismo 1, póngalo junto a él. Si es distinto, utilice otro compartimento.
15. Continúe eligiendo números al azar y tomando muestras. Registre cada muestra como X ú O, y luego clasifique las taxones en compartimentos, al menos hasta que haya completado 50 muestras.
16. Cuente el número de puntos anotados en la

hoja de trabajo (vea el ejemplo que viene a continuación) y regístrelos.

17. Divida el número de puntos para el de organismos contados (50) y registre este valor en su hoja de trabajo.
18. Cuente el número de las distintas taxones que ha encontrado en su muestra y registre.
19. Multiplique los dos números y registre los resultados. Se trata del índice de diversidad.
20. Pida a sus estudiantes que traten de identificar todas las taxones que les sea posible.

Ejemplo de una hoja de trabajo :

XX 000 X OO X

1—2—3 4—5

En este ejemplo particular existen 5 puntos.

Investigaciones Posteriores

1. Los estudiantes deben reconocer tantos macro - invertebrados como sea posible en su agua de muestra.
2. Compare las hipótesis con los taxones que encontraron.
3. Formule hipótesis acerca de qué condiciones pueden hacer que ciertos taxones existan inesperadamente, o por qué algunos taxones más comunes no aparecen.
4. Utilice el Servidor de Datos de GLOBE para encontrar escuelas con un sitio de estudio de hidrología similar al suyo. Empiece por buscar escuelas dentro de la misma cuenca de agua o a la misma latitud y elevación, con similares pH , temperatura, oxígeno disuelto y niveles de salinidad.
5. Utilice el correo GLOBEMail para contactar esas escuelas y pregúnteles qué macro - invertebrados están encontrando.

Parámetros del Hábitat para Macro - Invertebrados Seleccionados

Rango de pH Para los Macro - Invertebrados Seleccionados*

TAXA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Efímera							XXXX							
Polilla							XXXX							
Frigano					XXXX									
Caracoles									XXXXXXXXXX					
Almejas							XXXXXXXXXX							
Mejillones							XXXXXXXXXX							

* los rangos de pH entre 1 y 6 y 10 y 14 no son aptos para la mayoría de los organismos

Rango de Temperatura para los Macro - Invertebrados Seleccionados

TAXA	Rango Frío < 12.8 °C	Rango Medio 12.8-20 °C	Rango Cálido > 20 °C
Friganos	x		x
Polilla	x		x
Efímera	x		x
Escarabajo [en forma de moneda]	x		
Escarabajo acuático			x
Zancudo del agua			x
Libélula			x

Niveles Mínimos de Oxígeno Disuelto para los Macro - Invertebrados Seleccionados

TAXA	Rango Alto 8 - 10 ppm	Rango Medio 4 - 8 ppm	Rango Bajo 0 - 4 ppm
Polilla	X		
Escarabajo [en forma de moneda]	X		
Frigano	X	X	
Algunas efímeras	X	X	
Libélulas		X	
Chinches		X	
Mosca "damisela"		X	
Mosquitos			X
Moscas			X
Lombriz flexible			X
Caracoles de bolsillo/ de pulmón			X
Gusano cola de rata			X



Práctica de la Actividad del Índice de Diversidad

1. En la bandeja, dibuje una reja con cuadrados de 4 cm.
2. Enumere los cuadrados en orden consecutivo.
3. Vierta su muestra en la bandeja y distribúyala de manera más o menos igual por toda la rejilla.
4. Pida a uno de los estudiantes que dibuje un número.
5. Pida a otro alumno que busque el número en la rejilla y retire un trozo. Coloque a este trozo (la muestra 1) sobre la mesa. Si no hay nada en el cuadrado dibujado, trace otro número.
6. Marque con una X en la hoja de trabajo para representar al organismo 1.
7. Recoja el organismo 2 del mismo cuadrado, o si no hay nada más en él, dibuje otro número y recoja la muestra del cuadrado nuevo.
8. Coloque el organismo 2 cerca del número 1 sobre la mesa.
9. Si el organismo 2 es el mismo que el 1, coloque una X en la hoja de trabajo. En cambio, si es distinto, marque con una O en la hoja de trabajo.
10. Coloque al organismo 1 en uno de los tazones de los tipos o en cubetas para hielo.
11. Recoja el organismo 3 del mismo cuadrado, o dibuje uno nuevo si lo necesita.
12. Coloque el organismo 3 cerca del número 2.
13. Si el organismo 3 es el mismo que el número 2, ponga la misma marca que usó para el organismo 2 en la hoja de trabajo (X ú O). En cambio, si es distinto que el 2, marque con la letra opuesta.
14. Coloque al organismo 2 en la cubeta de hielos. Si se trata del mismo organismo 1, póngalo junto a él. Si es distinto, utilice otro tazón de taxa
15. Continúe dibujando números al azar y tomando muestras. Registre cada muestra como X ú O, y luego clasifique los taxa en compartimentos, al menos hasta que hayan completado 50 muestras.
16. Cuente el número de puntos anotados en la

hoja de trabajo (vea el ejemplo que viene a continuación)..

17. Divida el número de puntos para 50 (este valor es su número de muestra).
18. Multiplique esta cantidad por el número de taxa distintos y ésta será el índice de diversidad.



Prácticas Posteriores

Pida a sus alumnos que calculen el índice de diversidad utilizando pocos números de taxa o una distribución numérica distinta dentro de los tipos. Comparen los resultados.

Ejemplo de una Hoja de Trabajo

Registro— XX 0 0 0 X 0 0 X

Muestra # 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Puntos 1—2—3 4—5

El ejemplo citado nos dice que la muestra 1 y 2 eran similares. La muestra 3 era distinta de la 2 y las muestras 4 y 5 eran similares a la 3. La muestra 6 era distinta de la número 5, etc. hay 5 puntos.

Recursos para Investigaciones de Macro - Invertebrados Bénticos de Agua Dulce:

Caduto, M.J. (1990). *Pond and Brook: A Guide to Nature Study in Freshwater Environments*, segunda edición, Prentice-Hall, NJ.

Cromwell, Mare et al. (1992), *Investigating Streams and Rivers*, GREEN , Universidad de Michigan, Ann Arbor.

Maitland, Peter S. (1990). *Biology of Fresh Waters*. Blackie, Glasgow y Londres.

Merrit, R.E. y K.W. Cummins (1988). *An introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall-Hunt Publishing Co. Dubuque, Iowa.

Mitcell, Mark K y Stapp, William B. (1996). *Field Manual for Water Quality Monitering*, Ann Arbor, Michigan 48401

McCafferty, P.W. (1981). *Aquaticentomology: The Fishermen's and Ecologist's Guide to Insects and Their Relatives*. Jones and Barlett Publishers, Inc. California.

Needham, James G (1962). *A Guide to the Study of Fresh Water Biology*. Holden-Day, Inc. San Francisco.

Pennok, Robert. (1973). *Freshwater Invertebrates of the United States*. Ronald Press, NY:

River Watch Network, 153 State St., Montpeier, Vermont 05602.

Save our Streams, The Izaak Walton League of America, 1800 North Kent Stree, Suite 806, Arlington, Virginia 22209.

Video (17 min.): *Identification of the Benthic Macro - Invertebrates*; Edward A Deschuytner, Norethern Essex Community College, Elliott Way, Haverhill, MA 01830-2399.

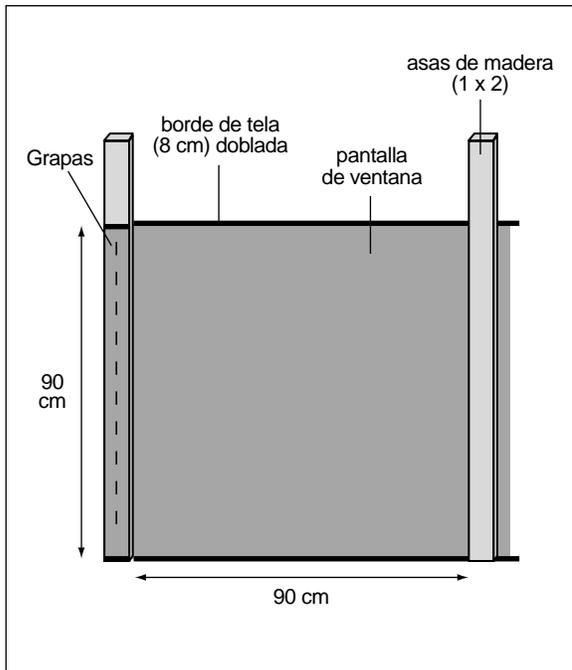


Instrucciones para Fabricar Redes para Macro - Invertebrados.

Cómo hacer una red de turbulencia

1. Doble una tira de 8 x 122 cm de tela sobre uno de los extremos largos de la malla y cose el extremo para reforzarlo.
2. Repita lo mismo con el otro extremo.
3. Pegue la malla a los palos con grapas, igualando el tamaño de los palos con la base de la malla y extendiendo para formar asas en la parte superior.
4. Envuelva la pantalla alrededor de los palos varias veces y vuelva a grapar para reforzar los extremos.

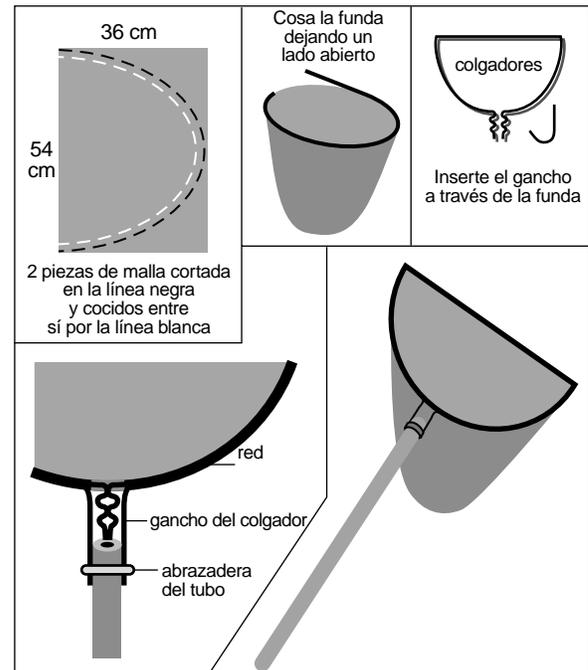
Figura HI-AC-14: Cómo Fabricar la Red de Turbulencia



Cómo Hacer Una Red D

1. Con la malla de nylon corte dos trozos de 36 x 53 cm (ver diagrama) y cósalas.
2. Al extremo abierto de la red péguele una tela pesada, dejando una abertura para formar un estuche para insertar la percha.
3. Corte los ganchos de las perchas y desenrede los alambres.
4. Utilice la cinta para pegar las perchas juntas de modo que el marco quede más pesado.
5. Inserte un alambre a través del estuche y dé vuelta a los extremos que quedan por la abertura.
6. Perfore un agujero en la punta del mango de madera que sea lo suficientemente grande como para introducir los extremos de las perchas. Inserte los extremos de éstas en el agujero del palo, asegure la red al palo usando el gancho que cortó de la percha y con la abrazadera de tubo o cinta adhesiva para asegurar el gancho al palo.

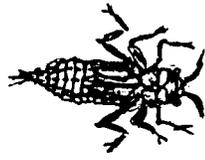
Figura HI-AC-15: Cómo Fabricar una Red D



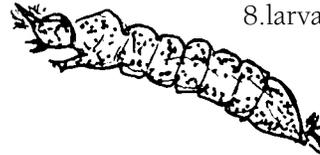
Ejemplos de Macro - Invertebrados



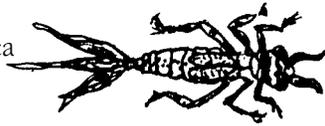
1.ninfa de libélula



8.larva de mosca negra



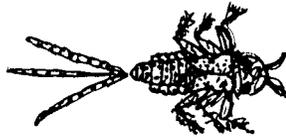
2.ninfa de mosca "damisela"



9.larva de dobsonfly



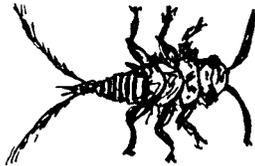
3.ninfa de efímera



10.larva de mosca



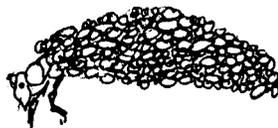
4.ninfa de stonefly



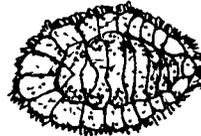
11.larva de tóxicas



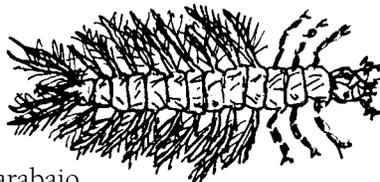
5.larva de frígano



12. larva de escarabajo acuático [en forma de moneda]



6.larva de escarabajo redondeado



13.mosquito



7.cerdito acuático



14.Scud



Modele su Balance del Agua



Propósito

Utilice los datos de GLOBE sobre temperatura, latitud y precipitación para modelar el cambio del almacenamiento de agua en el suelo a lo largo de un año y luego compare su modelo con los datos de GLOBE sobre el contenido de agua en el suelo y la información de Biometría.

Visión General

Los estudiantes crearán un modelo físico utilizando vasos para representar la columna del suelo que ilustra el balance del agua del suelo. Usarán información del Servidor de Datos de GLOBE para calcular la evapotranspiración potencial (la cantidad de agua que se requiere para cumplir la demanda del mes), las temperaturas mensuales promedio y la precipitación de su modelo. También construirán un modelo que represente el balance del agua del suelo en su sitio.

Tiempo

- Un período de clases para calcular los valores
- Un período de clases para elaborar el modelo
- Un período de clases para probar las hipótesis

Nivel

Intermedios y avanzados

Conceptos Claves

- El suelo almacena agua.
- El suelo tiene cierta capacidad para retener agua (capacidad de campo).
- Las temperaturas elevadas y los períodos largos de luz del día aumentan la evapotranspiración
- La precipitación no es igual a la cantidad de agua que se almacena en el suelo
- El contenido de agua del suelo se relaciona con el crecimiento vegetativo

Destrezas

- Medición del volumen y longitud
- Seguimiento de instrucciones
- Construcción de modelos
- Recuperación de información del Servidor de GLOBE
- Lectura de gráficos
- Cálculo de promedios
- Prueba de hipótesis utilizando modelos
- Elaboración de gráficos de los datos de GLOBE

Materiales y Herramientas

- 14 tubos de precipitación, vasos o cilindros graduados (aproximadamente de 20 a 25 cm de alto, o con la altura suficiente como para retener la precipitación total del mes más húmedo de su sitio modelo).
- Agua (u otro medio para representar la precipitación, por ejemplo arroz)
- Marcador rojo y negro
- Regla
- Información de un ejemplo del Servidor de GLOBE

Preparación

Para la actividad previa: recopilar información de GLOBE sobre temperatura, precipitación, GPS, suelo, humedad, biomasa e hidrología.

Prerequisitos

Cálculos matemáticos sencillos, lectura de gráficos, utilización del Servidor de Datos de GLOBE.



Antecedentes

La cantidad de agua que se almacena en el suelo de su sitio puede calcularse analizando el balance del agua de su zona. El contenido del agua de su suelo varía según el balance entre el agua acumulada debido a la precipitación y el agua perdida por la evaporación y la transpiración. Las cantidades combinadas de agua perdida por efecto de la evaporación y la transpiración se denominan evapotranspiración. La proporción máxima de evapotranspiración se alcanzaría si el agua siempre estuviera disponible, lo cual se denomina evapotranspiración potencial. El contenido de agua del suelo es un factor clave a la hora de determinar cuáles plantas pueden crecer en su zona. Varios factores controlan el contenido de agua del suelo, entre los cuales se cuentan la temperatura, la duración de la luz del sol, la cantidad de cobertura de suelo y la cantidad de precipitación. Se podría pensar que los meses de mayor precipitación son también los de mayor contenido de agua en el suelo. Puede que sea cierto, pero puede que no, si las temperaturas son tan elevadas, ¡puesto que el agua se evapora! Los científicos estudian el balance del agua en una zona para predecir qué tipo de plantas podrán crecer allí y cuándo estarán en crisis debido a la falta de agua.

Preparación

Analice con sus alumnos la importancia del agua contenida en el suelo. Quizás sería buena idea realizar la actividad *Colarse Simplemente*, para ilustrar la capacidad de retención de los distintos suelos.

Saque una copia de las Hojas de Trabajo para que las usen sus alumnos.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Examine los datos de la figura HI-AC-16.

Precipitación = Cantidad total de precipitación al mes.

Agua Requerida (EP) = Potencial Evapotranspiración es la cantidad total de agua que se podría perder a través de la evaporación y la transpiración si el agua estuviera siempre disponible.

Agua extra = La precipitación que excede a la cantidad requerida.

Agua extra requerida = El agua requerida por el almacenamiento para resarcirse de una reducción en la precipitación.

Almacenamiento de agua = El agua almacenada en el suelo disponible para las plantas (no puede exceder 100 mm, porque esta es la capacidad de campo para este sitio).

Escasez de agua = Agua que se necesita en exceso a la precipitación y el almacenamiento en el suelo.

Arrastre = El agua que se pierde por efecto del arrastre cuando la precipitación es mayor de lo que se requiere y el almacenamiento del suelo ya ha completado su capacidad.

Temperatura = Promedio mensual de la temperatura.

Figura HI-AC-16: Tabla de Balance del Agua en el Monte Lemmon, AZ Datos de Práctica.

Meses	Ene.	Feb.	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Precipitación (mm)	69	23	98	56	9	23	183	71	23	32	68	54	
Agua requerida (PE en mm)	13	7	16	33	64	99	101	96	86	60	27	7	
Agua extra													
Agua extra requerida													
Agua almacenada													
Escasez de agua													
Arrastre													
Temperatura (promedio en Celsius)	2	2	4	8	12	17	18	17	16	12	7	3	

1. ¿Cuál es el mes de mayor precipitación? ¿Y el de menor?
2. ¿Cuál es el mes más cálido? ¿Y el más frío?
3. ¿Durante qué meses el agua requerida será mayor que la precipitación (EP)?
4. ¿En qué meses se podría esperar tener arrastre?
5. Proponga una hipótesis acerca de en qué mes o meses usted esperaría tener escasez de agua. Registre su hipótesis y el fundamento de la misma en el Cuaderno de Ciencias GLOBE.

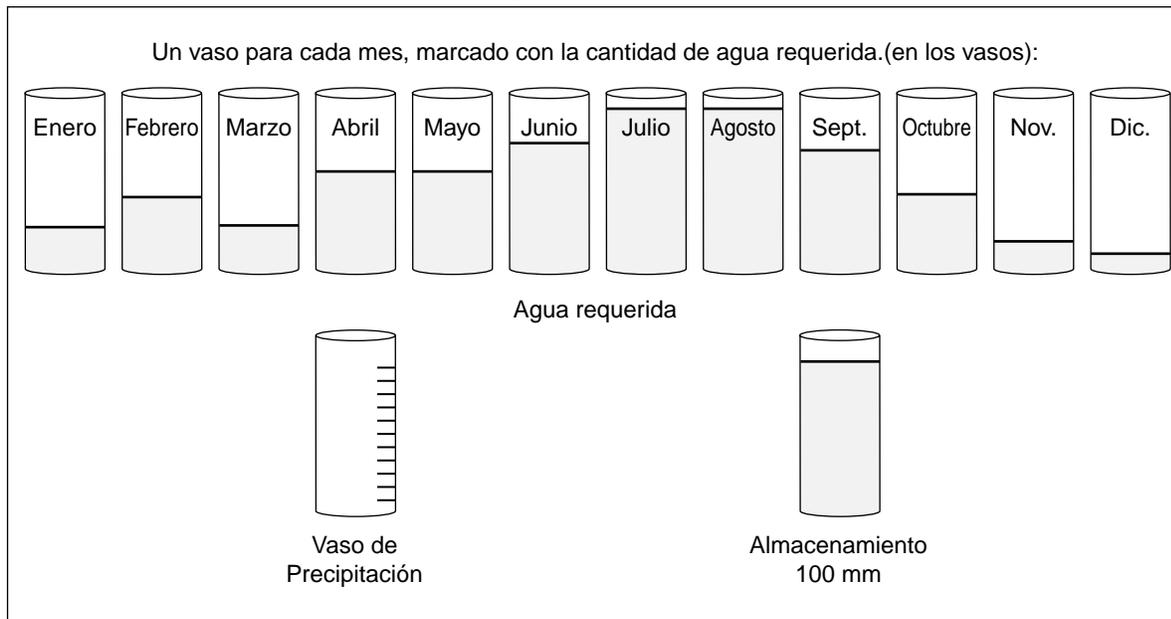
Establecimiento del Modelo

1. Asigne 12 contenedores que representen los meses del año y márquelos desde enero hasta diciembre. Vea la figura HI-AC-17.
2. Busque en la tabla la cantidad de evapotranspiración potencial (EP) que se requiere para cada mes. Dibuje una línea en cada contenedor con un marcador que muestre los milímetros de EP requerida para cada mes.
3. Marque el contenedor número 13 como de almacenamiento. Dibuje una línea en los 100 mm del contenedor para indicar cuándo se ha llenado la capacidad de almacenamiento.

Utilización de su Modelo

1. Empiece el modelaje de su balance de agua midiendo en el tubo de precipitación la cantidad de lluvia que haya recibido en enero. Luego siga los pasos detallados a continuación:
 - Si cuenta con más precipitación de la que necesita en un mes, llene el contenedor de ese mes sólo hasta la línea EP y luego vierta el agua extra del tubo de precipitación en el contenedor de almacenamiento.
 - El contenedor de almacenamiento sólo puede llenarse hasta el nivel de 100 mm. El agua extra será de arrastre y se la debe tirar.
 - Si no cuenta con precipitación suficiente para llenar algún mes hasta la línea EP, vierta toda la precipitación en el contenedor del mes. Saque agua del recipiente de almacenamiento y viértala en el contenedor del mes hasta que llegue a la línea EP.
 - Si aún así no cuenta con suficiente agua incluso después de haber vertido toda la precipitación del tubo y de haber utilizado agua almacenada, trace una línea roja en el vidrio marcando el nivel de agua para dar a conocer que ha habido escasez de agua.
2. A medida que vaya creando el modelo de balance de agua, llene la hoja de trabajo de

Figura HI-AC-17: Definición del Modelo del Balance de Agua





la tabla de balance de agua con los datos correspondientes a cada mes. (Revise el ejemplo de la tabla de balance de agua que ya está llena en la Hoja de Trabajo de la Tabla de Balance de Agua)

3. Repita estos pasos en todos los meses. Siga los meses en orden para poder conocer cuánto se almacena en cada mes.

Notas:

1. Puede usarse arena, arroz o cualquier otro material en lugar de agua.
2. Pruebe a comenzar esta experiencia en enero y luego empiece en octubre. En los Estados Unidos y en otras zonas, los hidrólogos definen un “año de agua” desde octubre, antes de la estación invernal de acumulación de nieve. ¿Obtiene usted resultados diferentes?

Analice sus Resultados

1. ¿En qué meses hubo escasez de agua? ¿Esto concuerda con sus hipótesis? ¿Existen algunas variables que se puedan tomar en cuenta a la hora de lanzar hipótesis sobre la escasez de agua en su zona?
2. ¿Ocurre la escasez de agua siempre en los meses con menores niveles de precipitación?
3. ¿Ocurre la escasez de agua siempre en los meses con las temperaturas más elevadas?
4. ¿En qué meses se podrían esperar inundaciones? Fundamente sus hipótesis.

Prueba de Otras Hipótesis con su Modelo

Elabore hipótesis que predigan la forma en la que el balance del agua variará junto con los cambios en las variables.

1. ¿Qué sucede si el invierno es especialmente húmedo? (aumenta la precipitación de invierno)
2. ¿Qué sucede si el verano es más seco que de costumbre? (reduce la precipitación en verano)
3. ¿Qué sucede si tiene un verano más caluroso de costumbre? (aumenta la cantidad de agua requerida -EP- para los meses de verano).
4. ¿Qué sucede si aumenta su agua almacenada construyendo un reservorio artificial? (aumenta la cantidad almacenada a 15 mm)
Compruebe sus hipótesis modificando las

variables de la tabla y realizando el modelo nuevamente.

Adaptación Para Estudiantes Mayores

Pida a sus alumnos que llenen la tabla de la hoja de trabajo sobre balance del agua con información de su propio lugar o usando la de GLOBE.

1. Averigüe el promedio de precipitación mensual de cada mes y llene la fila correspondiente a precipitación en la tabla.
 2. Averigüe la temperatura mensual promedio de cada mes y llene la fila correspondiente a temperatura en la tabla.
 3. Averigüe la latitud de su lugar y llene la latitud.
 4. Averigüe la EP de cada mes y llene la fila de EP en la tabla. (La EP se puede calcular utilizando la hoja de trabajo sobre cómo calcular la EP del apéndice).
 5. Averigüe la diferencia entre precipitación y el agua requerida (EP) para el mes.
 - Si existe más agua de la que se necesita, registre la diferencia en la fila de agua extra.
 - También ingrese esta diferencia en la fila correspondiente al agua almacenada, añadiendo a este valor cualquier agua que ya esté almacenada desde el mes anterior.
- Nota:** Durante el primer mes no va a tener un número para añadir del mes anterior, de modo que sólo registre la diferencia.
- La cantidad almacenada no puede ser <0 o >100 . Coloque la cantidad que exceda los 100 mm como si fuera arrastrada.
 - Si existe menos agua de la que se requiere, registre la diferencia en la fila del agua extra requerida.
 - Reste (agua de almacenamiento del mes anterior) / (agua extra requerida para el mes actual).
 - Registre el valor resultante en el casillero del almacenamiento de agua para el presente mes si es >0 .
 - Si el número es <0 , registre 0 en el casillero de almacenamiento de agua y su respuesta en el casillero de escasez de agua.

6. Los estudiantes también deben calcular la cantidad real de pérdida de agua mediante la evapotranspiración:

Si la precipitación > EP:

La evapotranspiración real = EP

Si la precipitación < EP (siempre y cuando exista agua almacenada)

La evapotranspiración real = precipitación + agua extra requerida.

Únicamente puede añadir la cantidad de agua disponible en el recipiente de almacenamiento.

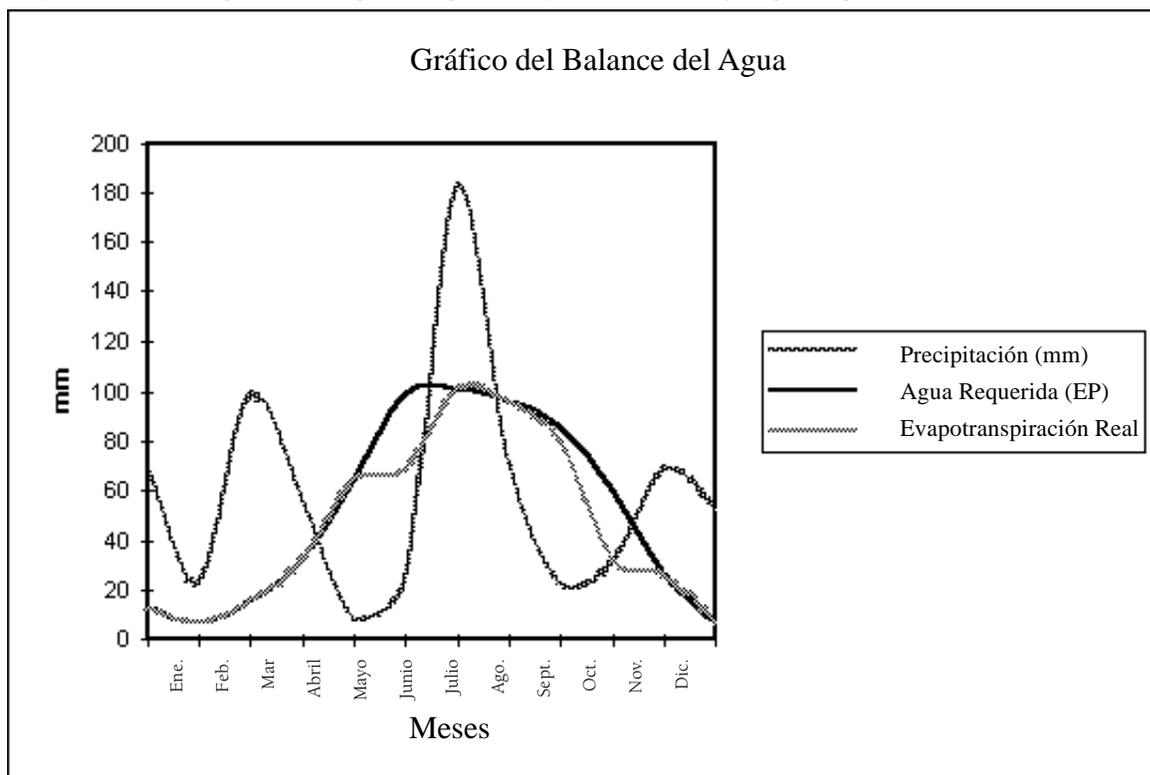
Elabore un gráfico de la precipitación, la evapotranspiración real y la EP (3 líneas) del lugar utilizando los meses en el eje de la X y los mm de agua en el eje de la Y para la precipitación y precipitación real. Vea la figura HI-AC-18. Examine el gráfico y la sombra de las zonas en las que ha tenido exceso de agua, escasez, utilización de la escasez y recarga y arrastre.

Elabore una hipótesis sobre cuán cerca las otras variables pueden relacionarse con el balance del

agua. Utilice el Servidor de Datos de GLOBE para investigar su hipótesis.

1. Analice los datos de GLOBE sobre la humedad del suelo del lugar donde ha elaborado el modelo de balance del agua. ¿Qué relación puede encontrar entre su modelo y los datos sobre la humedad del suelo?
2. Compare los datos de GLOBE sobre la biomasa del lugar donde usted modela el balance del agua. ¿Están cercanos unos de otros? ¿Hay ocasiones de mayor biomasa cuando hay más cantidad de agua disponible?
3. Elabore un gráfico de sus mediciones de la química del agua. ¿Existen muchos indicios de posibles cambios en el balance del agua que pudieran afectar la calidad de un cuerpo acuático?

Figura HI-AC-18: Ejemplo de Gráfico para Precipitación, Agua Requerida (EP) y Evapotranspiración Real



Investigación de Hidrología

Hoja de Trabajo de la Tabla de Balance del Agua

Meses	Ene.	Feb.	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Precipitación (mm)													
Agua requerida (PE en mm)													
Agua extra													
Agua extra requerida													
Agua almacenada													
Escasez de agua													
Arrastre													
Temperatura (promedio en Celsius)													

Ejemplo: Tabla Llena del Balance del Agua (Datos del Monte Lemmon, Arizona, Estados Unidos)

Meses	Ene.	Feb.	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Precipitación (mm)	69	23	98	56	9	23	183	71	23	32	68	54	
Agua requerida (EP en mm)	13	7	16	33	64	99	101	96	86	60	27	7	
Agua extra	56	16	82	23			82				41	47	
Agua extra requerida					55	76		25	63	28			
Agua almacenada	56	72	100	100	45	0	82	57	0	0	41	88	
Escasez de agua						31			6	28			
Arrastre			54	23									
Evapotranspiración Real	13	7	16	33	64	68	101	96	80	32	27	7	
Temperatura (promedio en Celsius)	2	2	4	8	12	17	18	17	16	12	7	3	

Investigación de Hidrología

Hoja de Trabajo Para Calcular la Evapotranspiración Potencial

Esta hoja de trabajo le permitirá calcular la evapotranspiración potencial (EP) de cualquier lugar utilizando los datos sobre temperatura y latitud del servidor de GLOBE. La evapotranspiración potencial luego puede utilizarse en la actividad del balance del agua.

Paso 1

Averigüe la temperatura promedio mensual de su sitio utilizando el Servidor de Datos de GLOBE

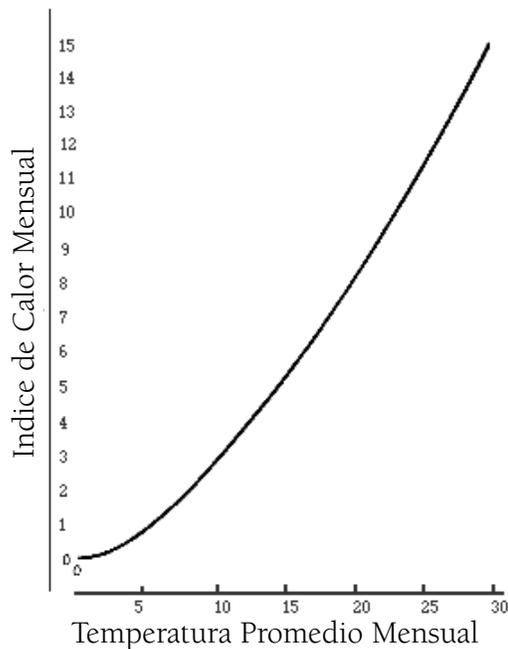
Temperatura Promedio Mensual:

Enero__Febrero__Marzo__Abril__Mayo__Junio__
Julio__Agosto__Septiembre__Octubre__Noviembre__Diciembre__

Paso 2

Averigüe los **Indices de Calor** de cada mes basándose en el gráfico de abajo.

Indice de Calor Mensual



Enero__Febrero__Marzo__Abril__Mayo__Junio__
Julio__Agosto__Septiembre__Octubre__Noviembre__Diciembre__

Paso 3

Añada los índices de calor mensuales al Índice de Calor Anual.

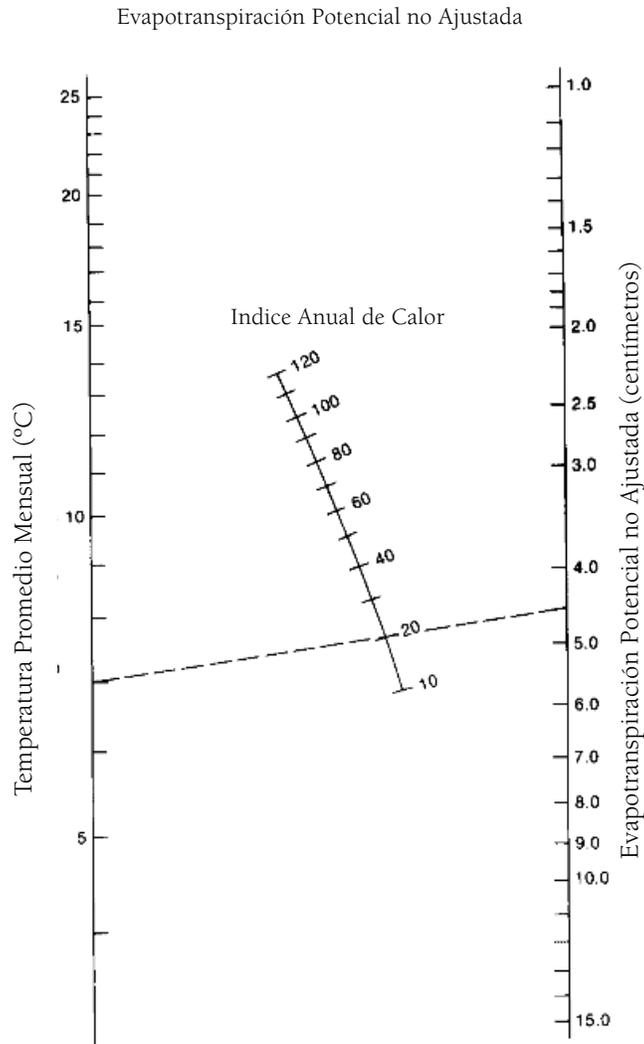
Indice de Calor Anual: _____

Hoja de Trabajo Para Calcular la Evapotranspiración Potencial (continuación)

Paso 4

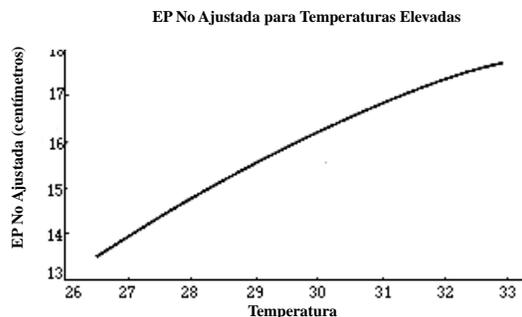
Utilizando el índice de calor anual y la temperatura promedio mensual, averigüe la evapotranspiración potencial no ajustada en el gráfico que viene a continuación.

NOTA: Si la temperatura promedio del mes es inferior a 0, la evapotranspiración potencial no ajustada de ese mes será 0. Si la temperatura promedio del mes es mayor que 26,5, utilice la evapotranspiración potencial no ajustada para el gráfico de temperaturas altas que viene a continuación.



Nota: Para utilizar el gráfico anterior, averigüe la temperatura promedio mensual de su lugar en el eje izquierdo y el índice de calor anual en el centro. Trace una línea recta que una los dos puntos y continúe hasta que cruce la línea de la evapotranspiración potencial no ajustada en la derecha. Lea la EP no ajustada en esta línea y registre el valor en la parte inferior. Para temperaturas mayores, utilice el gráfico que viene a continuación para leer la EP no ajustada directamente de la temperatura.

Hoja de Trabajo Para Calcular la Evapotranspiración Potencial (continuación)



Evapotranspiración Potencial No Ajustada para cada mes

Enero ___ Febrero ___ Marzo ___ Abril ___ Mayo ___ Junio ___
 Julio ___ Agosto ___ Septiembre ___ Octubre ___ Noviembre ___ Diciembre ___

Paso 5

Registre el Factor de Corrección de cada mes en la tabla que viene a continuación.

Enero ___ Febrero ___ Marzo ___ Abril ___ Mayo ___ Junio ___
 Julio ___ Agosto ___ Septiembre ___ Octubre ___ Noviembre ___ Diciembre ___

Paso 6

Multiplique el Factor de Corrección por la EP no ajustada para averiguar la Evapotranspiración Potencial.

Evapotranspiración Potencial

Enero ___ Febrero ___ Marzo ___ Abril ___ Mayo ___ Junio ___
 Julio ___ Agosto ___ Septiembre ___ Octubre ___ Noviembre ___ Diciembre ___

Factores de Corrección a la Luz 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

Cómo usar la tabla: Para cada mes, busque la latitud del lugar y el mes para averiguar el Factor de Corrección para cada mes.

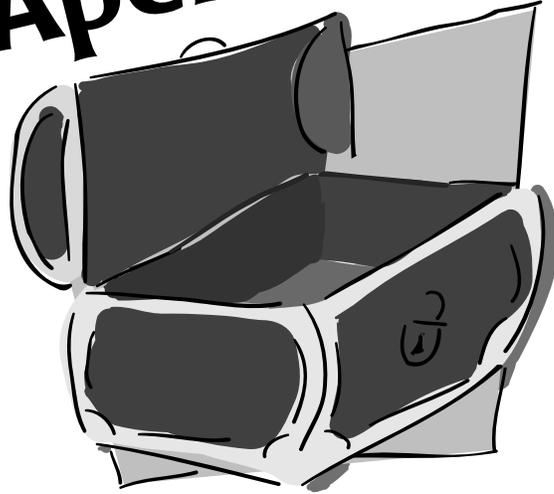
Nota: Los factores de corrección para la latitud 50N se utilizan en todas las latitudes que están más hacia el norte. Los factores de corrección de la latitud 50S se utilizan en todas las latitudes que están más hacia el sur.

Paso 7

Registre la EP en la fila correspondiente de su Tabla del Balance del Agua.

* Adaptado de Muller, Robert A y Oberlander, T. (1978) *Physical Geography Today: A Portrait of a Planet*, Random House.

Apéndice



Hoja de Trabajo de Datos

Hoja de Trabajo de Datos de Calibración

Conceptos Básicos sobre Curvas de Nivel

Gráficos para Duplicación

Glosario

Hojas de Ingreso de Datos en la Web de GLOBE

Investigación de Hidrología

Hoja de Trabajo de Datos

Nombre de la escuela: _____

Grupo de estudiantes: _____

Nombre del lugar: _____

Fecha de recolección de la muestra: _____ hora: _____ (horas y minutos) marque uno: UT ___ local ___

Transparencia

Cobertura de nubes (marque uno): ___ claro ___ disperso ___ roto ___ nublado

Disco Secchi:

Observador 1: longitud de la soga: cuando el disco desaparece: _____ m Cuando el disco reaparece: _____ m

Distancia desde donde el observador 1 marcó la soga en la superficie del agua: _____ m

Observador 2: longitud de la soga: cuando el disco desaparece: _____ m Cuando el disco reaparece: _____ m

Distancia desde donde el observador 2 marcó la soga en la superficie del agua: _____ m

Observador 3: longitud de la soga: cuando el disco desaparece: _____ m Cuando el disco reaparece: _____ m

Distancia desde donde el observador 3 marcó la soga en la superficie del agua: _____ m

Tubo de Turbiedad:

Línea de agua en el tubo cuando la imagen desaparece:

Observador 1: _____ cm

Observador 2: _____ cm

Observador 3: _____ cm

Temperatura del Agua:

Observador 1: _____ °C Observador 2: _____ °C Observador 3: _____ °C Promedio: _____ °C

Oxígeno Disuelto

Observador 1: _____ mg/l Observador 2: _____ mg/l Observador 3: _____ mg/l Promedio: _____ mg/l

Fabricante del juego y modelo: _____

pH

Método usado en la medición: ___ papel ___ lápiz ___ medidor

Valor de los amortiguadores en el lugar: pH 4: _____ pH 7: _____ pH 10: _____

Observador 1: _____

Observador 2: _____

Observador 3: _____

Promedio: _____

Conductividad:

Conductividad estandar: _____ MicroSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Observador 1: _____ $\mu\text{S}/\text{cm}$

Observador 2: _____ $\mu\text{S}/\text{cm}$

Observador 3: _____ $\mu\text{S}/\text{cm}$

Promedio: _____ $\mu\text{S}/\text{cm}$

Hoja de Trabajo de Datos (página 2)

Salinidad

Información Sobre Mareas

Hora de la marea antes de la medición: _____ horas y minutos

Marque uno: marea alta ___ marea baja ___ Marque uno: UT _____ hora local _____

Hora de la marea después de la medición: _____ horas y minutos

Marque uno: marea alta ___ marea baja ___ Marque uno: UT _____ hora local _____

Lugar donde suceden estas mareas: _____

Salinidad (Método del Hidrómetro)

	Observador 1	Observador 2	Observador 3
Temperatura del agua en el cilindro:	_____ °C	_____ °C	_____ °C
Gravedad específica:	_____	_____	_____
Salinidad de la muestra:	_____ ppt	_____ ppt	_____ ppt
Promedio de salinidad:	_____ ppt		

Titulación Opcional de Salinidad

Salinidad de la muestra: Observador 1: _____ ppt Observador 2: _____ ppt Observador 3: _____ ppt

Promedio de salinidad: _____ ppt

Fabricante del juego y modelo: _____

Alcalinidad

Para Juegos de Instrumentos que leen la Alcalinidad Directamente

Observador 1: _____ mg/l como CaCO₃ Observador 2: _____ mg/l como CaCO₃

Observador 3: _____ mg/l como CaCO₃ Promedio _____ mg/l como CaCO₃

Juegos Hach u otros en los que se cuentan gotas:

	Observador 1	Observador 2	Observador 3	Promedio
Número de gotas	_____ gotas	_____ gotas	_____ gotas	_____ gotas
Conversión constante para su juego y protocolo:	x _____	x _____	x _____	x _____

Alcalinidad total (mg/l como CaCO₃) = _____ mg/l = _____ mg/l = _____ mg/l = _____ mg/l

Fabricante del juego y modelo: _____

Nitrato:

Observador 1: _____ mg/l NO₃⁻ - N + NO₂⁻ - N _____ mg/l NO₂⁻ - N

Observador 2: _____ mg/l NO₃⁻ - N + NO₂⁻ - N _____ mg/l NO₂⁻ - N

Observador 3: _____ mg/l NO₃⁻ - N + NO₂⁻ - N _____ mg/l NO₂⁻ - N

Promedio: _____ mg/l NO₃⁻ - N + NO₂⁻ - N _____ mg/l NO₂⁻ - N

Fabricante del juego y modelo: _____

Investigación de Hidrología

Hoja de Trabajo de Datos de Calibración

Nombre de la escuela: _____

Grupo de estudiantes: _____

Fecha: _____

Oxígeno Disuelto:

Temperatura del agua destilada: _____ C; Elevación de su sitio: _____ metros

Oxígeno disuelto en el agua destilada agitada:

Observador 1: _____ mg/l Observador 2: _____ mg/l Observador 3: _____ mg/l Promedio: _____ mg/l

Solubilidad del oxígeno en el agua para su temperatura al nivel del mar de la tabla 3-1.	Valor de calibración para su elevación de la tabla 3-2.	Valor esperado de OD en su agua destilada.
_____ mg/l	_____	_____ mg/l
x	=	

Fabricante del juego y modelo: _____

Salinidad

Salinidad del estándar: Observador 1: _____ ppt Observador 2: _____ ppt Observador 3: _____ ppt

Promedio de la salinidad: _____ ppt

Fabricante del juego y modelo: _____

Alcalinidad

Para el Estándar de Bicarbonato de Sodio

Para juegos que leen la alcalinidad directamente

Observador 1: _____ mg/l como CaCO₃ Observador 2: _____ mg/l como CaCO₃

Observador 3: _____ mg/l como CaCO₃ Promedio: _____ mg/l como CaCO₃

Juegos Hach u otros en los que se cuentan gotas:

	Observador 1	Observador 2	Observador 3	Promedio
Número de gotas	_____gotas	_____gotas	_____gotas	_____gotas
Conversión constante para el juego y protocolo:	x_____	x_____	x_____	x_____

Alcalinidad total (mg/l como CaCO₃)= _____ mg/l = _____ mg/l = _____ mg/l = _____ mg/l

Fabricante del juego y modelo: _____

Nitrato:

Observador 1: _____ mg/INO₃⁻ - N Observador 2: _____ mg/l NO₃⁻ - N Observador 3: _____ mg/l NO₃⁻ - N

Promedio: _____ mg/l NO₃⁻ - N

Fabricante del juego y modelo: _____

Investigación de Hidrología

Curvas Básicas de Nivel

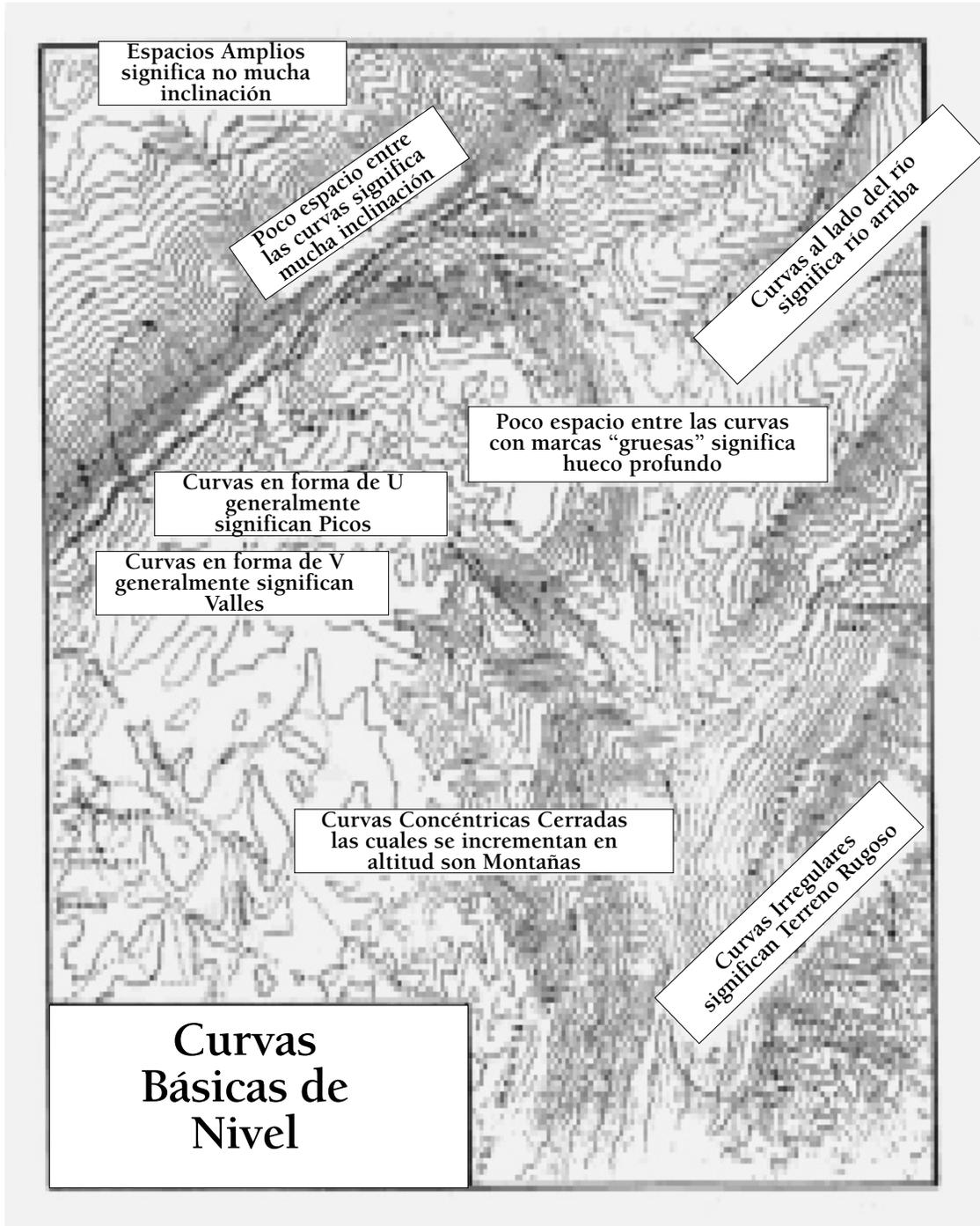


Figura HI-AP-1: Escuela GLOBE en California, EE.UU.

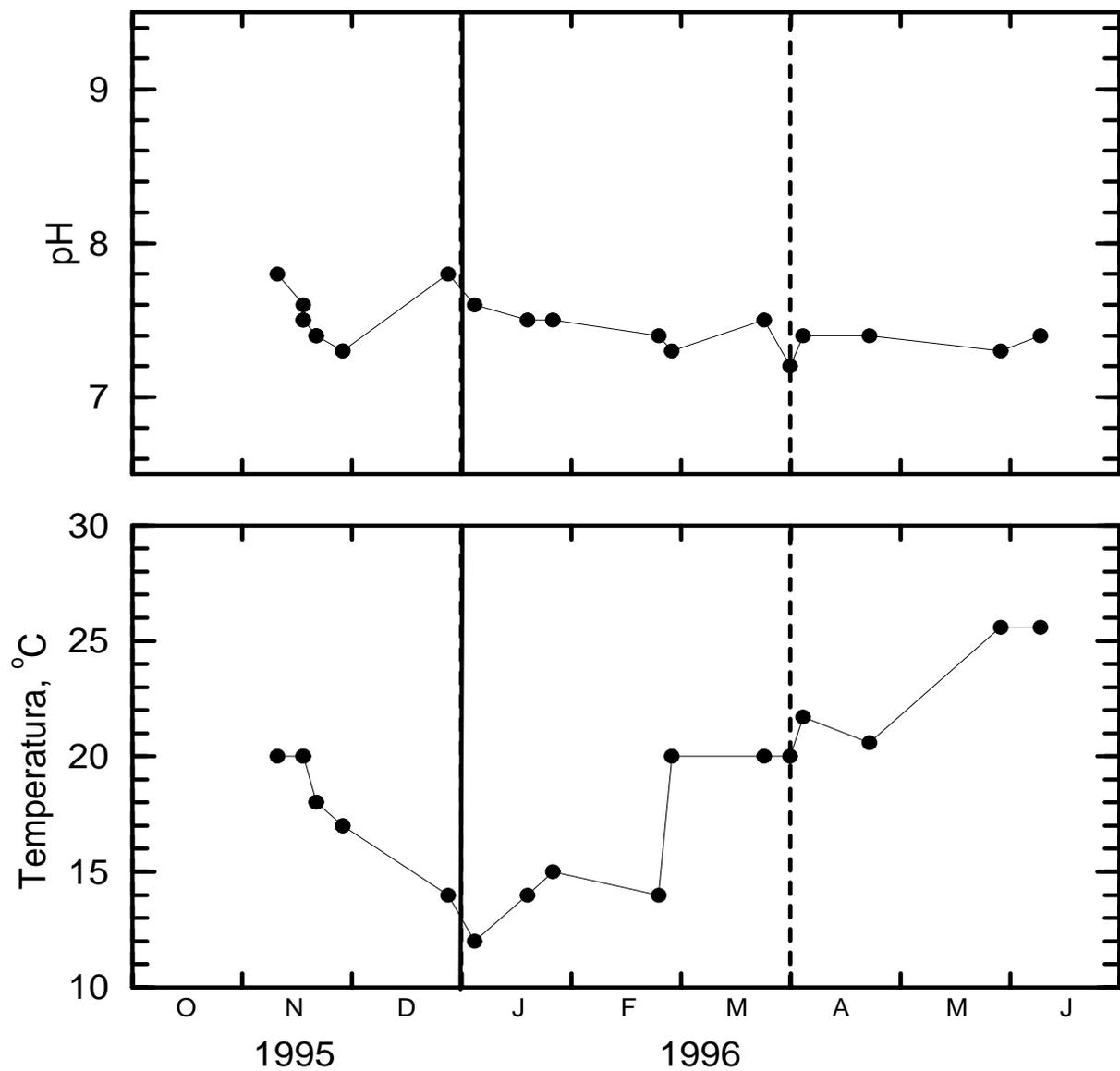


Figura HI-AP-2: Escuela GLOBE en California, EE.UU.

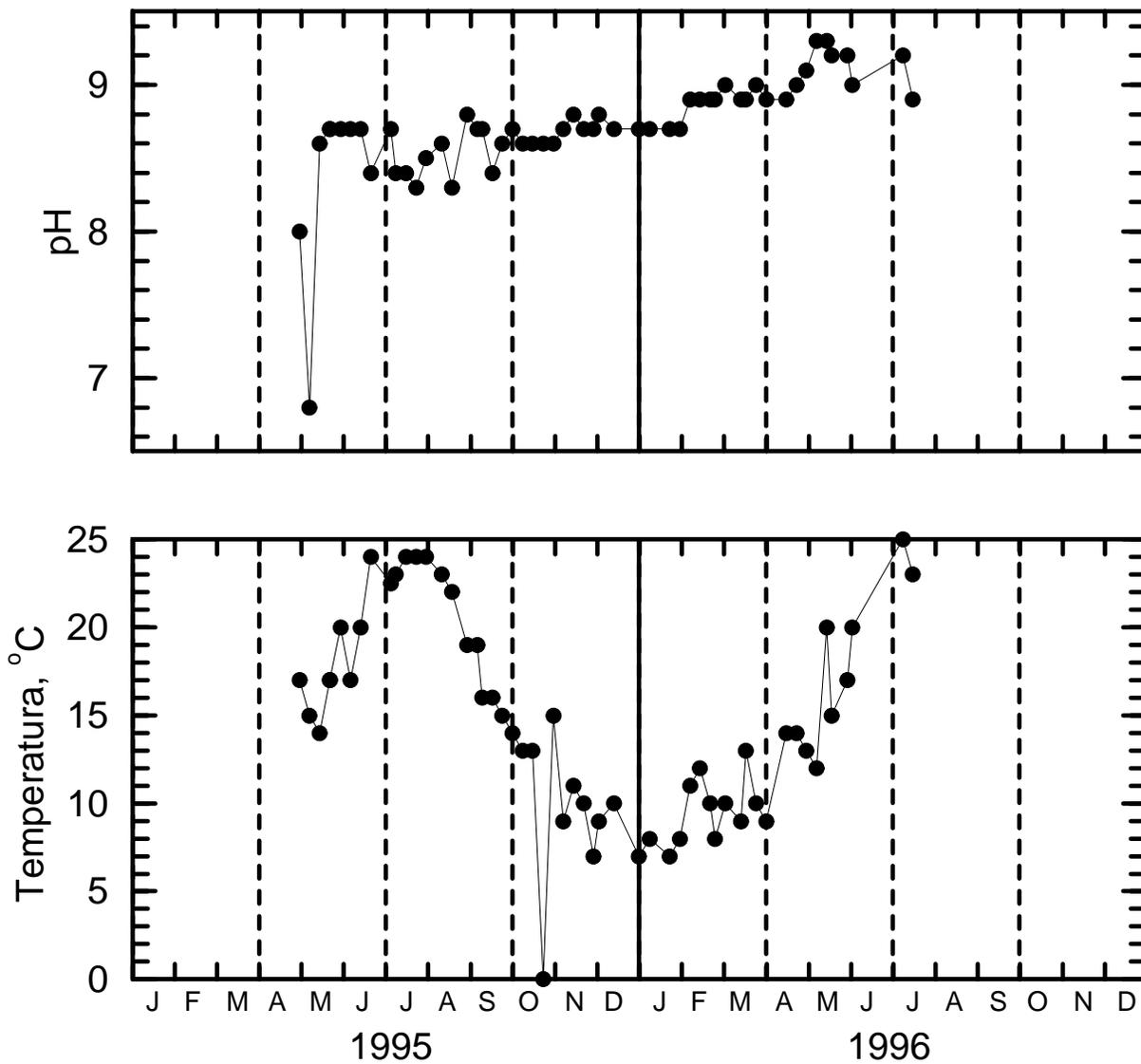


Figura HI-AP-3: Escuela GLOBE en California, EE.UU.

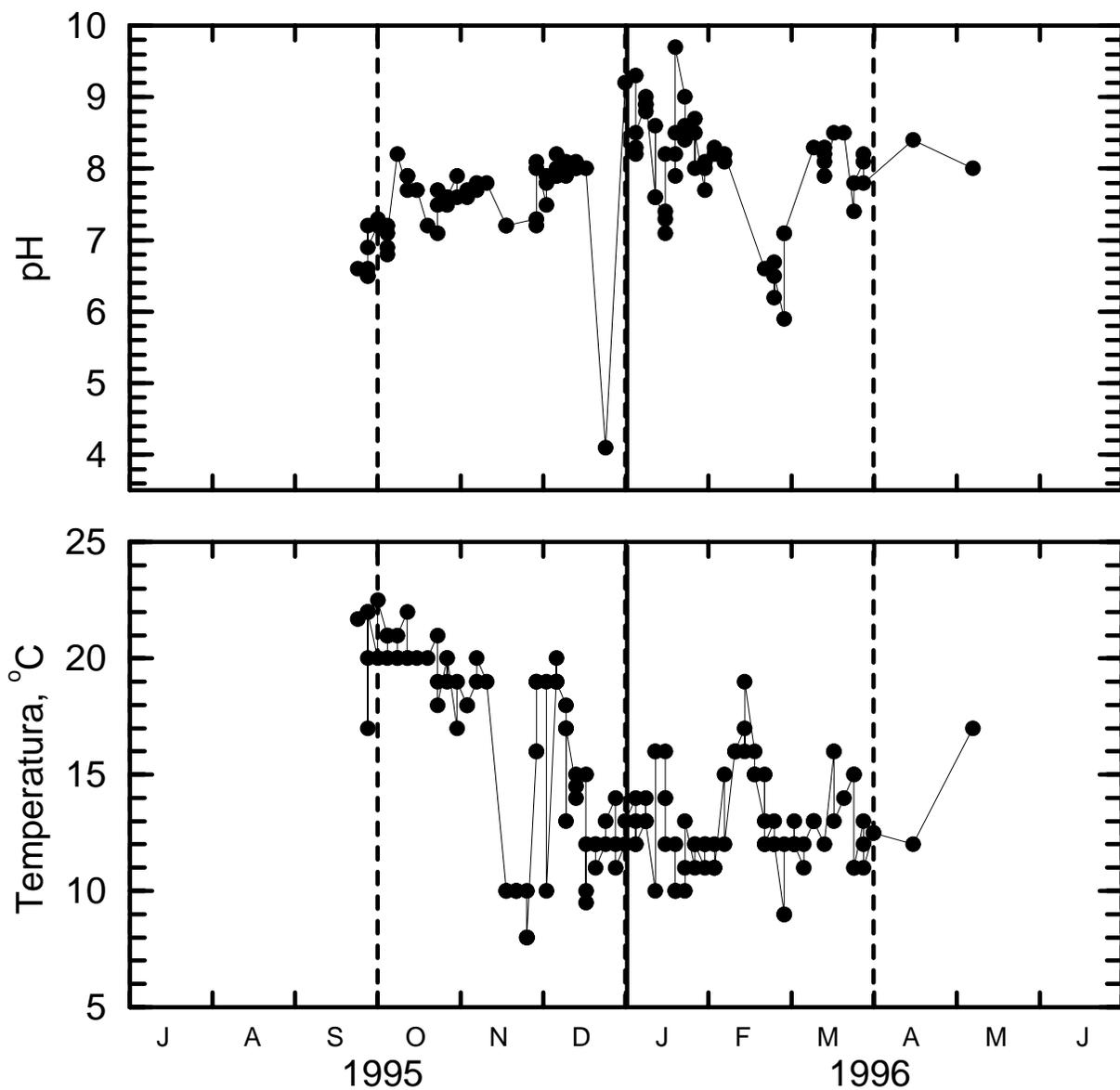


Figura HI-AP-4: Escuela GLOBE en Florida, EE.UU.

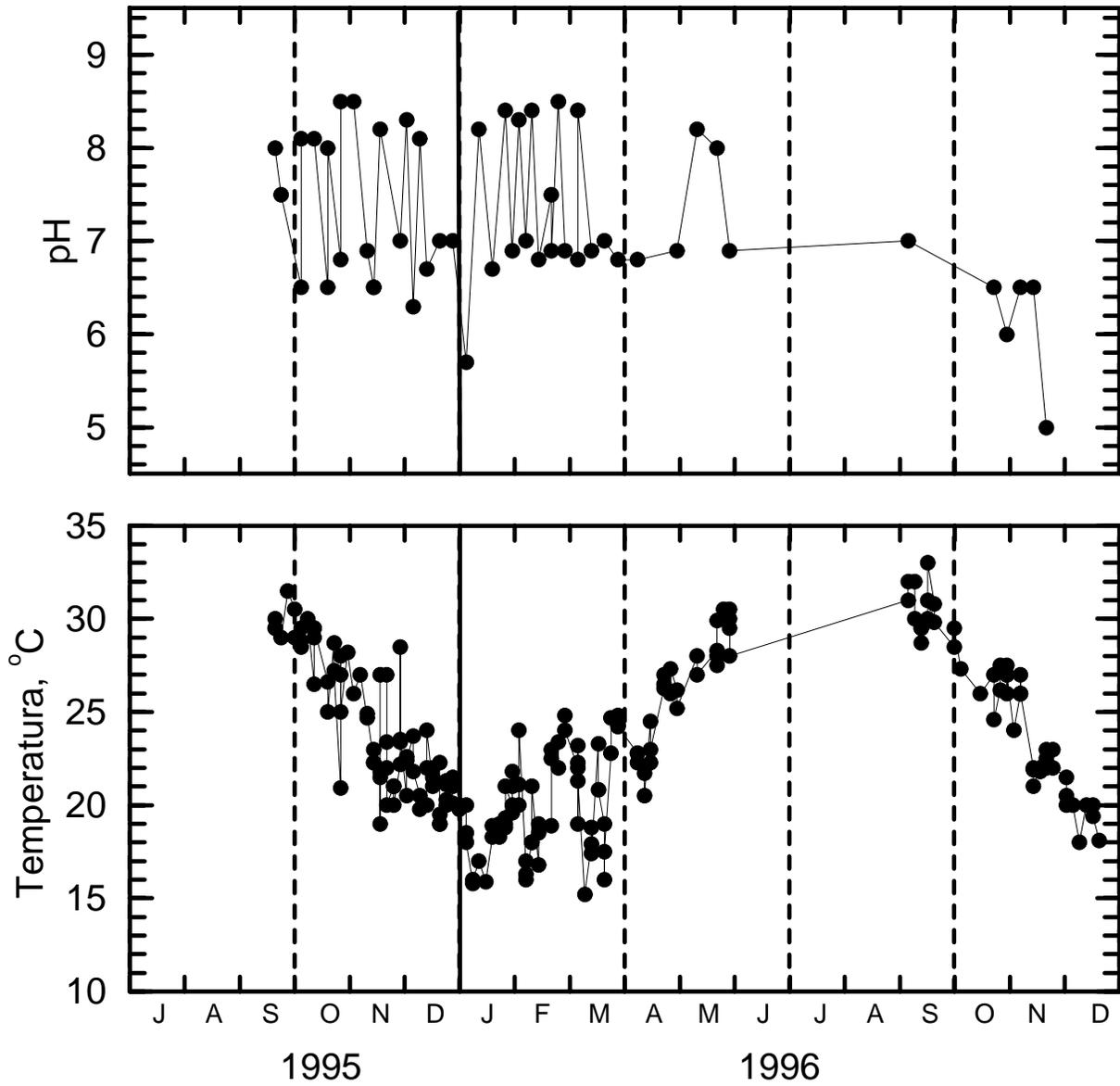


Figura HI-AP-5: Escuela GLOBE en Washington, EE.UU

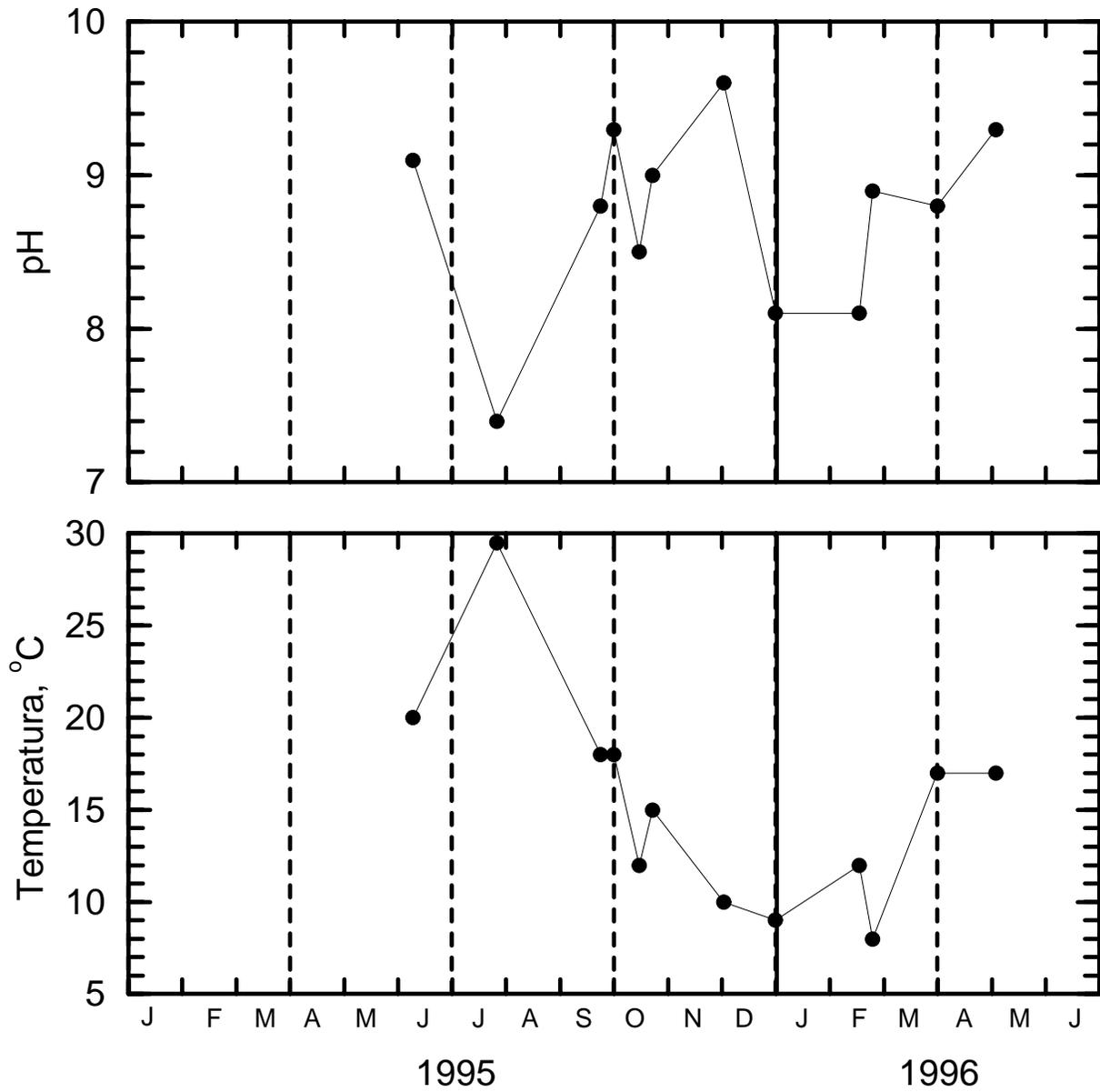


Figura HI-AP-7:Escuela GLOBE en Nueva Jersey, EE.UU

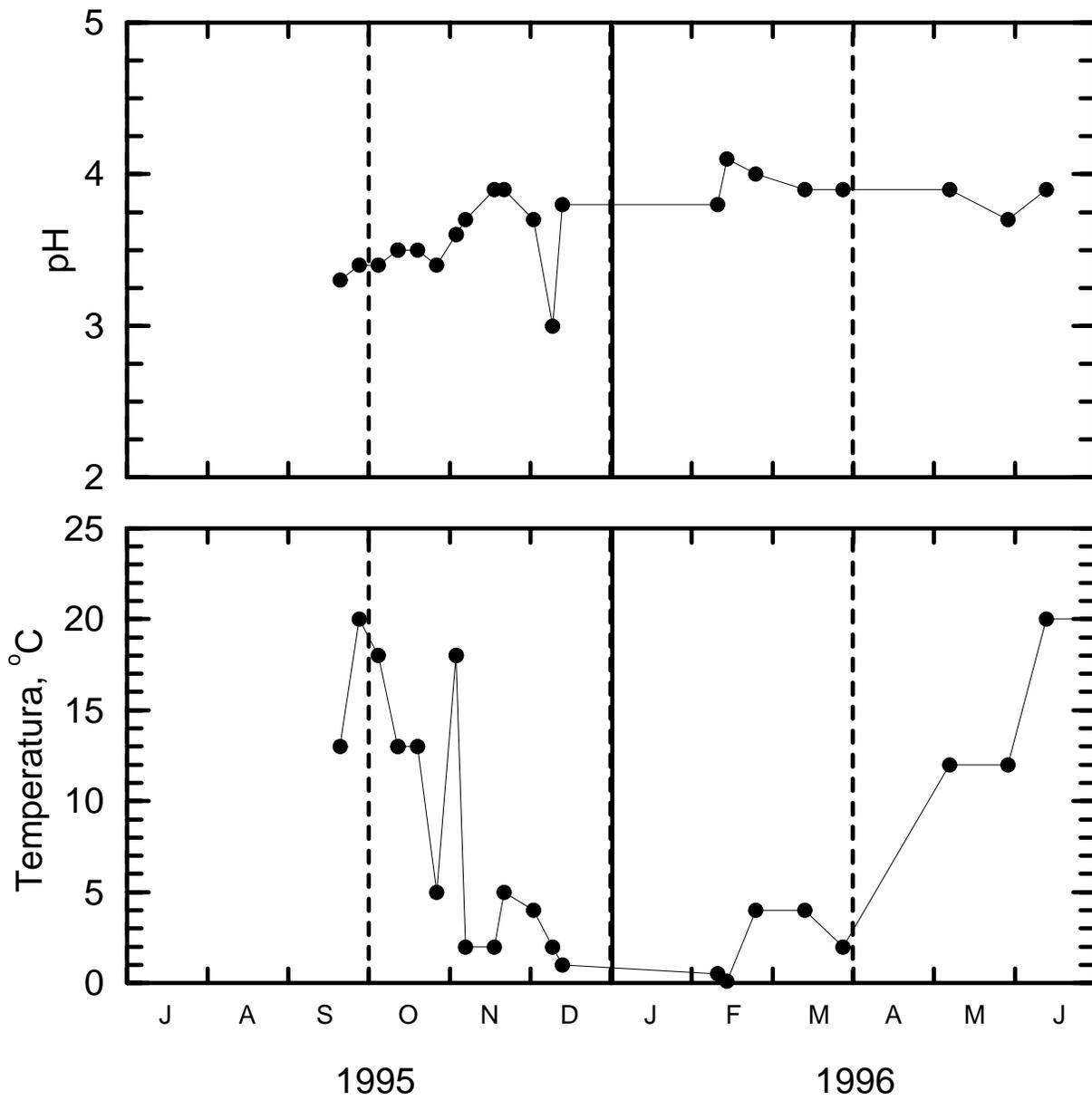


Figura HI-AP-8: Escuela GLOBE en Japón

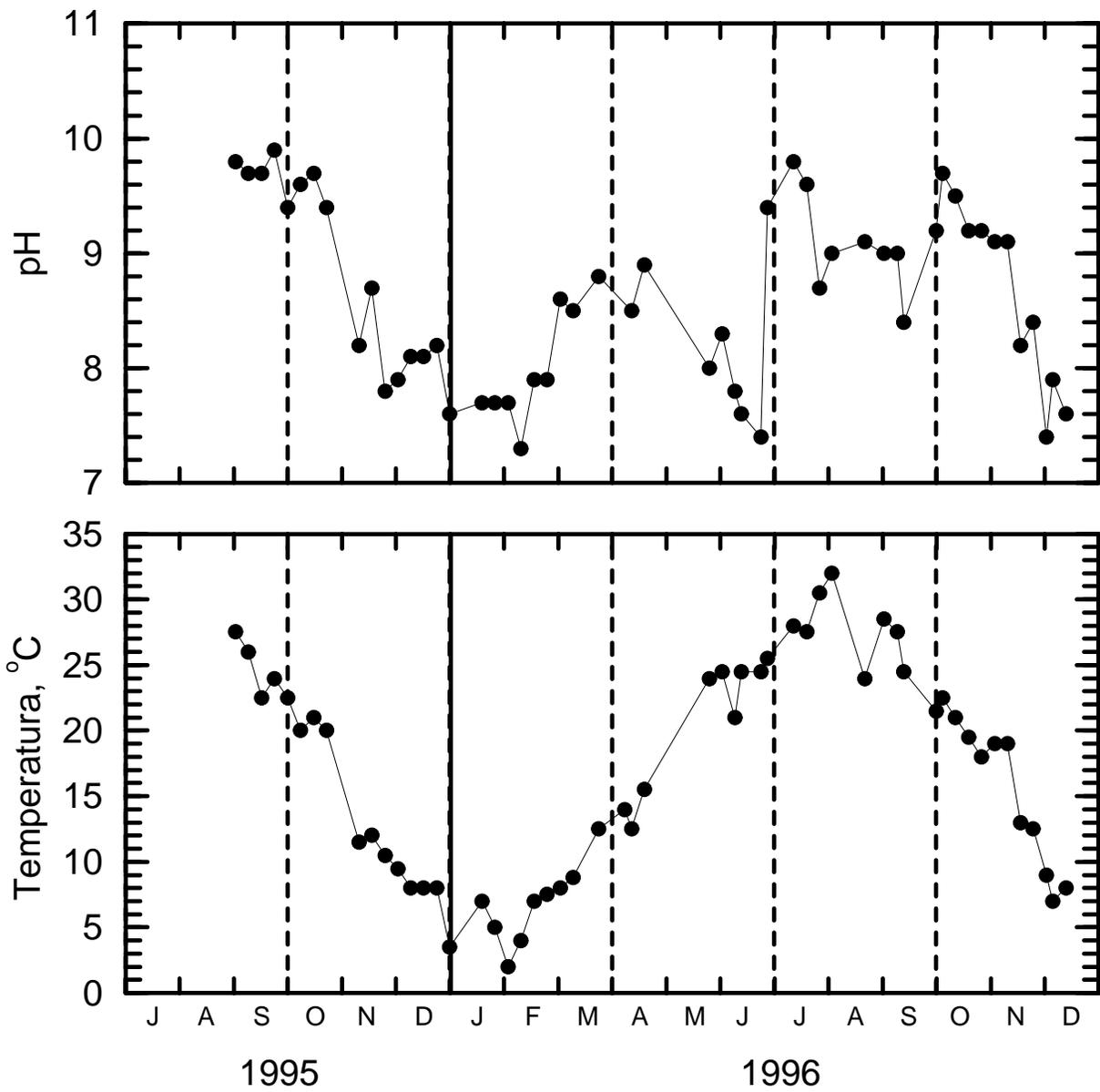


Figura HI-AP-9: Escuela GLOBE en el Medio Oeste de Estados Unidos

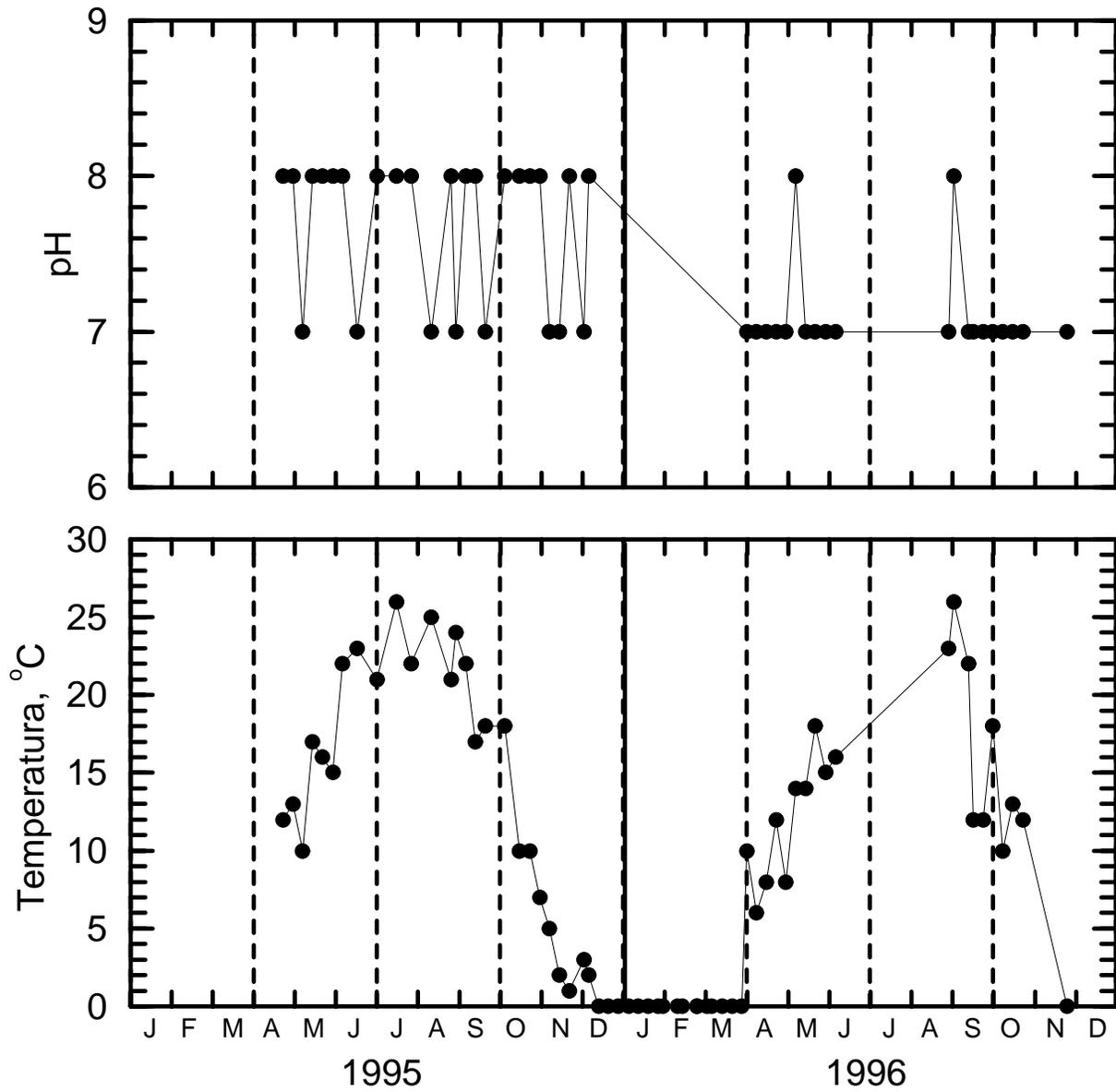


Figura HI-AP-10: Escuela GLOBE en California, EE.UU

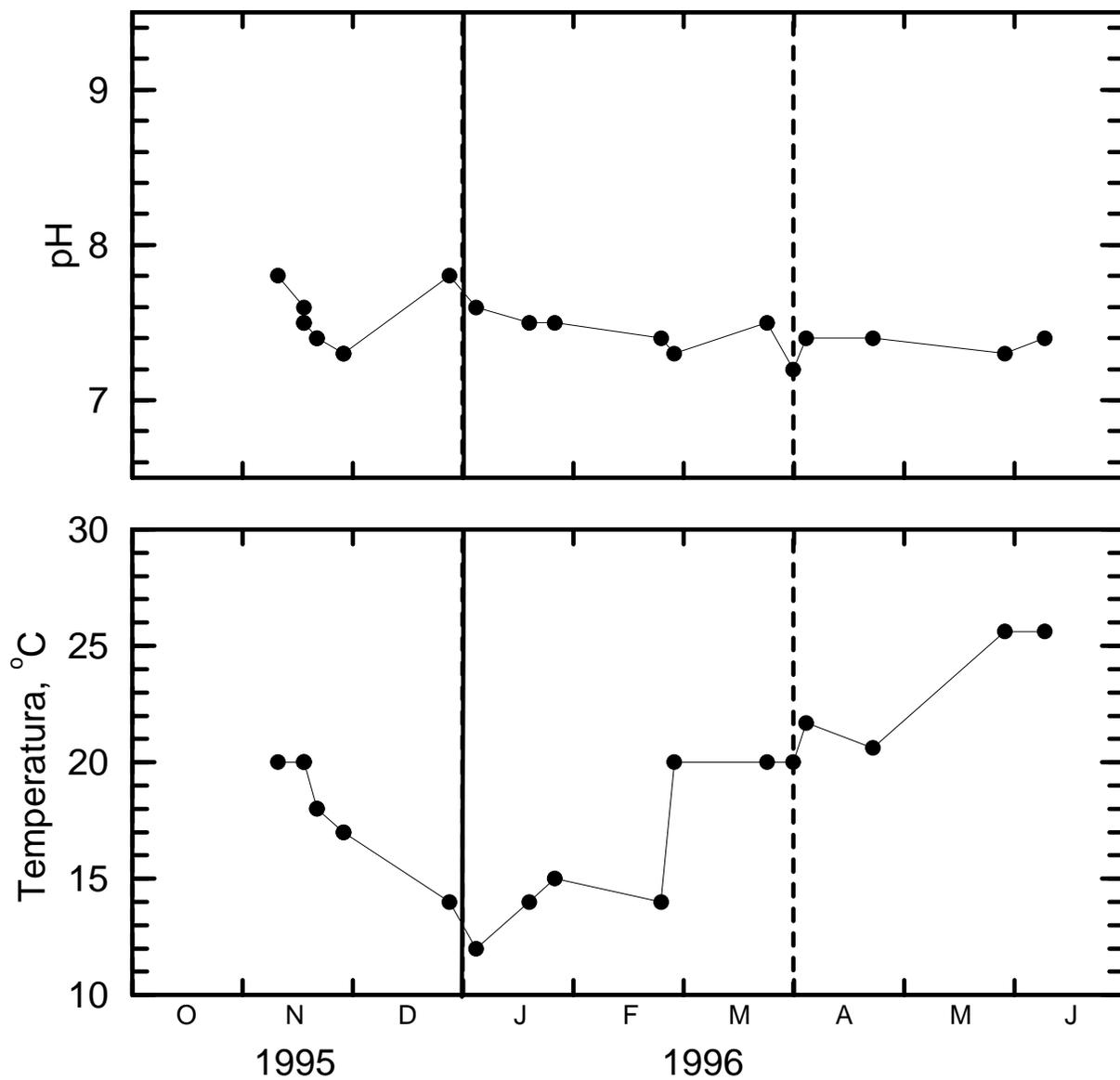


Figura HI-AP-11: Datos GLOBE Sobre Alcalinidad, Septiembre - Diciembre de 1996

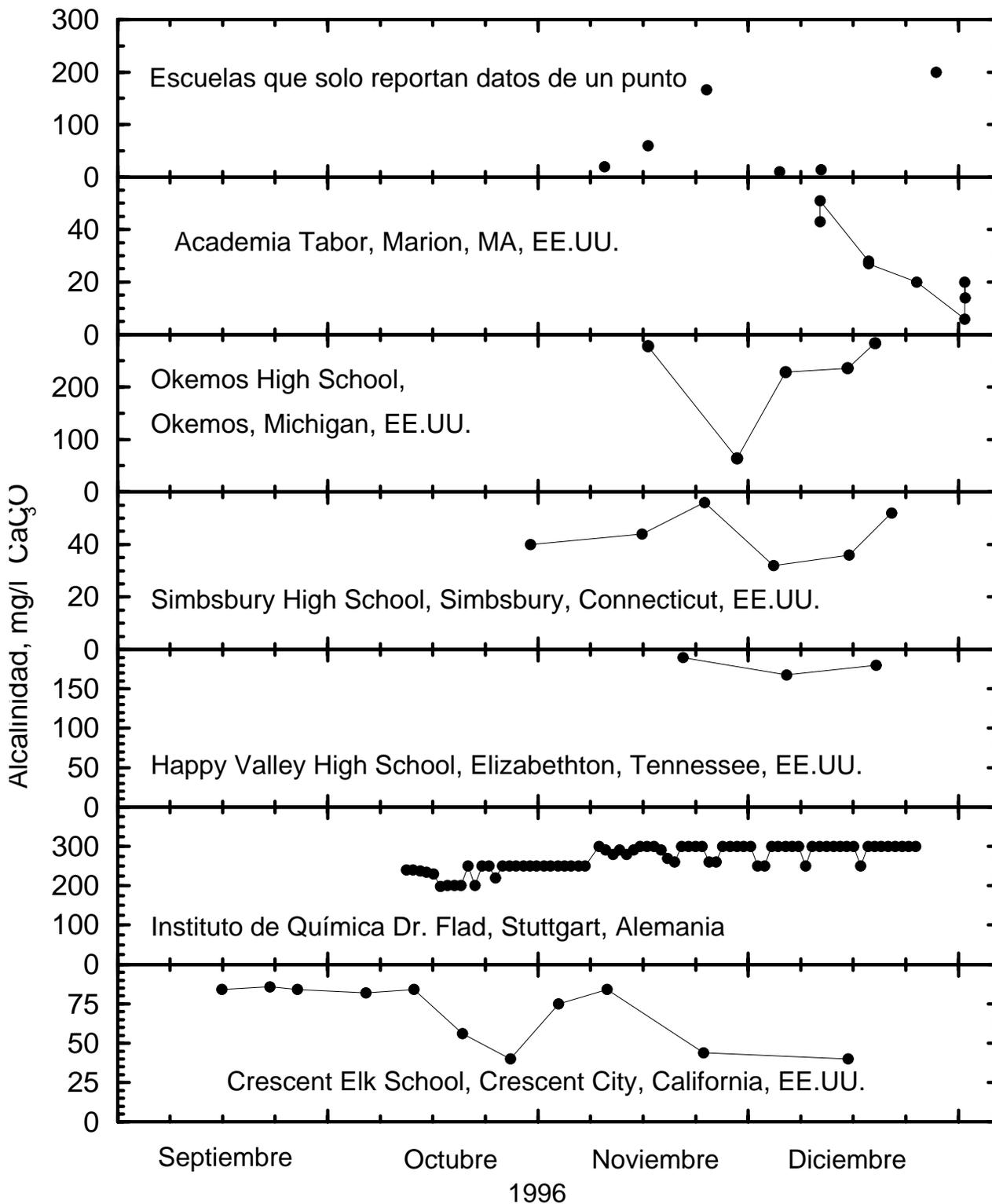


Figura HI-AP-12: Datos GLOBE de Conductividad Eléctrica, Septiembre - Diciembre de 1996

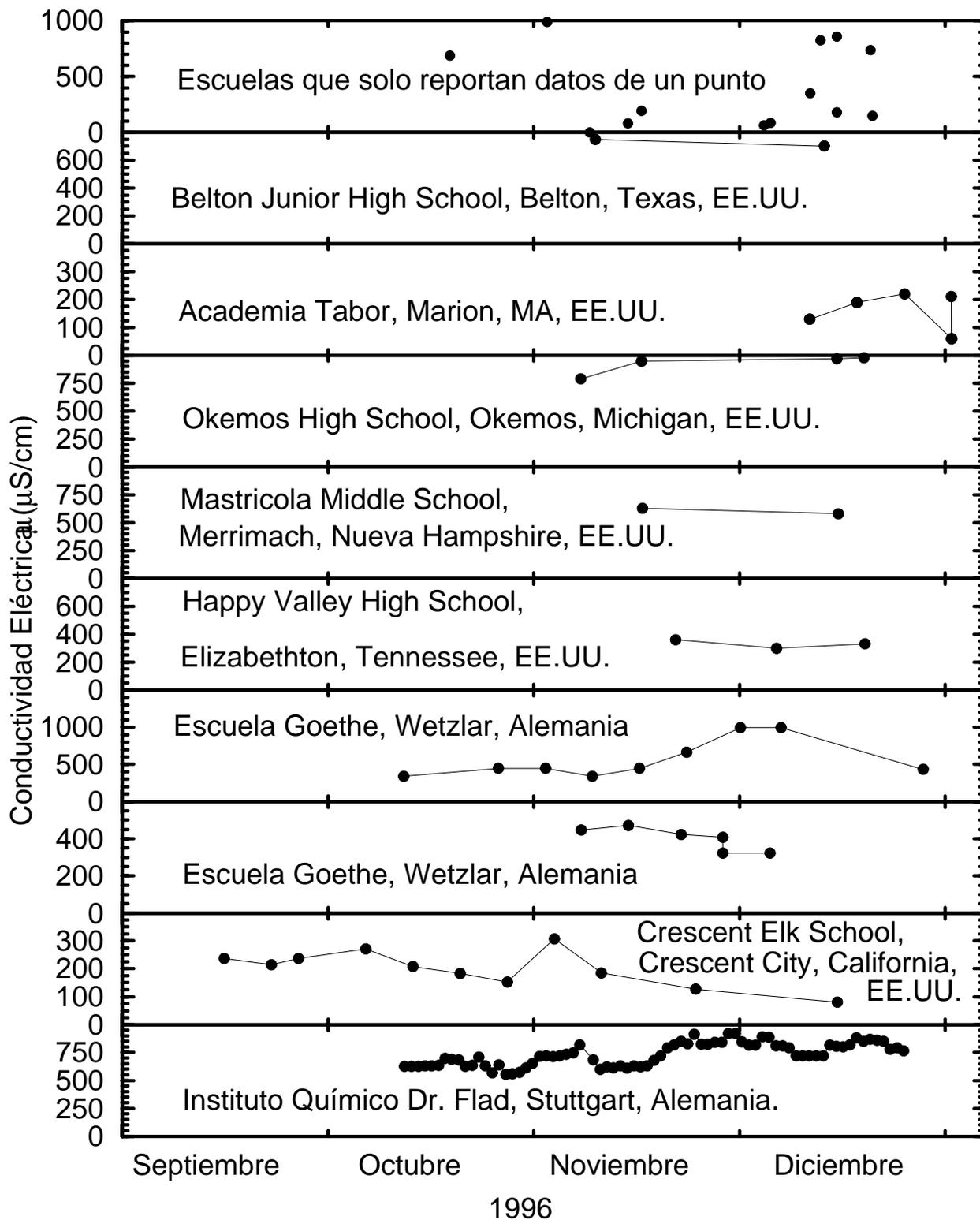
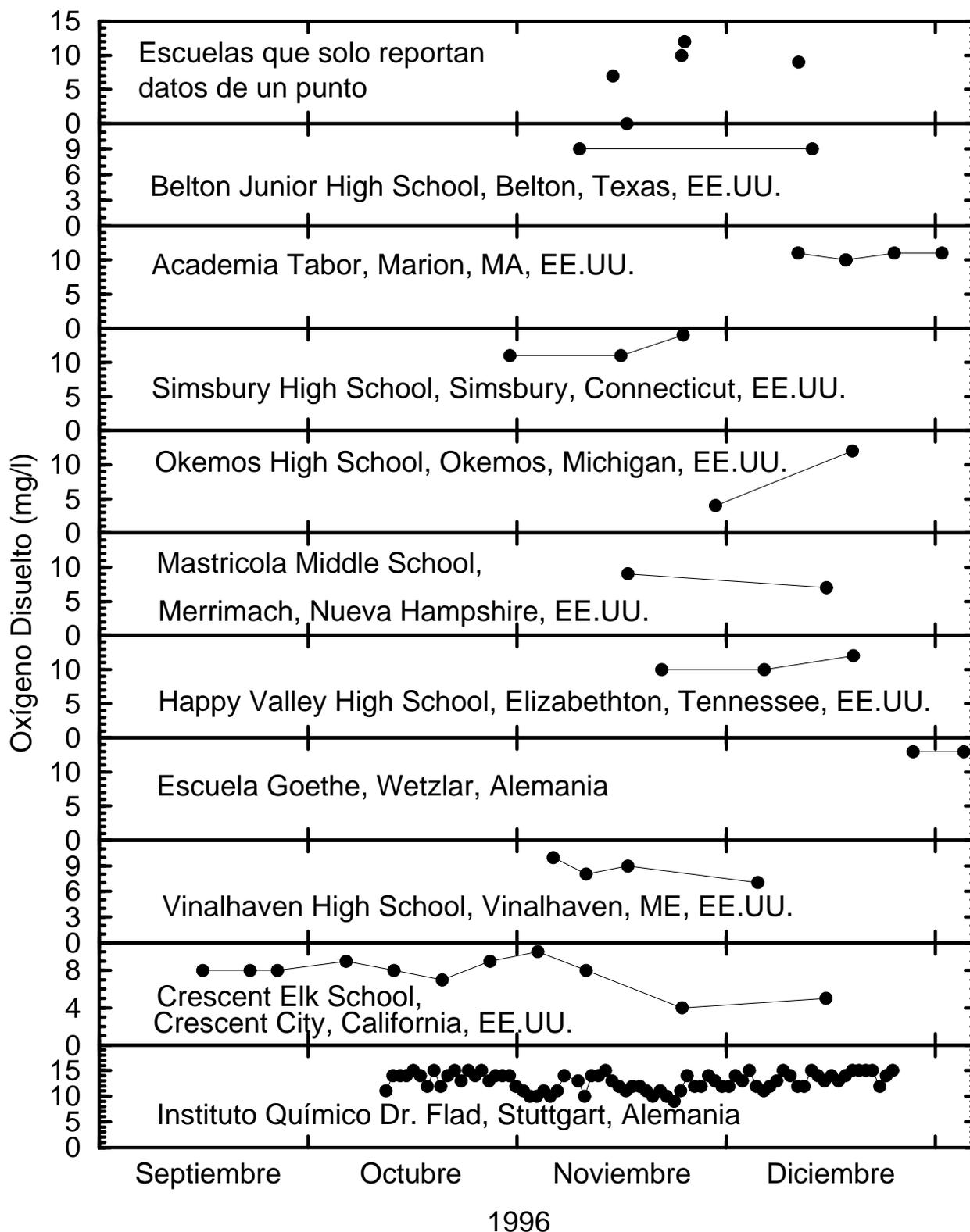
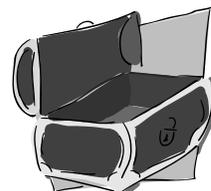


Figura HI-AP-13: Datos GLOBE de Oxígeno Disuelto, Septiembre - Diciembre de 1996



Glosario



Acidez

1. La cantidad de base fuerte (por ejemplo, hidróxido de sodio) que se requiere para titular una muestra de pH de aproximadamente 10,3. Mide la capacidad neutralizadora base de una agua.
2. Una cualidad o estado ácido (de uso común).

Acídico

Se caracteriza por contener valores de pH < 7.

Acido

Cualquier sustancia que pueda donar un átomo de hidrógeno o un protón (H⁺) a otra sustancia.

Acuoso

Que contiene agua o está contenido en ella.

Aeorsoles

Las partículas líquidas o sólidas dispersas o suspendidas en el aire.

Agua salobre

Agua que contiene sales disueltas en niveles de concentración menores que los del agua del mar, pero mayores que los del agua dulce. La concentración de sales disueltas está normalmente entre los 1.000 y 10.000 ppm.

Aguas naturales

Aquellos sistemas que normalmente se componen de sedimentos/minerales y de la atmósfera, así como de una fase acuosa. Casi siempre incluyen una porción de la biosfera.

Agua salina

El agua que contiene sal o sales.

Agua subóxica

Niveles muy bajos de oxígeno disuelto que dan lugar a una denitrificación (el nitrato se convierte en amoníaco).

Alcalinidad

La cantidad de ácido fuerte (por ejemplo ácido hidroclicó) que se requiere para titular una muestra con pH de

aproximadamente 4,5. Mide la capacidad neutralizadora ácida de un agua que a menudo vuelve a imprimirse como ppm CaCO₃.

Alcalino

Se caracteriza por contener valores de pH > 7.

Arrastre

El componente de la precipitación que aparece en forma de agua y que fluye dentro de un riachuelo o un río.

Base

Cualquier sustancia que acepte un protón (H⁺) de otra sustancia.

Béntico

Relativo a los animales o plantas que habitan en el fondo del agua.

Calibración

Fijar o revisar un instrumento según un índice o estándar de valor conocido, mediante algún tipo de relación proporcional o estadística.

Calidad del agua

Un atributo distintivo o característica del agua, descrito en función de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Cuenca de agua

1. Una línea de separación entre aguas que fluyen hacia distintos ríos, deltas o mares.
2. Un término que designa el área drenada por un río o riachuelo. (De uso común).

Ciclo hidrológico

Es una serie de etapas a través de las cuales el agua pasa de la atmósfera a la Tierra y regresa a la atmósfera. Este proceso incluye la condensación que da lugar a la formación de nubes, la precipitación, la acumulación en los suelos o en cuerpos de agua y la re- evaporación

Clorinidad

La concentración de cloro de una solución.

Clorinidad en pm

De acuerdo al peso, equivale a miligramos de cloro por litro, con la idea de que un litro de agua pesa un kilogramo.

Concentración de ambiente

El nivel de químicos presente en el agua por procesos naturales y no por contribuciones del ser humano

Conductividad

La capacidad de una solución acuosa para transportar corriente eléctrica. Depende de la concentración de sales disueltas (iones), del tipo de iones y de la temperatura de la solución. Las unidades más comunes son los microSiemens/cm o micromhos/cm. (Ambas son equivalentes).

Denitrificación

Es el acto o proceso por el cual se reduce el nitrato hasta convertirlo en amoníaco. El nitrito puede ser un producto intermedio.

Densidad

La proporción de la masa de una sustancia en relación a su volumen.

Escala logarítmica

Una escala en la que el incremento de cada unidad representa un aumento o reducción de diez veces.

Enriquecimiento

El proceso por el que una agua se vuelve más productiva (por ejemplo, al añadirle nutrientes).

Estándar

Una medida con un valor establecido por medios externos para utilizarla en un proceso de calibración. Una referencia conocida.

Estandarización

Lo que hace conformarse a un estándar.

Eutrofiación

Un nivel elevado de productividad en un cuerpo de agua, que a menudo se debe a un aumento en el suministro de

nutrientes.

Evaporación (del agua)

El cambio de estado líquido a vapor a una temperatura inferior al punto de ebullición

Exactitud

La cercanía de un valor medido al valor real (ver precisión).

Gravedad específica

La proporción de la densidad de una sustancia con respecto a la densidad del agua (a 25° C y 1 atmósfera).

Fotosíntesis

El proceso por el cual los organismos, y en especial, las plantas verdes, utilizan la energía del sol para sintetizar los carbohidratos a partir del dióxido de carbono y del agua.

Hipótesis

Una afirmación tentativa presentada para probar sus consecuencias lógicas o empíricas.

in situ

Que está situado en su lugar natural original (del Latín).

Lluvia ácida

La lluvia que se caracteriza por contener valores de pH inferiores a 6.

Léntico

Relativo a o que habita en aguas tranquilas (lagos, estanques o pantanos).

Lótico

Relativo a o que habita en aguas en movimiento (riachuelos o ríos).

Mareas

La subida y bajada periódicas del agua del océano y de sus entrantes, las cuales se producen por la atracción de la luna y del sol. Las mareas suceden cada doce horas.

Método colorimétrico

Varios procedimientos utilizados para medir las sustancias disueltas dependen de una determinación de color. La idea subyacente es que la intensidad del color es proporcional a la concentración de la sustancia disuelta en cuestión.

**Micromhos/cm**

La unidad estándar de medición de la conductividad. Equivale a microSiemens/cm.

MicroSiemens/cm

Unidad métrica utilizada en la medición de la conductividad. Equivale a micromhos/cm.

Molar

Una unidad utilizada en las mediciones de concentración (moléculas por litro de solución).

Molécula

La unidad fundamental más pequeña (normalmente un grupo de átomos) de un compuesto químico que puede participar en una reacción química.

Neutral

Que se caracteriza por valores de pH = 7.

Nitrato

Una sal de ácido nítrico (HNO_3). Los nitratos normalmente son muy solubles y pueden reducirse para formar nitritos o amoníaco.

Nitritos

Una sal de ácido nítrico (HNO_2). Los nitritos normalmente son muy solubles y pueden ser oxidados para formar nitratos o reducidos para formar amoníaco.

Nitrógeno del nitrito

Las concentraciones de nitrito (NO_2^-) a menudo se expresan como masa de nitrógeno por el volumen de agua.

Nitrógeno del nitrato

Las concentraciones de nitrato (NO_3^-) que a menudo se expresan como masa de nitrógeno por el volumen de agua.

Oxígeno disuelto

Es la masa de oxígeno molecular disuelto en un volumen determinado de agua. La solubilidad del oxígeno se ve afectada de manera no lineal por la temperatura, por lo que en agua fría se pueden disolver cantidades mayores de oxígeno que en agua caliente. La solubilidad del oxígeno en el agua también se ve afectada por la presión y la salinidad, la cual reduce dicha solubilidad.

**pH**

El logaritmo negativo de la concentración molar de protones (H^+) en una solución.

ppm

Normalmente, se refiere a partes por millón. (Equivale a miligramos por litro en los cálculos de GLOBE).

ppt

Normalmente, partes por mil. (Equivalentes a los gramos por litro en los cálculos de GLOBE).

Precipitación

1. Los productos de la condensación que caen en la atmósfera, como por ejemplo la lluvia, la nieve, el granizo.
2. La separación de una solución en forma sólida debido a cambios físicos o químicos (por ejemplo, por añadir un reagente o por reducción en la temperatura).

Precisión

La medición que se aplica al grado de acuerdo existente entre múltiples análisis de una muestra (Ver exactitud).

Productividad

El promedio de formación de materia orgánica durante determinado periodo de tiempo, como un día o un año.

Protón

Una partícula elemental cargada positivamente y que se encuentra en todos los núcleos atómicos. El átomo de hidrógeno (H^+) cargado positivamente.

Reagente

Una sustancia utilizada para provocar una reacción, y en especial para detectar la presencia de alguna otra sustancia.

Reducir

En química, el cambio de un estado de oxidación mayor a otro menor (es decir, añadir electrones).

Sales

Los componentes iónicos que en una solución de agua arrojan iones positivos (excepto H^+) y negativos (excepto OH^-). La más común de todas es el cloruro de sodio, o "sal de mesa".

Salinidad

La medida de la concentración de sales

disueltas -principalmente de cloruro de sodio- en agua salobre y salada.

Sólidos disueltos

Las partículas sólidas que se han vuelto líquidas debido a la inmersión o la dispersión en un líquido (por ejemplo, las sales).

Sólidos en suspensión

Las partículas sólidas de un fluido que no se disuelven ni se asientan.

Solubilidad

La capacidad relativa de ser disuelto.

Solución

Una mezcla homogénea que contiene dos o más sustancias.

Solución saturada

Una solución que contiene la cantidad máxima de sustancias disueltas bajo determinadas condiciones de temperatura y presión.

Solución tampón (buffer)

Aquella que resiste variaciones en su pH cuando se añade hidróxido (OH^-) o protones (H^+). El valor de pH estable y conocido de estas soluciones hace que sean adecuadas para calibrar instrumentos utilizados en las mediciones de pH.

Soluta [disuelto]

Una sustancia que se disuelve en otra para formar una solución.

Solvente

Una sustancia que disuelve otra para formar una solución.

Suspensiones

Una mezcla en la cual quedan suspendidas y sin disolverse partículas diminutas de un sólido.

Titulación

El proceso encaminado a averiguar la cantidad de un constituyente determinado mediante la adición de un reagente líquido de fuerza conocida y la medición del volumen del reagente, necesario para convertir el constituyente mediante una cierta reacción.

Titulador

Un reagente que se añade en un proceso de titulación.

Transparencia

La propiedad de dejar pasar los rayos de luz a través de la sustancia, de modo que los cuerpos situados detrás se puedan ver con claridad.

Topografía

Las características del relieve superficial de un área.

Total de sólidos disueltos

La masa total de sólidos que queda cuando un cierto volumen de agua filtrada se evapora hasta provocar sequedad absoluta, siguiendo las instrucciones de un protocolo aceptado.

Turbio

Que no es claro ni transparente debido a la acción de agitar el sedimento.

Vapor de agua

El agua en su fase gaseosa.

Investigación de Hidrología



Hoja de Ingreso de Datos del Sitio de Estudio de Hidrología

Nombre de la Escuela

Hora de la medición:

Año: Mes: Día: Hora: TU

Hora actual: 1997 Junio 18, 20 TU

Nombre del Sitio:

Cree un nombre único que describa la ubicación de su lugar

Por favor ingrese toda la información que pueda sobre lo que viene a continuación:

Cuando haya obtenido información adicional haga clic sobre el botón de Ingreso de Datos  y vaya a "Editar Lugar de Estudio"

Fuente de los datos: GPS Otra

Latitud: grados min Norte Sur

(Ingrese los datos en el formato 56 grados, 12,84 min. y marque si está al Norte o al Sur)

Longitud: grados min Este Oeste del meridiano principal

(Ingrese los datos en el formato 102 grados, 43,90 min. y marque si está al Este o al Oeste)

Elevación: metros

Clasificación del Cuerpo de Agua de la Muestra

Tipo de Agua: Salada Agua dulce

Agua en movimiento: Arroyo Río Otros

Ancho aproximado del agua en movimiento metros

Agua estática: Estanque Lago Reservorio Otros

Tamaño del Agua estática: Mucho más pequeña que 50m x 100m (campo de fútbol) Aproximadamente de 50m x 50m

Mucho más grande que 50m x 100m (campo de fútbol) (campo de fútbol)

Si sabe: Área aproximada de agua estática km² Promedio de la Profundidad de agua estática metros

Ubicación de la muestra: Desembocadura Orilla Puente Barco Entrada

Turbiedad Clara Turbia No se conoce

Puede ver el fondo? Si No

Material del canal/banco tierra roca concreto bancos con vegetación

Cauce de rocas: granito pizarra volcánico sedimentos mixtos no se sabe

Juego de Oxígeno Disuelto:

Fabricante LaMotte Hach Otro

Nombre del modelo:

Juego de Alcalinidad

Fabricante: LaMotte Hach Otro

Nombre del modelo:

Constante de Conversión:

Juego de Nitrato

Fabricante: LaMotte Hach Otro

Nombre del modelo:

Juego de Titulación de la Salinidad

Fabricante: LaMotte Hach Otro

Nombre del modelo:



NOAA/Forecast Systems Laboratory, Boulder, Colorado



ID de Entrenamiento US

Hora de la medición:

Año: Mes: Día: Hora: TU

Tiempo Actual Julio 13, 1997, 16 TU

Ubicación del Sitio de Estudio:

Fuente de Agua:

* TRANSPARENCIA

Cobertura de Nubes: Claro Disperso Fragmentado Cubierto

Ingrese los datos dependiendo si usted ha usado el Disco Secchi o el método del Tubo de Turbidez.

Primera Prueba del Disco Secchi:

Profundidad en la que el disco desaparece (m): Profundidad que el disco reaparece (m):

Distancia entre la marca en la Soga que señaló el Observador y la Superficie del Agua: metros

Segunda Prueba del Disco Secchi:

Profundidad en la que el disco desaparece (m): Profundidad que el disco reaparece (m):

Distancia entre la marca en la Soga que señaló el Observador y la Superficie del Agua: metros

Tercera Prueba del Disco Secchi:

Profundidad en la que el disco desaparece (m): Profundidad que el disco reaparece (m):

Distancia entre la marca en la Soga que señaló el Observador y la Superficie del Agua: metros

Tubo de Turbidez:

Nota: Si el patrón del tubo de turbidez desaparece antes de que el tubo este lleno, ingrese la profundidad en donde es visible. Si no es así ingrese el tubo de turbidez.

Prueba 1 (cm): ¿Mayor que la profundidad del Tubo de Turbidez?

Prueba 2 (cm): ¿Mayor que la profundidad del Tubo de Turbidez?

Prueba 3 (cm): ¿Mayor que la profundidad del Tubo de Turbidez?

TEMPERATURA DEL AGUA

Temperatura del Agua: grados Celcius

OXIGENO DISUELTO

Promedio del Oxígeno Disuelto de la muestra de agua: mg/l (equivalente a ppm)

PH DEL AGUA

Promedio del pH del Agua: medido con

CONDUCTIVIDAD

Promedio de la conductividad de la muestra de agua: microSiemens/cm

* SALINIDAD

Ubicación de la Marea:

Nombre del Sitio:

Latitud: grado min. Norte Sur del Ecuador

(Ingrese los datos en el formato 56 grados 12,84 minutos y marque si es Norte o Sur.)

Hora de Marea Alta y Baja antes de la Medición de Salinidad (TU):Hora: Minuto: Marea Alta Marea Baja**Hora de Marea Alta y Baja después de la Medición de Salinidad (TU):**Hora: Minuto: Marea Alta Marea Baja*Ingrese los datos dependiendo si usted ha usado el método del Hidrómetro o el de Titulación.***Método del Hidrómetro:**Temperatura de la muestra de agua en un tubo de 500 ml (grados C): Gravedad Específica de la muestra de agua: Salinidad de la muestra agua: pptPromedio de la Salinidad de la muestra de agua: ppt**Método para calcular la Salinidad por Titulación:**Salinidad de la muestra agua: ppt**ALCALINIDAD**Promedio de la alcalinidad de la muestra de agua: mg/l como CaCO_3 *** NITRATO**Promedio del Nitrato y del Nitrito de la muestra de agua: mg/l nitrógeno presente en el nitrato
+ nitrógeno presente en el nitritoPromedio del Nitrito en la muestra de agua: mg/l nitrógeno presente en el nitrito***** Estos protocolos son nuevos, por alrededor de Junio de 1997. [Espere más.](#)

NOAA/Forecast Systems Laboratory, Boulder, Colorado

