Protocolo de pH

Objetivo General
Medir el pH del agua.

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

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

Conceptos de Ciencias
Ciencias de la Tierra y el Espacio

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

El agua es un disolvente.

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

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

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

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

Los organismos modifican el medio en el que viven.

Los humanos pueden alterar el ambiente natural.

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

Habilidades de Investigación Científica
Usar papel-pH o pHmetro para medir el pH.

Identificar cuestiones relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación científica.

Usar apropiadamente las matemáticas para analizar datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones usando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas

Comunicar procedimientos y explicaciones.

Tiempo
10 minutos

Nivel
Todos

Frecuencia
Semanalmente

Materiales y Herramientas
Para medir el pH con papel-pH:

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología.

-Guía de Campo de Uso de papel-pH (Conductividad eléctrica mayor de 200 µS/cm) o Guía de Campo de Uso de papel-pH (Conductividad eléctrica menor de 200 µS/cm)

- Papel-pH
- Vaso de precipitación de 50 ml o 100 ml
- Guantes de látex

Para medir el pH con el pHmetro:

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología.

-Guía de Campo de Uso de pHmetro (Conductividad eléctrica mayor de 200µS/cm) o Guía de Campo de Uso de pHmetro (Conductividad eléctrica menor de 200µS/cm)

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

Preparación

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

Requisitos Previos

Protocolo de Conductividad Eléctrica

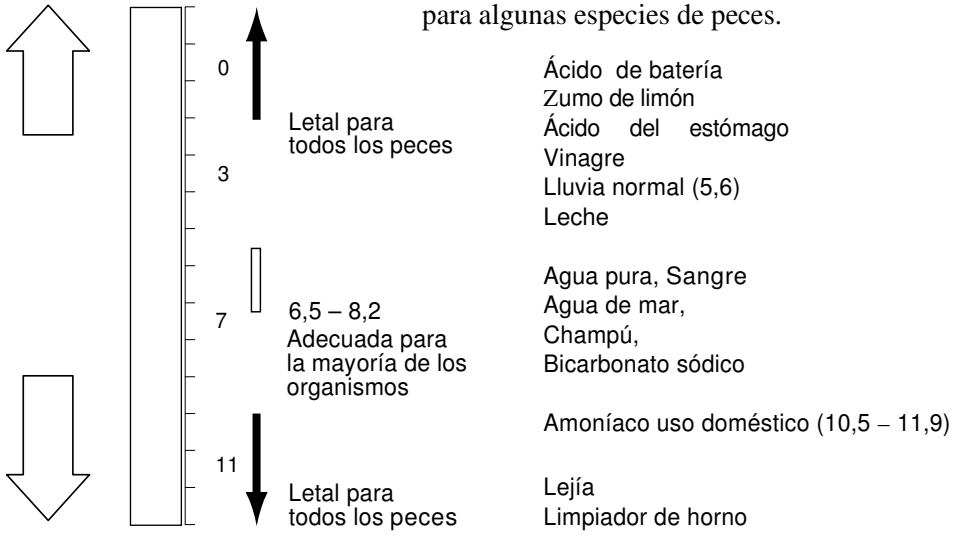
Protocolo de pH–Introducción

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

La mayoría de los lagos y arroyos tienen valores de pH comprendidos entre 6,5 y 8,5. El agua pura, que no está en contacto con el aire, tiene un valor neutro de pH=7,0. El agua con impurezas puede tener también un pH de 7,0 si los ácidos presentes están en equilibrio con las bases. Los océanos están bien tamponados y tienen un pH constante alrededor de 8,2. Uno puede encontrar aguas que son, de forma natural, más ácidas en áreas con cierto tipo de minerales (por ejemplo: sulfuros). La actividad minera puede también liberar ácidos, procedentes de los minerales, a los cuerpos de agua. De forma natural aguas básicas se encuentran en áreas donde el suelo es rico en minerales tales como la calcita o las calizas. Ácidos y bases pueden también llegar a los cuerpos de agua como productos de la actividad humana.

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

Figura HI-pH-1



Apoyo al Profesorado

Nota Especial para la Conductividad Eléctrica

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

- Usar papel-pH con agua que tiene una conductividad eléctrica mayor de 200 µS/cm.
- Usar papel- pH con agua que tiene una conductividad eléctrica menor de 200 µS/cm.
- Usar pHmetro con agua que tiene una conductividad eléctrica mayor de 200 µS/cm.
- Usar pHmetro con agua que tiene una conductividad eléctrica menor de 200 µS/cm.

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

Preparación Previa

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

Algunos aparatos requieren preparación antes de usarlos.

Procedimiento de Medida

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

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

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

Papel-pH

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

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

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

pHmetro

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

Nota: Evitar usar pHmetros con un solo punto de calibración

Desventajas

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

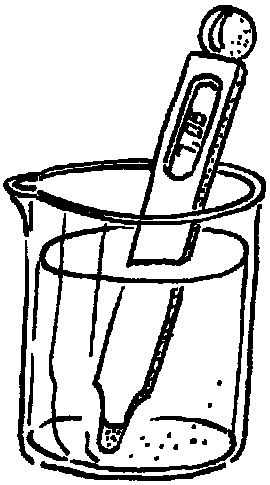
Los mejores pHmetros tienen al menos dos puntos de calibración y tienen una compensación automática de temperatura. Las soluciones tampón pueden comprarse en líquido o en polvo. En líquido es más caro y tiene una vida más corta pero puede ser más cómodo que mezclar los polvos. La mayoría de los pHmetros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

Calibrando el pHmetro

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

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

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



Calibración del Papel-pH

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

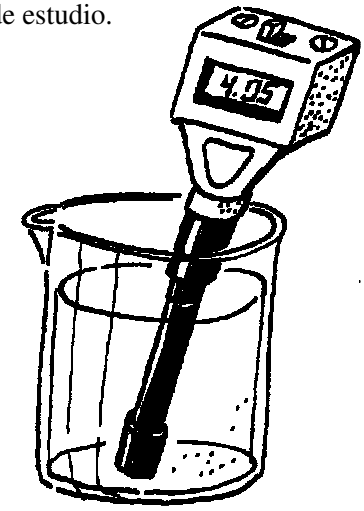
Algunos valores conocidos de pH son:

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

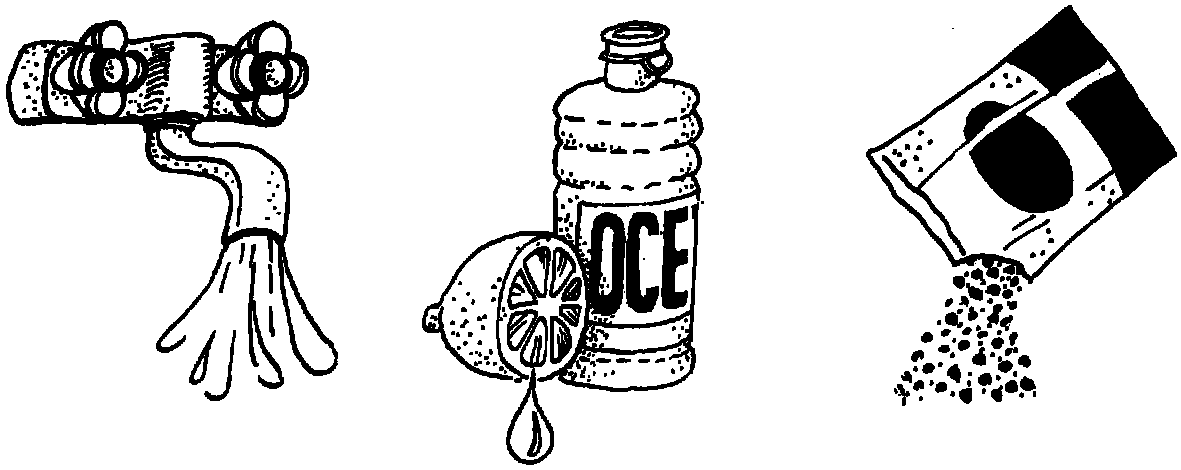
Protocolos de Apoyo

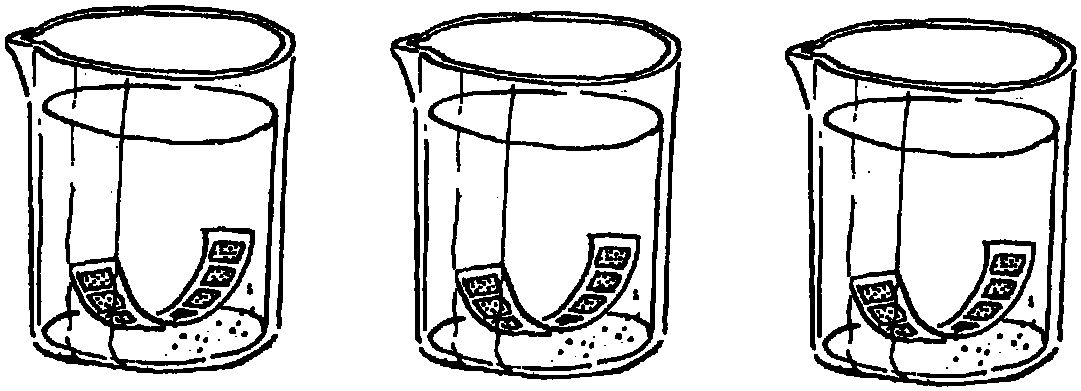
Atmósfera y Suelos: Los estudiantes de GLOBE miden el pH del agua, de las lluvias y del suelo. Es interesante para los estudiantes, e informativo para los científicos, tomar y comparar las tres medidas.

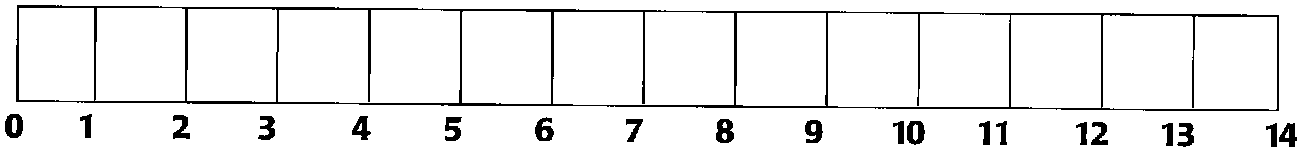
Hidrología: Para entender mejor los datos de pH, es muy útil medir también la alcalinidad. La alcalinidad es una medida de la capacidad de compensar los cambios de pH del agua, indicando si el sitio será muy sensible a entradas de ácido. Es también de gran ayuda conocer el tipo de suelo o de roca y la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

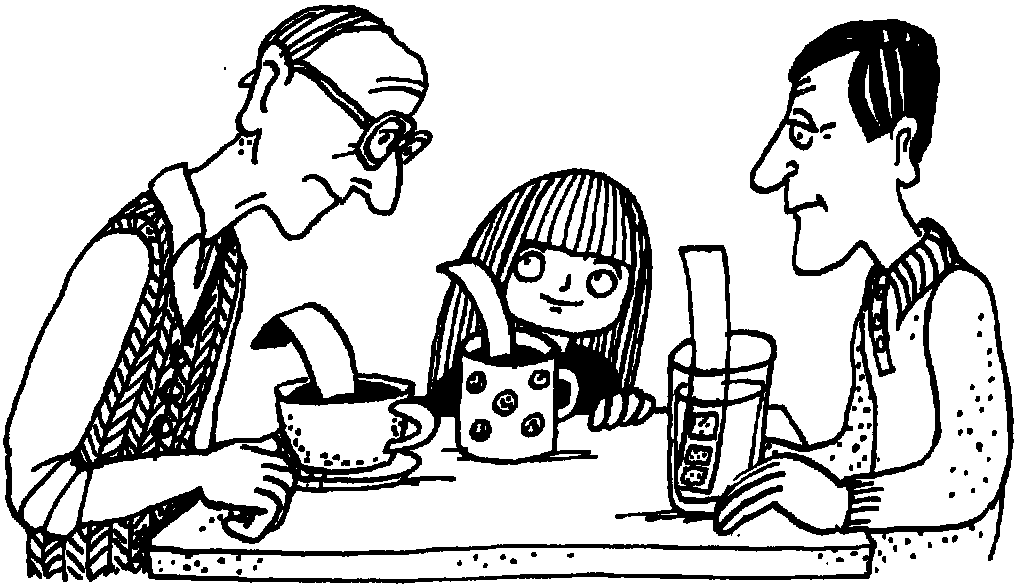


Fuente: Jan Smolík, 1996, TEREZA, Asociación para la Educación Ambiental, República Checa









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

Medidas de Seguridad

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

Mantenimiento de los Instrumentos

Papel-pH

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

pHmetro

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

Soluciones Tampón (Buffer) de pH

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

Preguntas para Investigaciones posteriores

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

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

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

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

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

Usando Papel- pH (Conductividad eléctrica mayor de 200 µS/cm)

Guía de Campo

Actividad

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

Qué se Necesita.

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

En el Campo

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

Usando Papel- pH (Conductividad eléctrica menor de 200 µS/cm)

Guía de Campo

Actividad

Usar papel-pH para medir el pH de una muestra de agua dulce con valores de conductividad eléctrica menores de 200µS/cm

Qué se Necesita

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

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología. En la sección de pH* marcar la casilla de "papel-pH".
2. Ponerse los guantes de látex
3. Enjuagar las pinzas en la muestra de agua y secarlas con una toalla de papel.
4. Enjuagar dos vasos de precipitación o tazas con la muestra de agua, tres veces.
5. Llenar uno de los vasos de precipitación o taza con unos 50 ml de agua de la muestra.
6. Usando las pinzas, poner un cristal de sal en la muestra de agua. (Si no se tienen cristales de sal llenar esta letra "O" con sal de mesa y echarla en la muestra de agua).
7. Remover perfectamente con la varilla o la cucharilla de agitar.
8. Medir la conductividad eléctrica de la muestra tratada siguiendo *el Protocolo de Conductividad Eléctrica*.
    a. Si la conductividad eléctrica es al menos 200 µS/cm, anotar el valor en la *Hoja de Datos* y pasar al punto 9.
    b. Si la conductividad eléctrica es aún menor de 200 µS/cm, volver al paso 6 y repetirlo hasta que el valor de conductividad sea al menos 200 µS/cm. Anotar el valor de la conductividad en la *Hoja de Datos*
9. Seguir las instrucciones que vienen con el papel indicador para analizar el pH de la muestra.
10. Anotar el pH en la *Hoja de Datos* como Observador1.
11. Repetir los pasos 3 al 9 con nuevas muestras de agua y nuevas piezas de papel. Anotar el dato en la *Hoja de Datos* como Observador 2 y Observador 3.
12. Calcular la media de las tres observaciones.
13. Revisar los datos para estar seguro de que cada observación no se desvía en más de una unidad de la media. Si el valor se diferencia en más de 1,0 unidad, hay que repetir esa medición. Si todavía las medidas siguen manteniendo una diferencia en más de 1,0 unidad de la media, comentar el problema con el profesor.
14. Tirar el papel-pH usado y los guantes en un contenedor de basura. Enjuagar el vaso de precipitación con agua destilada.

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

Preguntas Frecuentes

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

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

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

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

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

Guía de Campo.

Actividad

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

Qué se Necesita

- *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*
- pH metro
- Vaso de precipitación de 100 ml
- 25 ml de solución buffer de pH 7,0 en un bote con tapa. Este bote debe estar etiquetado con *pH 7,0*
- 25 ml de solución tampón de pH 4,0 en un bote con tapa. Este bote debe estar etiquetado con *pH 4,0*
- 25 ml de solución tampón de pH 10,0 en un bote con tapa. Este bote debe estar etiquetado con *pH 10,0*

  Nota: Los botes deben ser de boca grande para que quepa el pH-metro
- Frasco lavador con agua destilada
- Toallas de papel o de tejido suave
- Guantes de látex
- Bolígrafo o lápiz

En el Campo

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

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

Usando un pH Metro (Conductividad eléctrica menor de 200 µS/cm).

Guía de Campo

Actividad

Utilizar un pH metro para medir el pH de una muestra de agua dulce con valores de conductividad eléctrica menores de 200 µS/cm.

Qué se Necesita

- O *Hoja de Datos de Investigación de Hidrología*
- O *Guía de Campo del Protocolo de Conductividad Eléctrica*
- O pH metro
- O Lector de conductividad eléctrica (Conductímetro)
- O Dos vasos de precipitados de 100 ml
- O 25 ml de solución buffer de pH 7,0 en un bote con tapa. Este bote deberá estar etiquetado con *pH 7,0.*
- O 25 ml de solución buffer de pH 4,0 en un bote con tapa. Este bote deberá estar etiquetado con *pH 4,0.*
- O 25 ml de solución buffer de pH 10,0 en un bote con tapa. Este bote deberá estar etiquetado con *pH 10,0.*

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

- O Solución estándar para medir la conductividad eléctrica.
- O Frasco lavador con agua destilada
- O Toallas de papel o pañuelos suaves
- O Guantes de látex
- O Cristales de sal(*) o sal de mesa
- O Pinzas
- O Varilla o cucharilla para agitar.
- O Termómetro
- O Bolígrafo o lápiz

En el Campo

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

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

8. Medir la conductividad eléctrica de la muestra de agua tratada, usando el *Protocolo de Conductividad Eléctrica.*

   a. Si la conductividad es al menos 200 µS/cm, anotar el valor en la *Hoja de Datos.* Ir al paso 9.

   b. Si la conductividad eléctrica es todavía menor de 200 µS/cm, volver al paso 6 y repetir hasta conseguir un valor que sea al menos de 200 µS/cm

9. Quitar la tapa del pH metro que cubre el electrodo (bulbo de cristal en el pH metro).

10. Enjuagar el electrodo y el área de alrededor con el agua destilada del frasco lavador. Secarlo con una toalla de papel. Nota: No frotar ni tocar el electrodo con los dedos.

11. Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo de nuevo.

12. Calibrar el pH metro de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

13. Meter la parte del electrodo en la muestra de agua.

14. Mover una vez con el pH metro. No dejar que el pH metro toque el fondo o los lados del vaso de precipitación. Esperar un minuto. Si el pH metro está todavía cambiando la lectura, esperar un minuto más.

15. Anotar el valor de pH en la *Hoja de Datos* como Observador 1.

16. Repetir los pasos 3 al 14 usando una nueva muestra de agua. No es necesario calibrar el pH metro otra vez. Anotar los valores de conductividad y pH en la *Hoja de Datos* como Observador 2 y Observador 3.

17. Comprobar que cada una de las tres observaciones no se diferencia en más de 0,2 de la media. Si las tres están dentro del rango, anotar la media en la hoja de datos. Si las tres observaciones no están en el rango indicado repetir las mediciones.

18. Calcular la media de las tres observaciones y anotarlo en la hoja de datos.

19. Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo con una toallita de papel. Apagar el pH metro. Ponerle la tapa para proteger el electrodo.

20. Si no se obtienen las tres medidas con una diferencia menor a 0,2 entre ellas, preguntar al profesor sobre el posible error.

Preguntas Frecuentes.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Protocolo de pH-
Mirando los datos.

¿Son razonables los datos?.

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

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

¿Qué buscan los científicos en los datos?

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

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

Ejemplo de un Proyecto de Investigación de los Estudiantes.

Formulando una Hipótesis

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

Toma y Análisis de Datos

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

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

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

Desviación = pH Observado – media de pH

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

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

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

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

Investigaciones Posteriores.

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

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

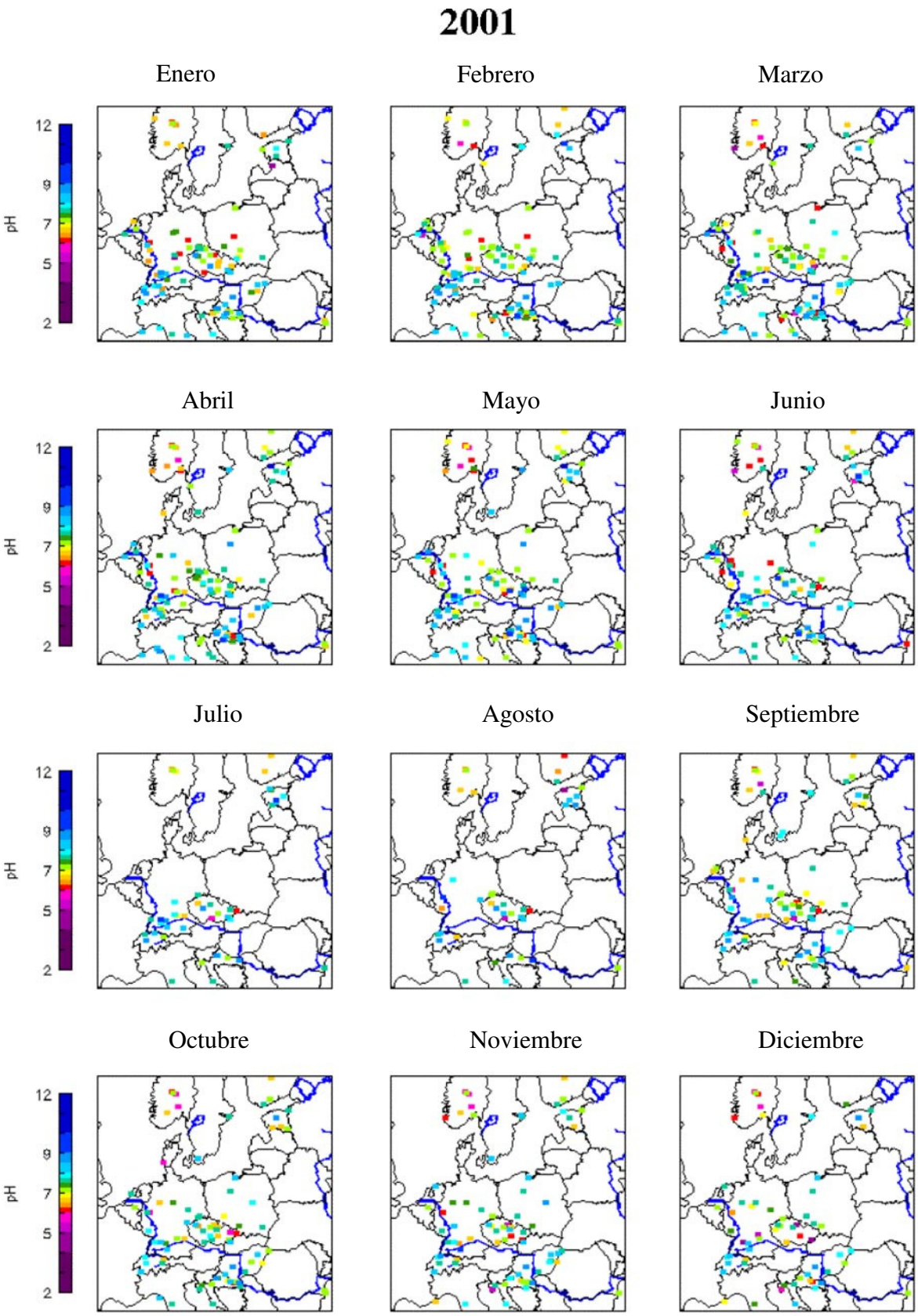


Figura HI-pH-3: Datos Temporales de pH Para Ciertas Escuelas Escandinavas.

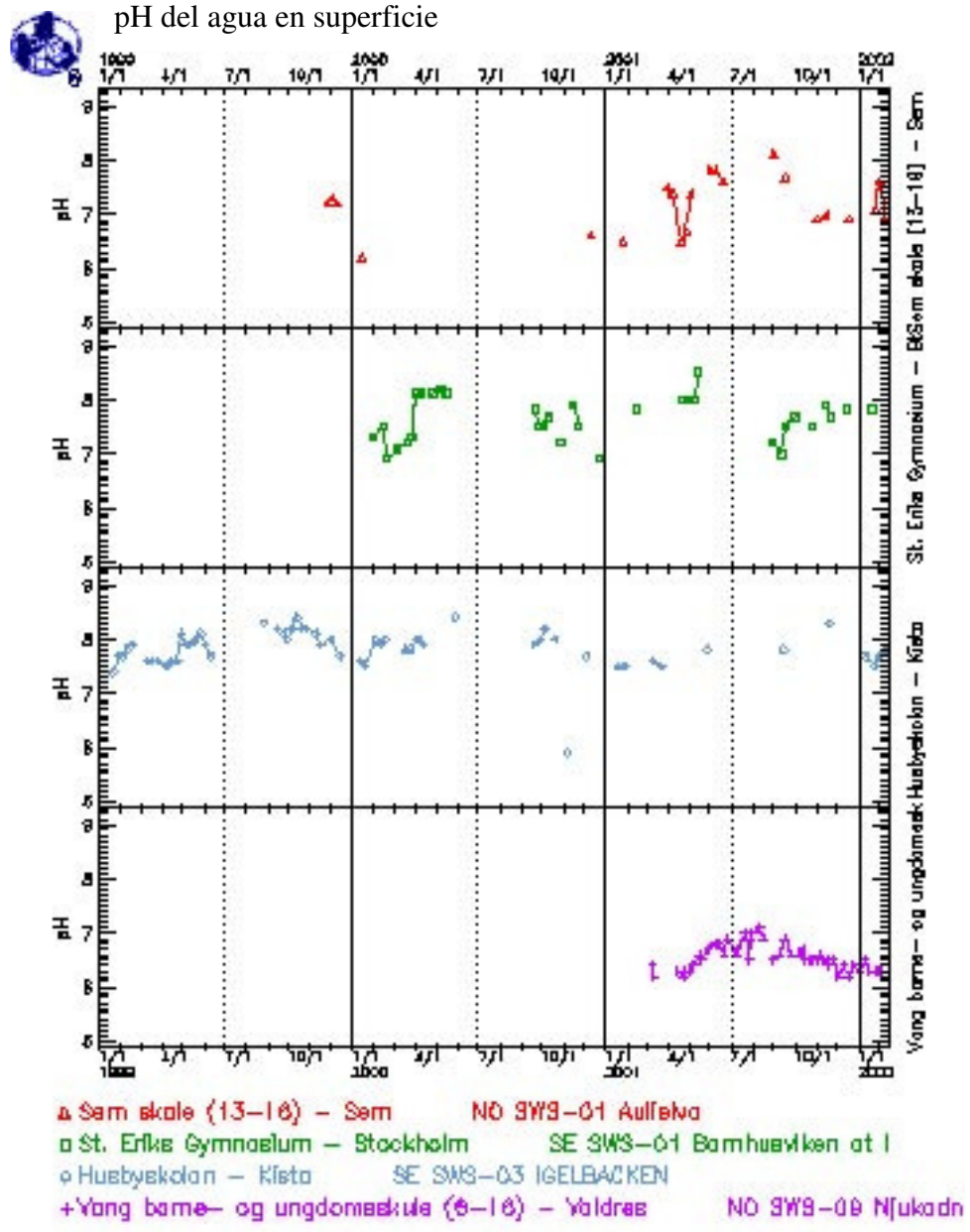


Tabla HI-pH-1: Valores Medidos y Desviaciones del Valor Medio para Determinadas Escuelas Escandinavas.

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

Tabla pH-1: Continuación

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

Tabla pH-1: Continuación

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

Tabla pH-1: Continuación

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

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

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