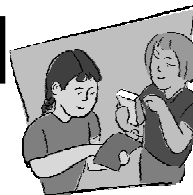


Protocolo de Conductividad Eléctrica



Objetivo General.

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

Visión General

Los estudiantes medirán indirectamente la conductividad eléctrica utilizando un conductímetro.

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

Objetivos Didácticos

Los estudiantes aprenderán a:

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

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio.

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

El agua es un disolvente.

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

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

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

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

Los humanos pueden cambiar el ambiente natural.

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

Habilidades de Investigación Científica

Utilizar un conductímetro para medir la conductividad del agua.

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar apropiadamente las matemáticas para analizar datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones basándose en pruebas.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

10 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Semanalmente

Materiales y herramientas

Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología.

Guía de Campo del Protocolo de Conductividad Eléctrica.

Conductímetro.

Termómetro.

Frasco lavador con agua destilada.

Pañuelo de papel suave.

Dos vasos de precipitado de 100 ml.

Guantes de látex.

Botella de agua de plástico de 600-700 ml.

Para la Calibración, además:

-Solución estándar.

-Destornillador pequeño (por si acaso).

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

Preparación

Actividades de aprendizaje sugeridas:

Practicando tus Protocolos: Conductividad Eléctrica.

Detectives del Agua (guía electrónica solamente)

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolo de Conductividad Eléctrica – Introducción

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

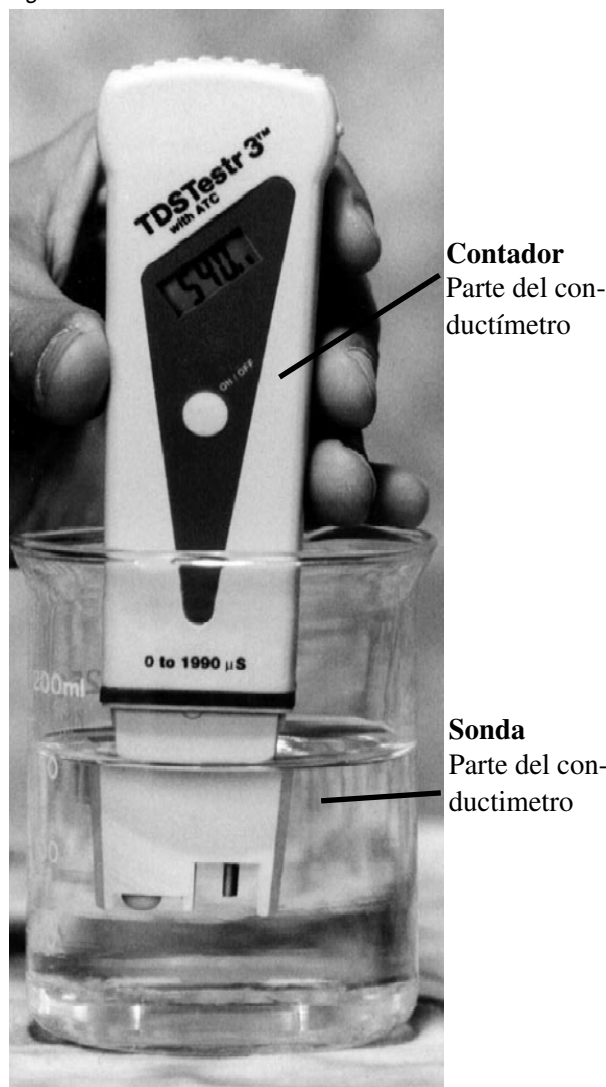
El factor de conversión depende de la

Apoyo al Profesorado

Procedimiento de Medición

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

Figura HI-EC-1: Usando el Conductímetro



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

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

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

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

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

Proceso de Control de Calidad

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

Protocolos de Apoyo

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

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

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

Actividades de Apoyo.

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

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

Medidas de Seguridad

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

Consejos Útiles

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

Mantenimiento de los Instrumentos

Conductímetro

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

Solución Estándar.

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

Preguntas para Investigaciones Posteriores

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

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

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

Protocolo de Calibración de Conductividad Eléctrica

Guía de Laboratorio

Actividad

Calibrar el kit de análisis de conductividad eléctrica.

Qué se Necesita

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

En el Laboratorio

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

Protocolo de Conductividad Eléctrica

Guía de Campo

Actividad

Medir la conductividad eléctrica de la muestra de agua.

Qué se Necesita

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

En el Campo

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



Preguntas Frecuentes.

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

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

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

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

3. ¿El conductímetro puede dar una descarga eléctrica?

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

Protocolo de Conductividad Eléctrica

Interpretando los Datos.

¿Son razonables los datos?

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

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

¿Qué buscan los científicos en esos datos?

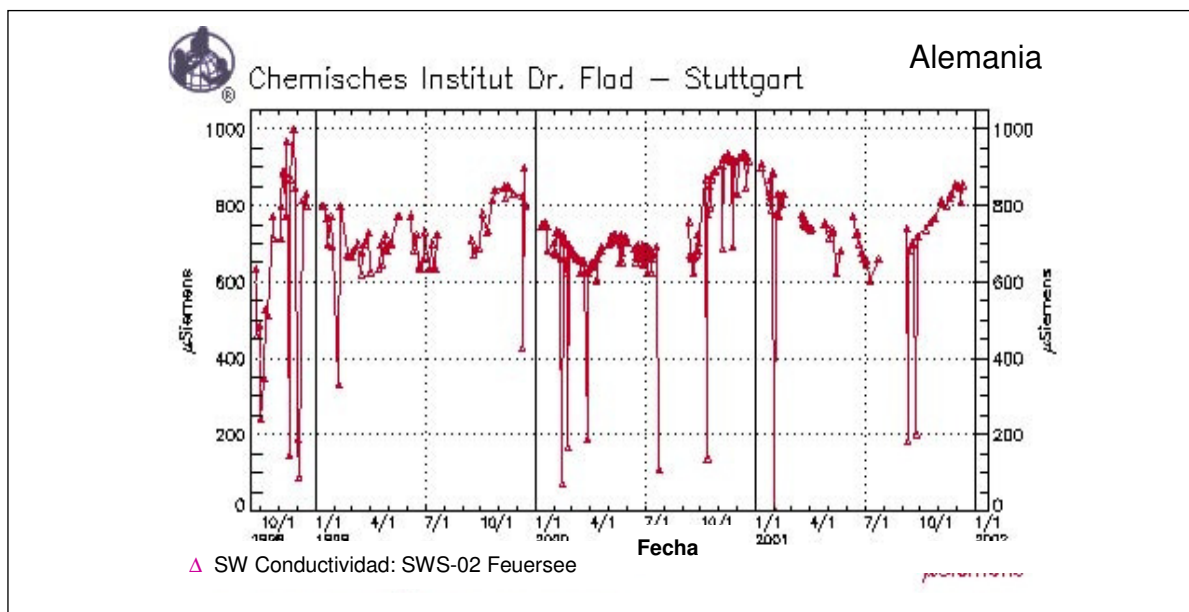
Los científicos utilizan los datos de conductividad como una medida de la calidad del agua. Altos valores pueden significar que el agua sabe mal o que es demasiado salada para regar los cultivos. La mayoría de los informes de calidad del agua utilizan la conductividad, o las medidas de TSD, para mostrar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

Ejemplo de un Proyecto de Investigación de los Estudiantes.

Formulando una Hipótesis

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

Figura HI-CE-2



Recogida y Análisis de Datos.

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

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

Tabla HI-CE-2

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

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

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

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

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

Tabla HI-CE-3

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

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

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

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

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

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

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

Investigaciones Posteriores

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

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

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

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

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

Figura HI-CE-3

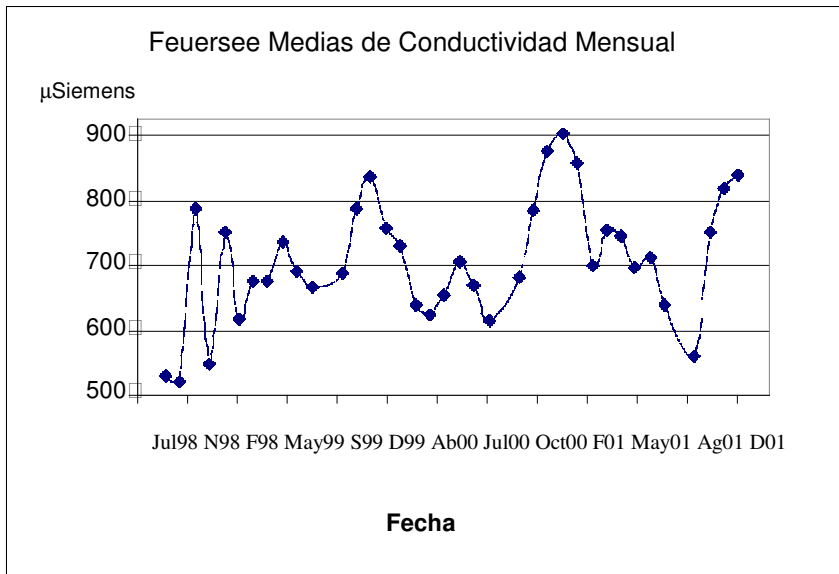


Figura HI-CE-4

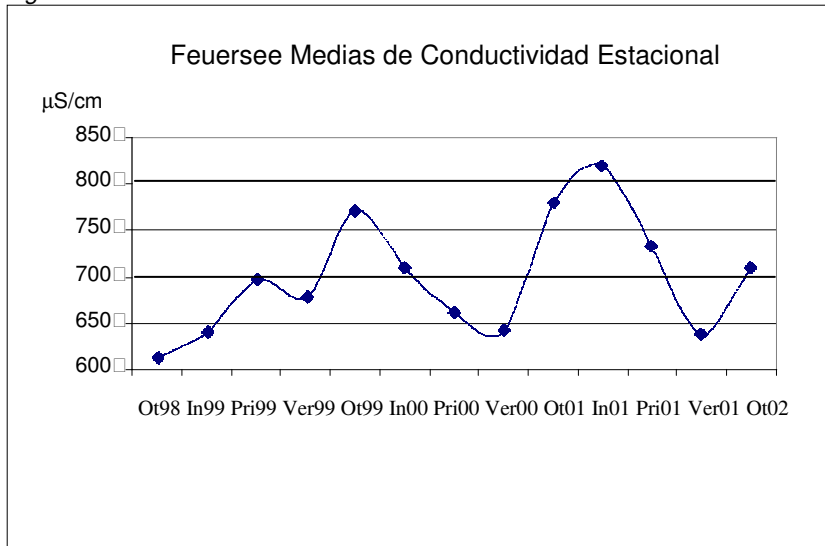


Figura HI-CE-5

