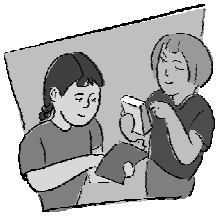
Protocolos de Precipitación



Objetivo General

Calcular la cantidad de humedad que pasa al ambiente local midiendo la cantidad de lluvia y de nieve, y evaluando el pH de la precipitación.

Visión General

El alumnado usa un pluviómetro y una tabla medidora de nieve para medir la cantidad diaria de precipitación que ha habido. También medirá la profundidad y la precipitación equivalente de cada día de nieve y del total de nieve. Se utilizan técnicas especiales de medición de pH para determinar el pH de la lluvia y de la nieve fundida.

Objetivos Didácticos

Comprender que la precipitación se mide en profundidad y que esta profundidad se supone que afecta a una gran área, que la precipitación tiene un pH que puede variar, que la nieve es un aporte de agua a la superficie al igual que la lluvia, y que cada nevada equivale a alguna cantidad de lluvia.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El tiempo se puede describir mediante mediciones cuantitativas.

El tiempo cambia de un día para otro y a lo largo de las estaciones.

El tiempo varía a escala local, regional y global.

La precipitación se forma por la condensación de vapor de agua en la atmósfera.

Ciencias Físicas

Existen diferentes estados de agregación de la materia.

Geografía

La naturaleza y cantidad de precipitación influye en las características del sistema físico y geográfico.

Habilidades de Investigación Científica

Utilizar un pluviómetro para medir la precipitación y la lluvia equivalente de nieve.
Utilizar tiras de pH o pHmetro para medir el pH.
Utilizar un metro para medir la profundidad de la nieve.
Identificar preguntas y respuestas.
Diseñar y dirigir investigaciones científicas.
Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos. Desarrollar descripciones y explicaciones a partir de los resultados.
Reconocer y analizar explicaciones alternativas.
Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

En el campo: 5 minutos para la lluvia, 10-15 minutos para la nieve.

En el laboratorio: 5 minutos para el equivalente en lluvia de la nieve. 5 minutos para el pH

Mantenimiento: 10 minutos semanalmente para limpiar el pluviómetro

Nivel

Todos

Frecuencia

Diariamente, en el intervalo de una hora del mediodía solar local

Materiales y Herramientas

Pluviómetro instalado y tabla medidora de nieve.
Recipientes limpios para muestras de pH de 100 ml o mayores.
Dos o tres contenedores para muestras de nieve.
Un nivel de carpintero.
Metro de madera.
Tiras de pH o pHmetro y tampones para pH.
Sal y una carta de sales y pinzas.
Un vaso para muestreo con tapa.
Vasos de precipitación de 300ml o tazas.
Pinzas.
Una varilla para remover o una cuchara.
Guantes de látex.
Hoja de Datos de Investigación de la Atmósfera.
Agua destilada para limpiar el pluviómetro.

Preparación	Requisitos Previos
Colocar el pluviómetro. Construir una tabla medidora de nieve. Leer y familiarizarse con el *Protocolo de Investigación del pH en Hidrología.*	Ninguno

Protocolos de Precipitación – Introducción

La Tierra es el único planeta de nuestro sistema solar en el que fluyen cantidades significativas de agua en su superficie. Toda la vida depende del agua. El agua de la atmósfera juega un papel fundamental en la determinación del tiempo, ya que forma parte del gran ciclo hidrológico del agua. En este ciclo, el agua se evapora de los océanos y pasa a la atmósfera, regresa a la superficie como precipitación y vuelve al mar mediante los ríos, arroyos, y aguas subterráneas. Mediante este proceso, se transporta energía y compuestos químicos de un lugar a otro determinando nuestro clima, proporcionándonos tormentas y añadiendo sales a nuestros océanos y mares.

La precipitación hace referencia a todas las formas de agua sólida o líquida que caen desde la atmósfera y alcanzan la superficie terrestre. La precipitación líquida incluye la lluvia y la llovizna, y la precipitación sólida incluye la nieve y el granizo. La cantidad de precipitación que cae en una región, cuándo se produce, si cae como lluvia o nieve, y la cantidad que cae en episodios individuales definen el clima de esta región. Cuando el agua es escasa se crean los desiertos. Cuando hay mucha agua, puede haber un gran desarrollo de la vegetación. Las lluvias en invierno se asocian a climas mediterráneos. La aportación de agua de muchos ríos grandes es el agua derretida procedente de la nieve de las altas montañas. Saber cuánta precipitación cae y cuánto y cuando se derrite es clave para comprender el clima local y global.

Cuando estudiamos la historia del clima de la Tierra nos damos cuenta de que la precipitación en todas las regiones varía a lo largo del tiempo. Por ejemplo, las imágenes de satélite muestran que solía haber grandes ríos en el desierto del Sáhara. Hay evidencia científica de que un mar poco profundo cubrió gran parte de los Estados Unidos. Todos estos cambios han tenido lugar mucho antes de que personas habitaran estas regiones. ¿Qué cambios se están produciendo ahora?

Los científicos no saben exactamente cuánta agua del ciclo del agua procede de la nieve . Aunque la profundidad de la nieve se puede medir mediante un instrumento relativamente simple (un metro de madera), hacer mediciones precisas es algo difícil, debido a la tendencia de la nieve a fundirse. Además, no todas las nevadas de la misma profundidad contienen la misma cantidad de agua. Si ha vivido alguna vez en un lugar en el que hay nieve, sabrá que algunas nevadas son ligeras y esponjosas (¡y no producen buenas bolas de nieve!) y otras son pesadas y húmedas (y son estupendas para hacer muñecos de nieve). Para obtener una idea precisa de cuánta nieve procede de las nevadas es necesario medir tanto la profundidad como el equivalente en lluvia de la nieve.

La atmósfera contiene pequeñas cantidades de muchos compuestos químicos. Algunos son gases, pero otros son pequeñas partículas suspendidas en el aire llamadas aerosoles. Estos gases y partículas son atrapados por las gotas de lluvia y los copos de nieve y no los podemos medir todos, pero muchos de ellos varían el pH de la precipitación, que puede medirse fácilmente. El pH de la precipitación ayuda a determinar el efecto de la lluvia y la nieve en los suelos, la vegetación, los lagos y ríos.

Algunas tormentas y nevadas son grandes, afectando a regiones enteras, mientras que otras pueden ser de 10 km o incluso inferiores. En una tormenta, la cantidad de precipitación que cae y su pH varían de un lugar a otro y pueden cambiar a lo largo de la tormenta. No es práctico recoger y medir cada gota de lluvia o copo de nieve. Debemos estar satisfechos si disponemos de muestras recogidas en diferentes lugares, pero con más muestras el conjunto de datos de precipitación resulta más preciso. ¡Cada centro GLOBE mejora el conocimiento sobre precipitación en los alrededores de su área!

Apoyo al Profesorado

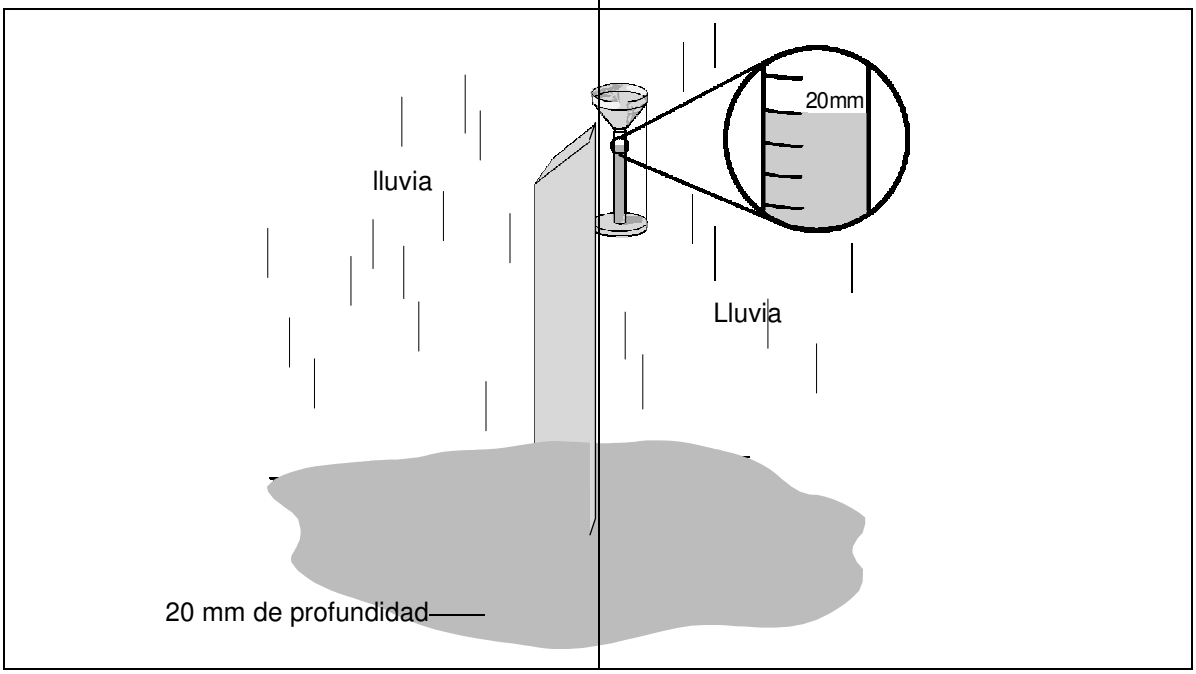
Mediciones y Muestreo de la Precipitación

Los científicos que modelizan el ciclo hidrológico necesitan conocer la cantidad total o volumen de agua que llega a la superficie terrestre desde la atmósfera. Cuando los meteorólogos y otros miden la precipitación, miden la profundidad de lluvia o nieve que ha caído en una determinada cantidad de tiempo. Las mediciones del pluviómetro, tales como las que hacen los alumnos GLOBE, muestran la cantidad de precipitación que cae. Para hallar la cantidad total, se asume que la misma cantidad de agua cae en el área que rodea el pluviómetro. Ver Figura AT-PP-1. Si hay sólo un pluviómetro en una región, esta área puede ser bastante grande, cuanto mayor sea el área, peor será la asunción. Cuantos más centros y demás midan la profundidad de la precipitación, el área representada por cada medición será menor, mejorando nuestro conocimiento de esta parte del ciclo hidrológico.

Medir solamente la profundidad de la nevada no es suficiente para poder saber cuánta agua está llegando a la superficie. Cualquiera que tenga experiencia con la nieve sabe que algunas nevadas son ligeras, tipo polvo y relativamente secas. Otras nevadas son pesadas y húmedas. Para hallar el equivalente en lluvia de una nevada, es necesario tomar una cantidad conocida de nieve y derretirla.

Al igual que no se puede poner un cubo fuera y después usar un metro para medir la altura del agua, no se puede salir, coger un cubo de nieve y derretirla. Es necesario recoger la nieve y derretirla en un recipiente de tamaño conocido. La mejor manera para hallar el equivalente en agua líquida de la nieve es utilizando el cilindro exterior del pluviómetro como instrumento de recogida. Empujando el cilindro directamente contra la nieve recogerás nieve con un instrumento de tamaño conocido.

El agua se mueve a través de cada planta y animal viviente. Los compuestos químicos del agua de lluvia pueden tener importantes efectos sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos. Dado que el agua se condensa formando gotas de lluvia, algunos compuestos químicos de la atmósfera se disuelven en ellas y son transportados a la superficie con la lluvia. Los aerosoles (partículas suspendidas en el aire) también se unen tanto a las gotas de lluvia como a los copos de nieve y son lavados de la atmósfera por la precipitación. Los científicos llaman a estos procesos deposición húmeda porque mediante éstos la precipitación deposita compuestos químicos en la superficie de la Tierra.



Los científicos quieren saber qué cantidad de cada compuesto químico posible se deposita, y el alumnado GLOBE puede ayudar midiendo la propiedad química más importante de la precipitación, el pH. El pH del agua se altera según se mueve a través del ambiente. Cuando el agua se condensa en la atmósfera, su pH es muy cercano al neutro (7). Después, los gases y las partículas de la atmósfera se disuelven en las gotas de agua. Esto generalmente disminuye el pH, haciendo las gotas de agua más ácidas, pero en las regiones en las que el pH del suelo es elevado (8 o superior), el pH puede ser mayor debido a que las partículas del suelo pasan al aire y se incorporan a las gotas de lluvia. La precipitación normal en aire claro es ligeramente ácida, de pH alrededor de 5,6. Esto es debido al dióxido de carbono (CO_2) y al nitrógeno de la atmósfera de la Tierra. Según el agua fluye sobre la superficie terrestre o a través del suelo, el pH varía por disolución de compuestos químicos de la superficie o del suelo.

La quema de algunos combustibles libera gases (generalmente nitrógeno y óxidos de azufre) a la atmósfera que se disuelven en las gotas de agua y que acidifican la precipitación. Si el pH de la lluvia es inferior a 5,6 se dice que es una precipitación ácida, y durante un largo período de tiempo, puede dañar a las plantas. El efecto más serio de la lluvia ácida, sin embargo, es el debilitamiento de las plantas, de manera que se hacen más susceptibles frente a estreses tales como el frío, las enfermedades, los insectos y la sequía. La lluvia ácida también elimina nutrientes del suelo y puede liberar iones solubles de alumnio del suelo, que pueden dañar las raíces de los árboles. Si estos iones de aluminio son lavados hasta lagos y ríos pueden dañar muchas especies de peces. Además de ser perjudiciales para los seres vivos, la lluvia ácida puede dañar estructuras. Se sabe que la lluvia ácida aumenta la corrosión de los metales y contribuye a la destrucción de las estructuras y estatuas de piedra. En muchas regiones del mundo, edificios y esculturas famosas se están deteriorando a un mayor ritmo.

Los cambios que se pueden estudiar usando los datos GLOBE de precipitación son aquellos que se producen en escalas de tiempo de días a años. ¿Cuál es la variación estacional de la precipitación? ¿Cuándo y cuán rápido se funde la nieve y hace que el agua esté disponible para el ambiente? ¿Es este año particularmente seco o húmedo en tu zona? ¿Qué es el pH de la precipitación y cómo varía? Estas son algunas de las preguntas que interesan a los científicos y que pueden ser investigadas por los alumnos GLOBE.

Cuestiones sobre Mediciones

Es deseable que las mediciones de lluvia sean diarias. Esto proporciona una visión general del patrón de la precipitación y del pH de la precipitación en su centro escolar y también asegura que se compruebe diariamente la suciedad, excrementos de pájaros, etc. GLOBE permite enviar la lluvia acumulada de hasta 7 días, pero según aumenta el número de días, la precisión de la medición disminuye. Algo de agua se puede evaporar del pluviómetro, especialmente cuando hace calor, las muestras se pueden contaminar y las medidas de cantidad y pH pueden ser la combinación de tormentas y de sistemas meteorológicos. A pesar de estas cuestiones, tiene un valor considerable conocer el input total de agua en su medio local a lo largo del tiempo y, por ello, la información sobre precipitación total de varios días es importante cuando los estudiantes no pueden realizar mediciones diarias.

Es importante enviar el valor cero cuando no hay lluvia. Si un centro sólo informa sobre precipitación cuando hay lluvia en el pluviómetro, los usuarios de los datos no sabrán qué ha pasado el resto de los días y esto puede hacer inservibles los datos. Algunas veces la lluvia se derrama del pluviómetro antes de que la lectura haya sido tomada. En este caso, siempre envía “M” (missing – dato perdido) como cantidad. Esto indica a los científicos que usan los datos GLOBE que hubo precipitación en ese día (o período de días) pero que no se obtuvo una lectura precisa. Si hay menos de medio milímetro en el pluviómetro envía “T” (traza) como cantidad. Ver Tabla AT-PP-1.

Es importante realizar mediciones diarias de nieve. Sin embargo, si no es posible se debe enviar a GLOBE el número de días desde la última lectura junto con la siguiente lectura. Por ejemplo, si se quitó la nieve en viernes, pero falta la lectura del sábado y del domingo, y el lunes se mide la nieve sobre la tabla, enviará la cantidad total de la nieve nueva sobre la tabla e introducirá “3” como número de días en que se ha acumulado la nieve. Incluso cuando sepa que toda la nieve cayó el domingo por la noche, debe informar de que su medición del lunes es una acumulación de 3 días.

Tabla AT-PP-1: Enviando Precipitación

Tipo de evento	**Enviar a GLOBE el # de días desde su última medición y ……**
No llueve	0
Lluvia > 0,5 mm sin problemas en la lectura del pluviómetro	La cantidad de precipitación en el pluviómetro
Muy poca cantidad de lluvia < 0,5 mm	T (de Traza)
Pluviómetro vertido antes de que se pudiera realizar la medición, poste del pluviómetro caído;	M (de Missing)

Al igual que con el pluviómetro, se pueden producir accidentes y puede haber un día en el que la tabla medidora de nieve haya salido volando o se haya limpiado antes de realizar la medición. En este caso se debe introducir la letra "M" (de missing – dato extraviado) como cantidad de nieve del día. Es importante que introduzca que falta el valor, en lugar de cero. Aunque es un error frecuente introducir cero cuando falta el valor, esto puede llevar posteriormente a análisis erróneos de los datos . Sin embargo, sólo ingrese la letra "M" si la medición de nieve realmente se ha perdido, es decir, no introduzca "M" para aquellos días en los que se ha estado acumulando nieve en la tabla. Por ejemplo, si la nieve fue leída en viernes y lunes pero se dejó que se acumulara durante sábado y domingo, NO envíe "M" como valores de nieve para el sábado y el domingo. Estos valores no faltan, sino que están incluidos en el total de nieve enviado el lunes.

Incluso si no ha caído nieve nueva sobre su tabla medidora en las últimas 24 horas, se debe realizar una medición diaria de la profundidad total de la nieve sobre el suelo. Esta observación puede dar a los científicos información sobre cuán rápido la nieve se derrite o sublima (pasa de estado sólido a gas sin pasar primero por estado líquido)

Además de medir la cantidad de lluvia (y la lluvia equivalente de la nieve) se debe medir el pH de la nieve derretida usando las tiras de pH o el pHmetro. Se debe tener en cuenta que la mayoría de la precipitación tiene baja conductividad y que ni las tiras de pH ni los pHmetros dan buenos resultados en muestras de baja conductividad. Añadir cristales de sal a la lluvia o a la nieve derretida aumentará la conductividad hasta un nivel apropiado. Se pueden usar cristales de sal grandes (0,5 mm a 2,0 mm de diámetro) o sal fina "de mesa" (con cristales de diámetro menor que 0,5 mm), según se muestra en la Figura AT-PP-2. Si se elige usar sal fina "de mesa" se utilizará una carta de sal para medir la cantidad correcta de sal. Una carta de sal es una carta índice o una hoja de papel en blanco que contiene dos círculos, uno con un diámetro de 4 mm. y otro con un diámetro de 5 mm. Puede crear una carta de sal dibujando dos círculos similares en una carta índice, o en una hoja de papel en blanco, o calcando o fotocopiando la Figura AT-PP-3 en una hoja de papel en blanco. Los cristales grandes de sal se añaden usando pinzas.

Figura AT-PP-2: Dos tamaños de Cristales de Sal

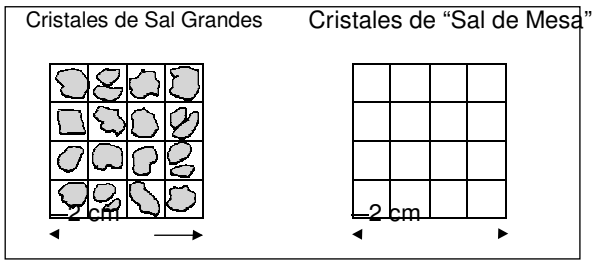
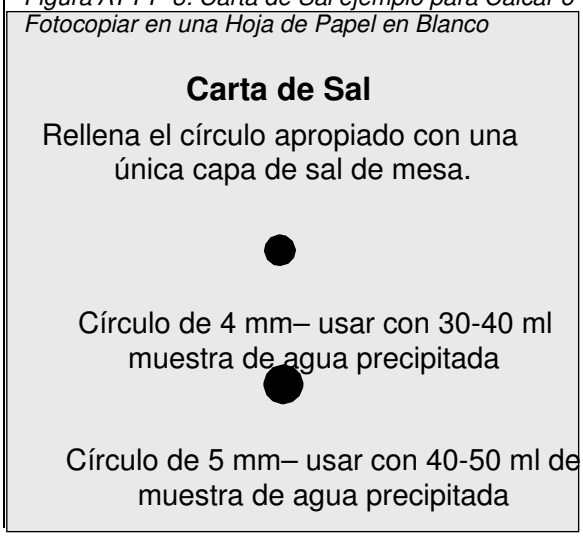


Figura AT-PP-3: Carta de Sal ejemplo para Calcar o Fotocopiar en una Hoja de Papel en Blanco



Preparación del Alumnado

Precipitación Líquida

Antes de colocar el pluviómetro, de una vuelta con los estudiantes por el recinto del colegio para elegir los mejores lugares para ubicar el pluviómetro. Algunas buenas preguntas para ayudar al alumnado a empezar a elegir los mejores lugares para colocar el pluviómetro serían:

- ¿Dónde se colocaría el pluviómetro para recoger el máximo de lluvia? ¿Por qué? (¡Un alumno listo respondería que el lugar para recoger el máximo de lluvia sería bajo una bajante, donde el pluviómetro recogería la lluvia que escurre del tejado de un edificio!)
- El lugar donde se recogería la mayor cantidad de lluvia, ¿Es el mejor sitio para el pluviómetro? ¿Por qué? (Recuerde que los datos deben ser representativos de todo el área alrededor).

Según camina por el recinto del colegio, pida a los estudiantes que dibujen un croquis del área. Los estudiantes más jóvenes pueden representar sólo las principales características, tales como el edificio(s) del colegio, el aparcamiento, el patio, etc. Los alumnos mayores deberían incluir más detalles, como el tipo de superficie del patio (por ejemplo, pavimentada, con césped o suelo desnudo). El objetivo final es tener un dibujo del recinto del colegio de manera que cuando se tome una decisión sobre dónde colocar los instrumentos meteorológicos los alumnos puedan ubicarlos en su croquis . Esto permitirá a los alumnos dar una buena descripción física del área que rodea sus instrumentos. En los años sucesivos, los nuevos alumnos pueden repetir esta actividad de hacer un croquis para observar los cambios en el recinto escolar y para comprender porqué se eligió una ubicación determinada.

Observar y hacer un croquis del área alrededor del pluviómetro contribuye a cuatro elementos clave de las buenas prácticas científicas: Primero, los croquis se deben incluir en los cuadernos de ciencias como parte de la documentación de los estudiantes de sus observaciones y notas personales. Segundo, un croquis consensuado debe incluirse en el libro de datos del centro junto con las *Hojas de Datos*. Los datos sobre las condiciones en las que se hacen las mediciones son metadatos importantes – datos sobre datos – y deben guardarse en los registros del centro. Tercero, las hojas de definición del sitio GLOBE y los formularios de entrada de datos proporcionan espacio para introducir metadatos como comentarios. Los científicos deben comunicar toda la información sobre sus observaciones que es necesaria para que otros puedan usar sus datos. Cuarto, todos los científicos deben abordar cualquier medición con algo de escepticismo y hacerse a sí mismos preguntas tales como, "¿Qué puede estar influyendo en mis observaciones y haciendo que los datos sean imprecisos o poco representativos?"

Precipitación Sólida

Antes de la primera nevada, de un paseo con sus alumnos y alumnas por el recinto escolar para localizar los mejores lugares para medir la profundidad de la nieve. Deben encontrar un lugar alejado de edificios, árboles y otros objetos que puedan influir en la profundidad de la nieve. Por supuesto, al igual que la lluvia, hay variaciones a pequeña escala en la profundidad de la nieve. Unas preguntas que pueden ayudar a los estudiantes a decidir el mejor lugar para medir la nieve son:

- ¿Es el área del pluviómetro un buen lugar para medir la nieve? ¿Por qué sí o por qué no?
- ¿Crees que los diferentes tipos de superficies (por ejemplo, hierba, cemento, etc.) influyen en la cantidad de nieve que se acumula?
- ¿Qué diferencias crees que existirán entre la profundidad de la nieve de un lugar grande y plano en comparación con un área escarpada?
- ¿Qué probabilidad hay de que alguien altere la nieve de esta zona al pisarla o amontonarla? ¿Contaminarán la sal o la tierra de las aceras o calles esta ubicación?

Las medidas de agua equivalente de la nueva nieve y del bloque de nieve relacionan los datos de lluvia y de nieve como elementos del ciclo hidrológico. Discuta con los alumnos/as los conceptos de equivalente en lluvia de la nieve, que la nieve es un almacén de agua en la superficie de la Tierra, y las razones por las que las muestras de nieve se deben realizar de manera cuidadosa, tal y como se requiere en los protocolos. Los estudiantes que comprenden los conceptos de muestreo de lluvia y la forma en la que las mediciones de nieve se relacionan con las de lluvia deben ser más cuidadosos y seguros en la toma de datos.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Cuándo llega la precipitación a su zona? ¿Por qué?

¿Qué ocurriría si sólo tuviera la mitad de la cantidad de precipitación normal en una zona determinada? ¿Cómo variarían los efectos dependiendo de en qué momento del año hay menos precipitación?

¿Qué ocurriría si tuviera el doble de la cantidad de precipitación normal en una zona determinada? ¿Cómo variarían los efectos dependiendo de en qué momento del año hay más precipitación?

La cantidad de precipitación que recoge en su centro, ¿es igual o diferente de la cantidad que se recoge en los cinco centros GLOBE más cercanos? ¿Qué provoca estas diferencias o similitudes?

¿De dónde vienen las tormentas de lluvia y de nieve antes de llegar a su zona?

¿Varía el pH de la precipitación de una tormenta a otra? ¿Por qué?

¿Cómo se relacionan la cantidad y frecuencia de las precipitaciones con la aparición de nuevos brotes y otras mediciones de fenología?

¿Cómo se relacionan la cantidad y frecuencia de las precipitaciones de su zona con la cobertura terrestre?

¿Cómo se relaciona el pH de la precipitación con el pH del suelo y el pH de los cuerpos de agua cercanos?

Mantenimiento y Calibración de los Aparatos

Mantenimiento

Incluso si no ha llovido, se debe comprobar diariamente el pluviómetro para asegurarse de que no tiene suciedad (hojas transportadas por el viento, ramitas, papeles, etc.). A algunos pájaros parece gustarles sentarse en el borde del pluviómetro y ¡pueden dejar excrementos! Aproximadamente una vez al mes se debe limpiar el pluviómetro con agua y una escobilla para botellas (o equivalente). Esto supone limpiar cualquier moho, mildiu u otras cosas que puedan empezar a crecer en el pluviómetro. En lugares muy húmedos, puede ser necesario limpiar el pluviómetro con más frecuencia; en áreas secas puede que sólo sea necesario limpiar el pluviómetro cada dos o tres meses (aunque la suciedad seca se debe quitar diariamente). No se debe usar nunca jabón o detergente para limpiar el pluviómetro porque el residuo contaminará las mediciones de pH de la precipitación.

Lleve el pluviómetro al interior cuando la temperatura disminuya bajo cero. Esto evitará que se rompa el tubo de medición. Sin embargo, si está en una estación de transición en la que las temperaturas varían desde bajo cero a sobre cero en un período de 24 horas, y se puede producir tanto lluvia como nieve, se puede dejar el tubo grande de rebosamiento fuera sin el pequeño tubo de medición y el embudo. Esta parte del pluviómetro es menos susceptible de rotura. Cualquier precipitación que caiga en el interior del tubo de rebosamiento puede ser llevada al interior y vertida en el pequeño tubo para mediciones precisas.

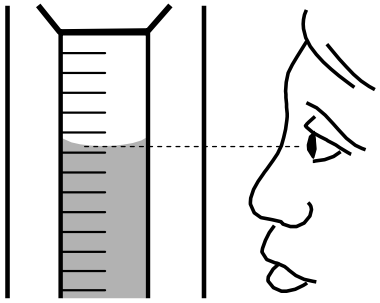
La tabla de medición de nieve requiere poco mantenimiento. Lo principal es asegurarse de que la tabla se limpie después de cada medición, y comprobar la tabla de vez en cuando para asegurarse de que no esté curvada.

Calibración

Para asegurarse de que el pluviómetro está recto sólo es necesario poner un nivel de carpintero sobre la parte superior del embudo en dos direcciones. Un nivel de carpintero es un trozo de tabla que tiene pequeños tubos de cristal en una o más direcciones. Cada tubo de cristal tiene marcas en él, y una burbuja de aire en su interior.

Protocolo de Lluvia

Guía de Campo



Actividad

Medir la cantidad de lluvia que ha recogido el pluviómetro.

Medir el pH de la lluvia.

Preparar el pluviómetro para recoger más lluvia.

Qué se Necesita

- Un pluviómetro correctamente colocado y montado
- *Hoja de Datos de la Investigación de la Atmósfera*
- Vaso limpio para muestreo con tapa para las muestras de pH
- *Guía de Laboratorio de pH de la Precipitación*
- Lápiz o bolígrafo

En el Campo

1. Leer el nivel de agua del pluviómetro, asegurándose de que sus ojos estén nivelados con el agua en el tubo de medición. Leer el nivel en la parte inferior del menisco.
2. Redondear la cantidad de lluvia a la décima parte de un milímetro.

   Si no hay agua en el pluviómetro envía 0,0mm.

   Si hay menos que 0,5 mm, introduzca "T" de traza.

   Si se derrama agua antes de medir la cantidad de lluvia, anotar "M" de missing como cantidad. (Si sólo ha derramado un poquito, anota la cantidad no derramada como metadatos).
3. Echar el agua en el vaso de muestras y taparlo para la medición de pH.
4. Si hay agua en el tubo de rebosamiento:
   a. Sacar el tubo de medición del tubo de rebosamiento.
   b. Leer el nivel de agua en el tubo de medición sujetándolo de manera que tus ojos estén a nivel con el menisco.
   c. Anotar la cantidad redondeada a la décima parte de milímetro.
   d. Echar el agua del tubo de medición en un recipiente para medir el pH
   e. Echar el agua del tubo de rebosamiento al tubo de medición.
   f. Repetir desde el paso b al e hasta que se vacíe el superhábit de agua del tubo. Sumar las mediciones y anotar la suma como la cantidad de lluvia.
5. Anotar el número de días que se ha estado acumulando lluvia en el pluviómetro (el número de días desde que el pluviómetro se comprobó y vació).
6. Realizar apropiadamente los pasos de la *Guía de Laboratorio para el pH de la Precipitación* (dependiendo de qué dispositivo de medición de pH y qué tipo de sal esté utilizando)
7. Secar el pluviómetro y volverlo a colocar en su poste.

Protocolo de Precipitación Sólida

Guía de Campo

Actividad

Medir la cantidad de nueva nieve que se ha recogido en la tabla medidora de nieve.

Medir la profundidad total de la nieve sobre el suelo.

Obtener muestras de la nueva nieve y del bloque de nieve para la medición del pH.

Obtener muestras de la nueva nieve y del bloque de nieve para determinar el equivalente en agua.

Preparar la tabla para recoger más nieve.

Qué se Necesita

- Un metro de madera (o un palo de medición mayor si hay más de un metro de nieve acumulada)
- Tabla medidora de nieve
- Un recipiente con los lados rectos
- Tubo para evaluar el rebosamiento del pluviómetro
- Dos vasos limpios de muestreo con tapa para las muestras de pH
- Un recipiente para la muestra del equivalente en lluvia del bloque de nieve.
- Algo plano y limpio para colocar bajo los recipientes boca abajo.
- *Hoja de Datos de la Investigación de la Atmósfera*
- Lápiz o bolígrafo
- Etiquetas para muestras de nieve

En el Campo

1. Insertar el metro de madera verticalmente en la nieve hasta que llegue al suelo. Tener cuidado de no confundir una capa de hielo o nieve helada con el suelo. Leer y anotar la profundidad del bloque de nieve.
2. Repetir la medición al menos en otros dos lugares en los que la nieve esté menos alterada por amontonamientos.
3. Enviar estas tres mediciones como el total de nieve. Si el bloque de nieve es tan pequeño que no se puede anotar una profundidad, anotar la letra “T” (de traza) como total del bloque de nieve.
4. Después de una nueva nevada, introducir con cuidado el metro verticalmente en la nieve hasta que llegue a la tabla medidora. Leer y anotar la profundidad de la nueva nieve. Si no ha habido nueva nieve, anotar 0,0 como profundidad de la nueva nieve.
5. Si no hay nueva nieve, tomar al menos dos mediciones más en lugares diferentes de la tabla medidora.
6. Enviar estos tres números como la profundidad de la nueva nieve. Si la nevada ha sido tan pequeña que no se puede leer la profundidad, introducir la letra “T” (de traza) para la nueva nieve. Si la nieve de la tabla medidora ha sido alterada antes de poder realizar la medición, anotar “M” de missing – dato perdido .
7. Anotar el número de días desde la última lectura de nieve sobre la tabla medidora.

Toma de Muestras para el Laboratorio

8. Después de haber medido la profundidad de la nueva nieve sobre la tabla medidora de nieve y del bloque de nieve, tomar un recipiente de lados rectos (similar al tubo de rebosamiento del pluviómetro), y ponerlo boca abajo. Elegir un lugar suficientemente alejado de la tabla medidora en el que la nieve no haya sido alterada. Presionar el recipiente hacia abajo hasta que casi llegue a tocar el suelo.
9. Deslizar algo plano y limpio bajo el recipiente justo por encima del suelo y dar la vuelta al recipiente. Hay que asegurarse de no perder nada de nieve.
10. Guardar esta muestra en un recipiente limpio, cubrirlo y etiquetarlo como "pH del bloque de nieve"
11. Coger el tubo de rebosamiento del pluviómetro y ponerlo boca abajo, en un lugar alejado de la tabla medidora. Elegir un lugar en el que la nieve no haya sido alterada. Presionar el tubo hacia abajo hasta que casi llegue a tocar el suelo.
12. Guardar esta muestra en el tubo o en otro recipiente, cubrirla y etiquetarla como "equivalente en lluvia del bloque de nieve".
13. Coger un recipiente de lados rectos y ponerlo boca abajo sobre la tabla medidora. Presionar el recipiente hacia abajo, hasta que casi toque la superficie de la tabla.
14. Deslizar algo plano y limpio bajo el recipiente, justo sobre la tabla, y dar la vuelta al recipiente.
15. Guardar esta muestra en un recipiente limpio, cubrirlo y etiquetarlo como "pH de la nueva nieve".
16. Coger el tubo de rebosamiento del pluviómetro y darle la vuelta. Presionar el tubo hasta que casi toque la superficie de la tabla medidora de nieve. Deslizar algo plano bajo el tubo y darle la vuelta O pegar el tubo a la tabla y dar la vuelta al tubo con la tabla. Hay que asegurarse de no perder nieve.
17. Guardar esta muestra en el tubo de rebosamiento o en otro recipiente, cubrirlo y etiquetarlo como "equivalente en lluvia de la nueva nieve".
18. Una vez tomadas las muestras, colocar la tabla medidora sobre nieve ya existente no alterada. Presionar la tabla medidora con cuidado hacia la nieve, de manera que su superficie esté nivelada con la superficie de la nieve. Colocar una bandera u otro marcador cerca, para ayudar a localizar la tabla medidora después de la siguiente nevada.
19. Llevar para dentro las muestras etiquetadas para derretirlas y medirlas.

Protocolo de Precipitación Sólida

Guía de Laboratorio

Actividad

Determinar el equivalente en agua líquida de la nueva nieve caída y del bloque total de nieve.

Determinar el pH de la nueva nieve y del bloque de nieve.

Qué se Necesita

- Muestras de campo (pH y equivalente en lluvia de la nueva nieve y del bloque de nieve)
- *Guía de Laboratorio del pH de la Precipitación*
- El tubo pequeño de medición del pluviómetro
- *Hoja de Datos de la Investigación de la Atmósfera*

En el Laboratorio

1. Una vez que se tengan dentro las muestras de nieve, dejarlas que se derritan. Hay que asegurarse de que estén cubiertas, para evitar la evaporación.

2. Verter el agua derretida de la muestra de nueva nieve en el tubo medidor del pluviómetro (se puede utilizar el embudo del pluviómetro como ayuda).

3. Leer y anotar el equivalente de lluvia en milímetros, redondeando a la décima parte de de milímetro.

4. Si hay más agua de la que cabe en el tubo de medición, vaciar el tubo y repetir los pasos 2 y 3, y sumar las cantidades.

5. Anotar el resultado como el equivalente en lluvia en la *Hoja de Datos.*

6. Verter el agua procedente de la nieve derretida de nuevo en el recipiente de muestras.

7. Llevar a cabo la *Guía de Laboratorio de pH de la Precipitación* (dependiendo de qué tipo de medidor de pH y sal se está utilizando) con la muestra de pH.

8. Repetir los pasos 2-7 con la muestra del bloque de nieve.

pH de la Precipitación Usando Tiras de pH y Cristales de Sal Grandes

Guía de Laboratorio

Actividad

Medir el pH de la precipitación usando tiras de pH y cristales de sal grandes.

Qué se Necesita

- *Hoja de Datos de la Investigación de la Atmósfera*
- 3 vasos de precipitación de 100 ml limpios
- Cristales de sal grandes (0,5mm a 2mm de diámetro)
- Recipiente de muestra cubierto que contenga al menos 30 ml. de lluvia o de nieve derretida
- Pinzas
- Guantes de látex
- Varilla para agitar o cuchara
- Bolígrafo o lapicero
- Tiras de pH
- Agua destilada en una pizeta

En el Campo

1. Verter una muestra de lluvia o nieve derretida de 50 ml (o menos si no tiene 50 ml) del recipiente de muestra en un vaso de precipitación limpio. Se debe tener al menos 30 ml de muestra para medir el pH.
2. Ponerse los guantes de látex.
3. Usar las pinzas para añadir un cristal de sal en el vaso de precipitación .
4. Mezclar bien el contenido del vaso de precipitación con la varilla o con una cuchara hasta que la sal se haya disuelto.
5. Seguir las instrucciones que vienen con la tira de pH para medir el pH de la muestra. Anotar el valor de éste en la *Hoja de Datos*.
6. Si sobran al menos 30 ml de lluvia o nieve en el recipiente con la muestra, repetir los pasos 1-5. Si no, repetir el paso 5. Continúe hasta que se tenga un total de 3 mediciones de pH.
7. Calcular la media de las 3 mediciones de pH y anotarla en la *Hoja de Datos*.
8. Comprobar para asegurarse de que cada medición varía menos de una unidad (1,0) con respecto a la media de pH. Si no están en este rango, entonces repetir las mediciones. Si las mediciones siguen sin cumplir esto, discutir con el profesor/a sobre posibles problemas.
9. Desechar las tiras de pH usadas y enjuagar los vasos de precipitación y el recipiente de muestra tres veces con agua destilada.

pH de la Precipitación Usando Tiras de pH y Sal de "Mesa"

Guía de Laboratorio

Actividad

Medir el pH de la precipitación usando tiras de pH y sal de "mesa".

Qué se Necesita

- *Hoja de Datos de la Investigación de Atmósfera*
- 3 vasos de precipitación de 100 ml limpios
- Sal fina de mesa (cristales inferiores a 0,5mm de diámetro)
- *Carta de Sal,* que consiste en círculos de 4 y 5 mm dibujados en una cartulina u hoja de papel.
- Recipiente cubierto de muestra que contenga al menos 30 ml de lluvia o de nieve derretida
- Pinzas
- Guantes de látex
- Varilla para agitar o cuchara
- Bolígrafo o lapicero
- Tiras de pH
- Agua destilada en una pizeta

En el Campo

1. Verter una muestra de lluvia o nieve derretida de 50 ml (o menos si no tiene 50 ml) del recipiente de muestra en un vaso de precipitación limpio. Se debe tener al menos 30 ml de muestra para medir el pH.
2. Ponerse los guantes de látex.
3. Poner sal en el círculo apropiado de la Carta de S*al*: si la muestra de lluvia o de nieve derretida es de 40-50 ml, utilizar el círculo grande de 5mm de la Carta *l*. Si la muestra de lluvia o de nieve derretida es de 30-40 ml, utilizar el círculo pequeño de 4mm.
4. Rellenar el correspondiente círculo con una única capa de sal. Quitar cualquier exceso de sal de la *Carta.* .
5. Poner la sal que cubre el círculo de la *Carta de Sal* en el vaso de precipitados.
6. Remover bien el contenido del vaso de precipitados con una varilla o con una cuchara, hasta que la sal se haya disuelto.
7. Seguir las instrucciones que vienen con la tira de pH para medir el pH de la muestra. Anotar el valor de pH en la *Hoja de Datos*.
8. Si le sobran al menos 30 ml de lluvia o nieve en el recipiente con la muestra, repita los pasos 1-7. Si no, repita el paso 7. Continúe hasta que tenga un total de 3 mediciones de pH.
9. Calcular la media de las 3 mediciones de pH y anótelas en la *Hoja de Datos*.
10. Comprobar para asegurarse de que cada medición varía menos de una unidad (1,0) con respecto a la media del pH. Si no están en este rango, entonces repetir las mediciones. Si las mediciones siguen sin cumplir esto, discutir con el profesor sobre posibles problemas.

11 Desechar las tiras de pH usadas y enjuagar los vasos de precipitación y el recipiente de muestra tres veces con agua destilada.

pH de la Precipitación Usando un pHmetro y Cristales de Sal Grandes

Guía de Laboratorio

Actividad

Medir el pH de la precipitación usando un pHmetro y cristales de sal grandes.

Qué se Necesita

- *Hoja de Datos de la investigación de la atmósfera*
- 3 vasos de precipitación de 100 ml limpios
- Cristales de sal grandes
- Recipiente cubierto de muestra que contenga al menos 30 ml de lluvia o de nieve derretida
- Pinzas
- Guantes de látex
- pHmetro
- Bolígrafo o lapicero
- Tampones de pH 4, 7 y 10.
- Agua destilada en una pizeta

En el campo

1. Ponerse los guantes de látex.
2. Calibrar el pHmetro siguiendo las instrucciones del aparato, usando los tampones de pH. Asegúrese e de usar suficiente cantidad como para cubrir completamente la punta del electrodo.
3. Enjuagar perfectamente el electrodo con agua destilada. Cualquier resto de tampón puede contaminar la muestra.
4. Verter una muestra de lluvia o nieve derretida de 50 ml (o menos si no tiene 50 ml) del recipiente de muestra en un vaso de precipitación limpio. Se debe tener al menos 30 ml de muestra para medir el pH.
5. Usar las pinzas para añadir un cristal de sal en el vaso de precipitados.
6. Mezclar bien el contenido del vaso de precipitación con la varilla o con una cuchara hasta que la sal se haya disuelto.
7. Seguir las instrucciones del pHmetro para medir el pH de la muestra y anotar la medición en la *Hoja de Datos*. (Nota: el electrodo debe estar completamente cubierto por el agua de la muestra).
8. Si sobran al menos 30 ml de lluvia o nieve en el recipiente con la muestra, repetir los pasos 4-7. Si no, repetir el paso 7. Continuar hasta que se tenga un total de 3 mediciones de pH.
9. Calcular la media de las 3 mediciones de pH y anotarlas en la *Hoja de Datos*.
10. Comprobar para asegurarse de que cada medición varía menos de 0,2 unidades con respecto a la media del pH. Si no están en este rango, entonces repita las mediciones. Si las mediciones siguen sin cumplir esto, discutir con el profesor sobre posibles problemas.
11. Enjuagar los vasos de precipitación y el vaso de muestra tres veces con agua destilada.

pH de la Precipitación Usando un pHmetro y la Sal de Mesa

Guía de Laboratorio

Actividad

Medir el pH de la precipitación usando un pHmetro y sal de mesa.

Qué se Necesita

- *Hoja de Datos de la Investigación de la Atmósfera*
- Sal fina de mesa (cristales inferiores a 0,5mm de diámetro)
- *Carta de Sal,* que consiste en círculos de 4 y 5mm dibujados en una cartulina u hoja de papel.
- Varilla para remover o cuchara
- pHmetro
- Tampones de pH 4, 7 y 10.
- 3 vasos de precipitados de 100 ml limpios
- Recipiente cubierto de muestra que contenga al menos 30 ml de lluvia o de nieve derretida
- Guantes de látex
- Lápiz o bolígrafo
- Agua destilada en una pizeta

En el Campo

1. Ponerse los guantes de látex.
2. Calibrar el pHmetro siguiendo las instrucciones del aparato, usando los tampones de pH. Asegurarse de usar suficiente cantidad como para cubrir completamente la punta del electrodo.
3. Enjuagar perfectamente el electrodo con agua destilada. Cualquier resto de tampón puede contaminar la muestra.
4. Verter una muestra de lluvia o nieve derretida de 50 ml (o menos si no tiene 50 ml) del recipiente de muestra en un vaso de precipitación limpio. Se debe tener al menos 30 ml de muestra para medir el pH.
5. Poner sal en el círculo apropiado de la Carta de Sal *l*: si la muestra de lluvia o de nieve derretida es de 40-50 ml, utilice el círculo grande de 5mm de la Carta *l*. Si la muestra de lluvia o de nieve derretida es de 30-40 ml, utilice el círculo pequeño de 4 mm.
6. Rellenar el correspondiente círculo con una única capa de sal. Quitar cualquier exceso de sal de la *Carta de Sal*.
7. Poner la sal que cubre el círculo de la C*arta de Sal* en el vaso de precipitados.
8. Remover bien el contenido del vaso de precipitados con una varilla o con una cuchara, hasta que la sal se haya disuelto.
9. Seguir las instrucciones del pHmetro para medir el pH de la muestra y anotar la medición en la *Hoja de Datos*. (Nota: el electrodo debe estar completamente cubierto por el agua de la muestra).
10. Si sobran al menos 30 ml de lluvia o nieve en el recipiente con la muestra, repetir los pasos 4-9. Si no, repetir el paso 9. Continuar hasta que se tenga un total de 3 mediciones de pH.
11. Calcule la media de las 3 mediciones de pH y anótelas en la *Hoja de Datos*.
12. Comprobar para asegurarse de que cada medición varía menos de 0,2 unidades con respecto a la media de pH. Si no están en este rango, entonces repetir las mediciones. Si las mediciones siguen sin cumplir esto, discutir con el profesor sobre posibles problemas.
13. Enjuagar los vasos de precipitación y el vaso de muestra tres veces con agua destilada.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Por qué se debe comprobar diariamente el pluviómetro, incluso si sabemos que no ha llovido?

El problema con recipientes como el pluviómetro es que recogen habitualmente más que lluvia. Hojas, suciedad y otros restos pueden anular rápidamente al pluviómetro como instrumento científico. Esta suciedad puede obstaculizar el embudo, provocando que la lluvia se salga del pluviómetro. Incluso si la suciedad no es tan grande como para bloquear el embudo, se puede mezclar con el agua de lluvia e influir sobre el nivel de precipitación o sobre la lectura de pH. Por ello, es importante comprobar diariamente el estado del pluviómetro, para asegurarnos de que está libre de polvo y suciedad.

2. ¿Qué es el mediodía solar y cómo podemos saber cuando es en nuestra zona?

Mediodía solar local es un término usado por los científicos para indicar la hora del día a la que el sol ha alcanzado el punto más alto en el cielo en su zona. El modo más fácil para determinar el mediodía solar local es hallar la hora exacta del amanecer y del anochecer en su localidad, calcular el número total de horas de luz solar entre estas dos horas, dividir el número de horas de luz entre dos, y añadir ese número a la hora del amanecer. Ver los ejemplos de *Mediodía Solar* en la sección sobre *Logística de las Mediciones*.

3. ¿Cuándo debemos dar la vuelta a la tabla?

Lo mejor de la tabla es que no es necesario anticiparse a la primera nevada. No es necesario que saque la tabla medidora de nieve hasta que ya haya nieve sobe el suelo. El objetivo de la tabla es servir como barrera entre la antigua y la nueva nieve, de manera que se pueda medir la profundidad, el equivalente en agua y el pH de la nueva nevada.

4. ¿Se puede dejar el tubo de rebosamiento del pluviómetro como colector de nieve?

Desafortunadamente, esto no es posible. La nieve se dispersa demasiado como para tomar una medición precisa de su profundidad usando un pluviómetro. Además, necesitamos hallar varias mediciones de la profundidad de la nieve y hallar la media para tener una medición más precisa de ésta en una región. Sin embargo, los días en los que la temperatura está tanto por encima como por debajo del punto de congelación, deja el tubo de rebosamiento fuera para recoger tanto lluvia como nieve. La nieve en estos días es generalmente húmeda y pesada, por lo que no se dispersa tanto y se derrite antes del mediodía solar local. Se puede medir el agua del tubo de rebosamiento para hallar el equivalente en lluvia de la nieve, además de la lluvia.

5. ¿Qué hacemos si la profundidad de la nueva nieve es mayor que la profundidad del recipiente?

Compacte la nieve en el recipiente. Si hay demasiada nieve como para que quepa en el recipiente presiona el recipiente tan abajo como llegue y después sácalo.

Si la nieve se queda en el recipiente, vacéelo en otro recipiente, que puede ser de cualquier forma; o

Si la nieve no sale con el recipiente, utilice una pequeña pala o herramienta similar para sacar la nieve de la columna hecha por el recipiente. Ponga toda la nieve en otro recipiente, que puede ser de cualquier forma.

Después presione el recipiente de lados rectos más hacia abajo en la nieve, continuando con el agujero del que se tomó la primera muestra, y repita estos pasos hasta que tengas una muestra que vaya desde la superficie de la nieve hasta el suelo o hasta la tabla medidora de nieve.

6. Los protocolos de nieve piden realizar hasta cuatro muestras para mediciones de pH, y sólo tenemos un tubo de rebosamiento; ¿qué podemos hacer?

Las muestras de pH no necesitan ser tomadas usando el tubo de rebosamiento. Cualquier recipiente con los lados rectos servirá siempre que esté limpio y no contamine la lectura de pH de la nieve. Algunas veces el pH cambia durante una tormenta o una nevada y GLOBE quiere el pH de la precipitación total que ha caído el día anterior. Los puntos importantes del muestreo son:

1. Evitar recoger nieve que se pueda contaminar por contacto con la tabla medidora u otra superficie y
2. Recoger una columna uniforme de nieve que sea representativa de toda la nevada.

El tubo de rebosamiento del pluviómetro se usa para recoger las muestras de "nieve nueva" y del "bloque de nieve" de manera que se pueda hallar

el equivalente en lluvia usando el tubo medidor del pluviómetro. Si sólo tiene un pluviómetro, primero recoja la muestra del pluviómetro y vacée el contenido del tubo de rebosamiento en otro recipiente y etiquételo. Después, vuelva a utilizar el tubo de rebosamiento para recoger la muestra de la tabla medidora. Si no quiere utilizar el pluviómetro, haga lo siguiente:

1. Utilice recipientes de lados rectos en lugar del tubo de rebosamiento.
2. Tome las muestras y derrítalas de la misma manera.
3. Usando las probetas graduadas de 100 o 500 ml, vierta la muestra en la probeta y mida el volumen con la mayor precisión posible (± 1 ml en la probeta de 100 ml y ± 5 ml en la de 500 ml).
4. Determinar el área de la boca del recipiente de lados rectos. Si es redonda, mida el diámetro y calcule el área de la siguiente manera:

   Radio = Diámetro / 2

   Área (cm^2) = π x (radio) ^{2}

   O si es rectangular, mida el ancho y el largo de la boca y calcule el área así:

   Área (cm^2) = Ancho (cm) x Largo (cm)

5. Calcule el equivalente en lluvia del agua derretida de la siguiente manera:

$$\text{Profundidad (mm)} = \left(\frac{\text{Volumen de agua derretida}}{\text{Área (cm}^2\text{)}}\right) \times 10 \text{ (mm/cm)}$$

Observe que mililitros equivalen a centímetros cúbicos. Calcule la profundidad redondeando al 0,1 mm más cercano.

7. ¿Qué debemos hacer si es probable que tengamos tanto lluvia como nieve durante ciertas épocas del año?

Hay muchos lugares en los que las épocas de transición (de otoño a invierno, y de invierno a primavera) hacen que la temperatura pueda fluctuar por encima y por debajo del punto de congelación en períodos de tiempo relativamente cortos. Siempre que haya una posibilidad de que las temperaturas nocturnas bajen del punto de congelación, lleve el embudo y el tubo de medición al interior. Deje el tubo de rebosamiento colocado en el sitio de estudio de atmósfera. El tubo estrecho de medición es mucho más susceptible de ruptura si se forma hielo en su interior después de llover, que el tubo de rebosamiento. El tubo de rebosamiento servirá para recoger cualquier tipo de precipitación que se produzca.

En algunos casos se puede producir una nevada que se derrita antes de la hora habitual de mediciones. Si esto sucede, no debe informar sobre la profundidad de la nueva nieve, pero puede reportar en los metadatos que había nieve en el suelo que se derritió antes de realizar la medición.

Llévese el tubo de medición fuera y úselo para medir la cantidad de lluvia más la nieve derretida que hay en el tubo de rebosamiento. Si el agua del tubo de rebosamiento procede todo de lluvia, envíe el dato como lluvia. Si el agua del tubo de rebosamiento procede todo de nieve derretida, envíelo como equivalente en agua de la nieve reciente, y envíe el dato de la profundidad de la nueva nieve como "M" de missing – dato perdido - y la profundidad del bloque de nieve sobre el suelo como el valor que haya medido (incluido 0,0 en muchos casos). Si el agua del tubo de rebosamiento es una mezcla de lluvia y nieve derretida y no sabe qué es, envíelo como lluvia e indique en los comentarios que la muestra tenía o podía haber tenido nieve derretida.

8. Ha nevado durante la noche, pero se derritió antes de la hora de realizar las mediciones GLOBE de Atmósfera. ¿Cómo debemos enviar los datos?

Es posible que una nevada que haya caído durante la noche se derrita antes de realizar las mediciones diarias de precipitación. Si ha dejado el tubo de rebosamiento del pluviómetro fuera, puede aún así enviar el equivalente en agua líquida de la nevada. Anota en los comentarios que la muestra de equivalente líquido de la nueva nieve se recogió de esta manera. Introduce "M" en el dato de la profundidad diaria de la nueva nieve y explica esta circunstancia en los comentarios.

9. Ha nevado el día anterior, pero una gran cantidad de nieve ha sido dispersada por el viento antes de que pudiéramos medirla. ¿Cómo debemos enviar los datos?

Envía "M" como profundidad diaria de la nueva nieve y explica esta circunstancia en los comentarios. Debes enviar la profundidad total, el equivalente en lluvia y el pH del bloque de nieve si aún hay algo de nieve sobre el suelo.

9. ¿Cuál es la mejor manera de marcar la ubicación de nuestra tabla medidora de nieve de manera que la podamos encontrar después de una nueva nevada?

Hay muchas maneras de hacerlo. Por ejemplo, puede colocar una bandera en el suelo junto a la tabla medidora de nieve para ayudarse a localizar la tabla. O también se puede poner una bandera en la misma tabla (aunque lo tengas que hacer de esta manera, no será inestable ni la inclinará hacia su lado). En algunas estaciones de esquí ponen un tubo sobre la tabla medidora. En el tubo se pueden marcar con un rotulador permanente milímetros y centímetros, de manera que no solo te ayude a encontrar la tabla, sino que también sirva como metro para determinar la profundidad de la nueva nieve.

10. Si sabemos que una nueva nevada se derretirá antes de la hora de toma de mediciones GLOBE, ¿deberíamos intentar realizar la medición antes (por ejemplo, cuando lleguemos al centro escolar)?

Si tiene la posibilidad, estaría fenomenal realizar una medición de la nevada más pronto, particularmente si se prevén temperaturas más cálidas o vientos fuertes para más tarde durante el día y cree que la nieve se puede derretir antes del mediodía solar. Sin embargo, para consistencia de los archivos GLOBE, es necesario realizar las mediciones al mediodía solar. Anote como metadatos la hora a la que realizó la medición de la nevada, y la profundidad de la nieve a esa hora. Si realiza mediciones de nieve por la mañana, asegúrese de no limpiar la tabla medidora de nieve, de manera que pueda volver más tarde durante el día y realizar las mediciones al mediodía solar.

Protocolos de Precipitación – Interpretando los Datos

¿Son los datos razonables?

La precipitación puede variar ampliamente, incluso en pequeñas distancias. Así, al juzgar si los datos de precipitación son razonables, el sentido común puede servirle como guía. Por ejemplo, si vivió en el estado de Hawai, será útil saber que la cantidad de precipitación récord que cayó en ese estado en un período de tiempo de 24 horas fue de unos 965 mm. La Figura AT-PP-4 del Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC) en Asheville, Carolina del Norte en los EE.UU., muestra la cantidad máxima de precipitación recibida en cada estado de los EEUU en un período de 24 horas. En muchos lugares, la cantidad máxima de precipitación es el resultado de una tormenta tropical o huracán que afectó a esa región.

También podemos encontrar la precipitación anual total de los lugares más húmedos del mundo del Centro Nacional de Datos Climáticos de EEUU se muestra en la Tabla AT-PP-4.

Figura AT-PP-4: Record de Precipitación Máxima 24-

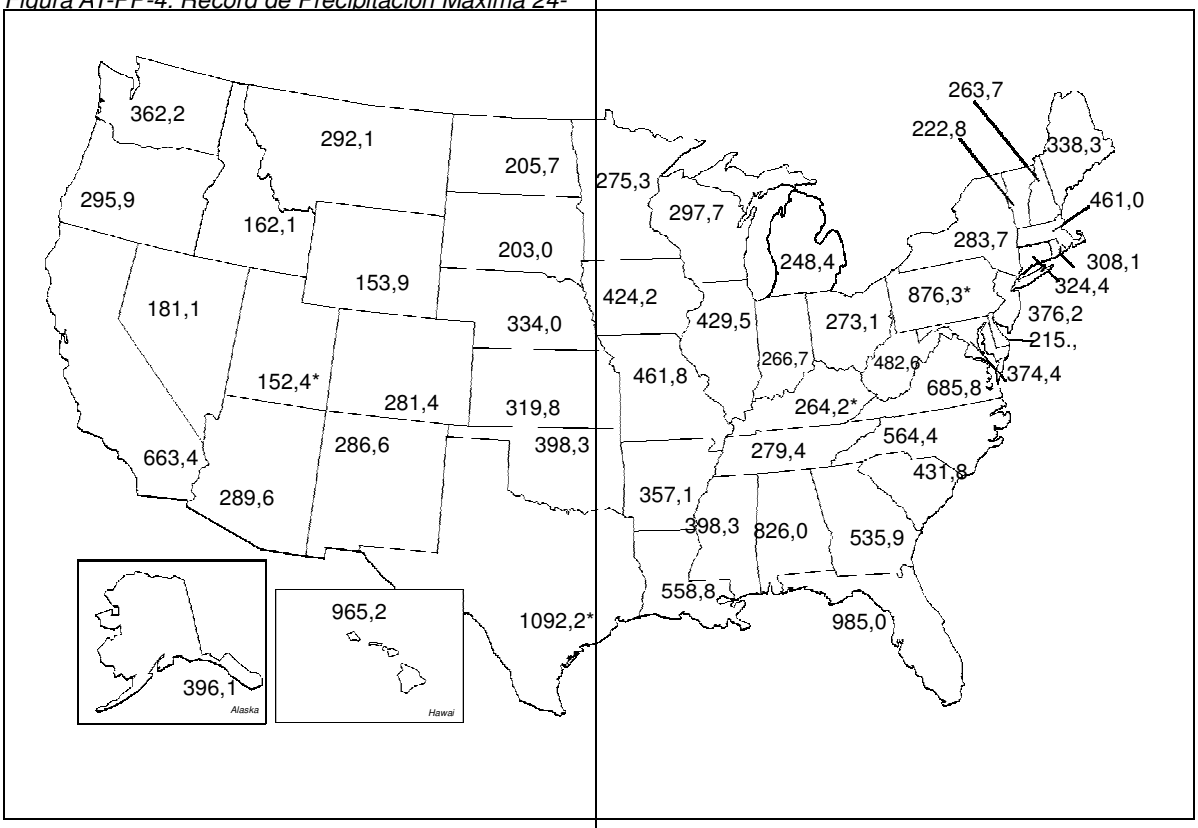


Tabla AT-PP-2

Continente	Media más alta(mm)	Lugar	Altitud(m)	Años de récord
Sudamérica	13299 *+	Lloro, Colombia	158,5#	29
Asia	11872 *	Mawsynram, India	1401,2	38
Oceania	11684 *	Mt. Waialeale, Kauai, Hawaii, EEUU	1569,1	30
África	10287	Debundscha, Camerún	9,1	32
Sudamérica	8992 +	Quibdo, Colombia	36,6	16
Australia	8636	Bellenden Ker, Queensland	1555,1	9
América del Norte	6502	Lago Henderson, Colombia Británica, Canadá	3,7	14
Europa	4648	Crkvica, Bosnia-Herzegovina	1017,1	22

**El valor que se da es el mayor del continente y posiblemente el mayor del mundo, dependiendo de las prácticas de medición, los procedimientos y el periodo de registro de las variaciones .*

+ La mayor media oficial de precipitación anual para Sudamérica es 899,2 cm en Quibdo, Colombia. La media de 1329.9 cm en Lloro, Colombia es una cantidad estimada.

 # Altitud aproximada.

Una posible comprobación de lo razonables que son los datos de un área es compararlos con los datos de otros centros GLOBE cercanos u otras fuentes de datos de precipitación. La Figura AT-PP-5 muestra los datos de 18 meses de dos centros en Croacia que están razonablemente cercanos. Aunque haya algunas variaciones en las precipitaciones diarias, los patrones globales y la cantidad de precipitación en un período de tiempo son similares.

Para determinar si los datos de pH de la precipitación son razonables, le ayudará saber algo sobre la variabilidad natural del pH de la precipitación normal. Dada la existencia natural de dióxido de carbono, dióxido de sulfuro y óxidos de nitrógeno en la atmósfera, la precipitación normal es algo ácida. Incluso en regiones en las que hay poca actividad humana, la precipitación normal tiene un pH alrededor de 5,6. Si embargo, algunas actividades humanas pueden liberar grandes cantidades de estos y otros gases a la atmósfera. Una vez en la atmósfera, estos gases pueden reaccionar con otros constituyentes del aire para formar compuestos químicos tales como ácido nítrico y ácido sulfúrico que se disuelven fácilmente en el agua. Las gotitas de agua resultantes tendrán valores de pH inferiores a 5,6. Estas gotas pueden ser transportadas largas distancias por los vientos dominantes, volver a la superficie de la Tierra como lluvia ácida, nieve o niebla. La bruma marina, las partículas del suelo y otras sustancias pueden ser transportadas por el aire e incorporarse a las gotas de agua. Muchas de estas sustancias también cambian el pH de la precipitación.

La Figura AT-PP-6 muestra la variación en el pH medio de la precipitación en EEUU durante 1999. Este mapa nos muestra que el pH medio de la precipitación en EEUU varía entre 4,2 y 5,6. El pH de los episodios individuales de precipitación puede quedar fuera de este rango, pero da una indicación del rango aproximado del pH medio de la precipitación en esta parte del mundo.

La Figura AT-PP-7 es un gráfico de mediciones de pH de un centro GLOBE de California, EEUU., durante un período de 5 meses, y muestra que la mayoría de las mediciones está entre un pH 6 y 7, pero hay un punto con pH 9. Si el pH se midió usando tiras de pH, la variación de 1 unidad de pH es igual a la precisión del método de medición.

Al menos hay dos posibles explicaciones para una medición inusualmente alta o baja de pH de la precipitación. Una es que había algo diferente en el aire que provocó este pH inusual – por ejemplo, una tormenta de polvo, un incendio forestal u otro fenómeno. Una segunda explicación es que el pHmetro no estaba bien calibrado o las tiras de pH se habían estropeado

Figura AT-PP-5

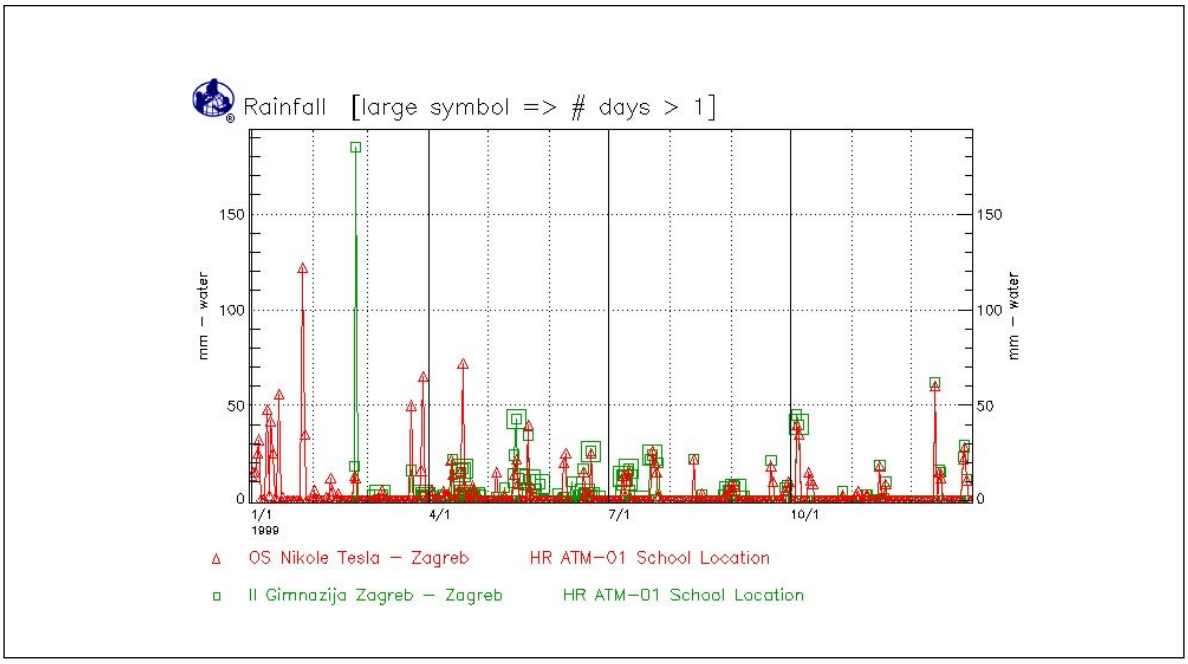


Figura AT-PP-6

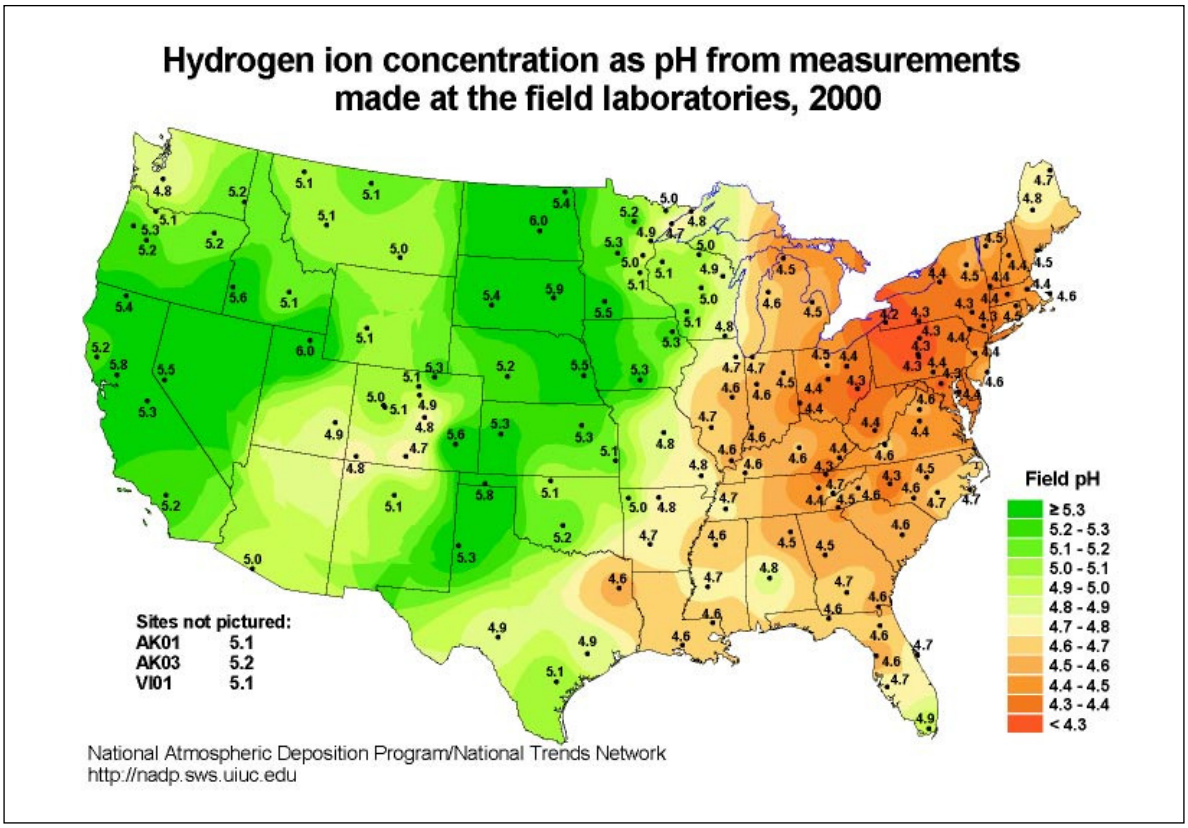


Figura AT-PP-7

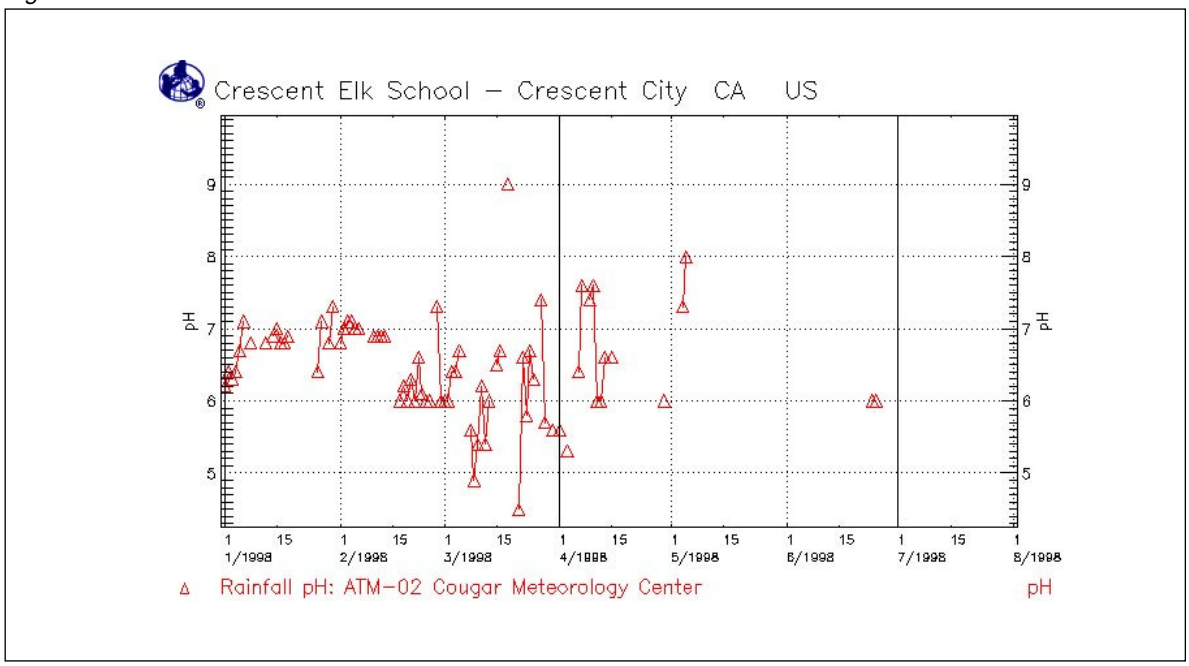
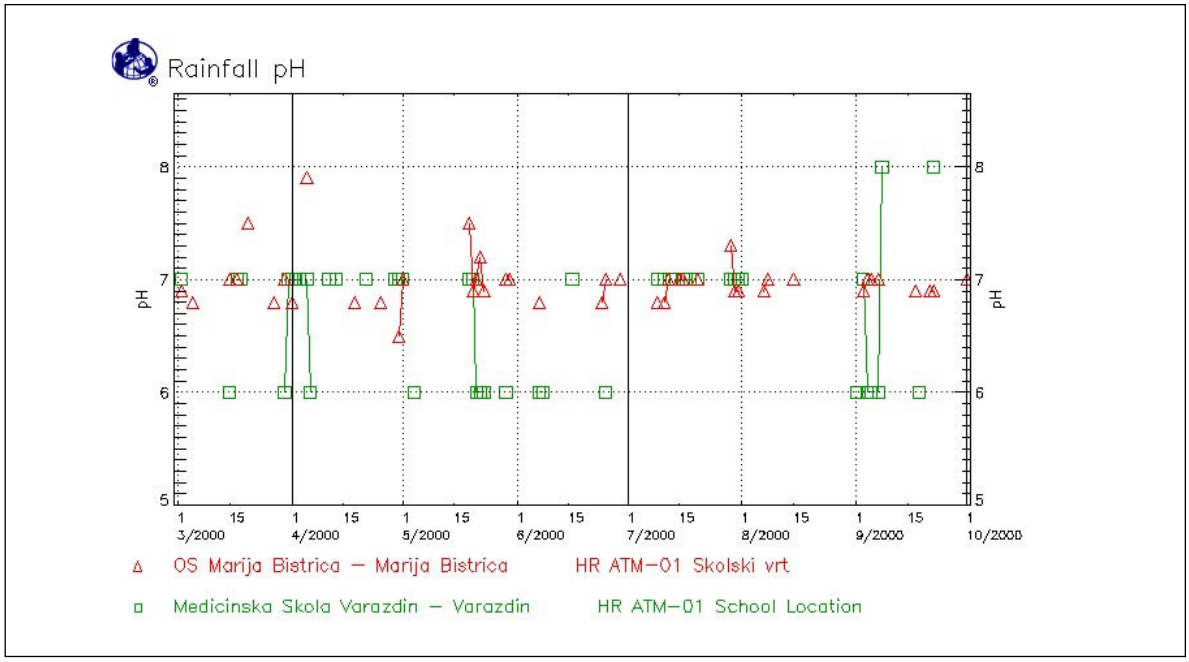


Figura AT-PP-8



y la medición es incorrecta. Un salto hasta más de 9 es inusual y se debe mirar en los comentarios enviados por el centro para asegurarse mejor de lo que está ocurriendo. La comparación de datos de centros que están razonablemente cerca, muestra variaciones de aproximadamente 1 unidad de pH. Ver Figura AT-PP-8. Dado que todos los datos de Madecinska Skola están entre 6, 7, u 8, fueron probablemente tomados usando tiras de pH, y esta diferencia es razonable. Ambos centros tienen ocasionalmente lecturas de pH más elevadas que pueden deberse a eventos localizados que influyen en su precipitación. Ver Figuras AT-PP-7 y AT-PP-8.

¿Qué buscan los científicos en estos datos?

Los científicos usan los datos de precipitación en sus investigaciones de tiempo, clima y composición atmosférica. En el estudio del tiempo y del clima, los científicos se pueden centrar en episodios individuales de lluvia, patrones y medias totales de precipitación a lo largo del año. Aquellos a los que les interese la composición de la atmósfera buscarán con qué frecuencia hay suficiente lluvia o nieve para eliminar los gases traza y los aerosoles del aire. Los datos de precipitación son también útiles para aplicaciones prácticas que impliquen irrigación y gestión del agua.

En estudios del tiempo, los científicos pueden fijarse en cuánta lluvia cae como parte de una tormenta tropical o de un huracán. También pueden mirar cuánta lluvia estaba asociada a un nivel particular de inundación. Este estudio podría incluir datos de muchos centros GLOBE en una región en combinación con datos de precipitación de estaciones meteorológicas oficiales.

Los científicos que intentan mejorar las técnicas para la medición de precipitaciones medias en grandes áreas compararían los datos de días concretos con los valores que calculan a partir de datos de satélite o radares meteorológicos. Cada técnica – pluviómetro, sensor de satélite y radar – mide algo diferente de la lluvia y tiene diferentes limitaciones. Así, comparar los diferentes tipos de datos puede ayudar a mejorar las técnicas o proporcionar una determinación más precisa de cuánta precipitación realmente se ha producido en una zona.

Los científicos del clima buscan diferentes patrones en los datos. ¿Qué regiones son las más húmedas? ¿Cuánta cantidad de lluvia cae en los desiertos? ¿Cuáles son los patrones de precipitación durante un año? Los climatólogos están particularmente interesados en saber cómo cambian las cantidades totales y los patrones de precipitación a lo largo de los años. ¿Están siendo los episodios de precipitación más numerosos? ¿Producen las tormentas grandes cantidades de precipitación como media? ¿Está cambiando la distribución de la lluvia a lo largo del año?

Como estudiantes, también pueden aprender sobre su clima examinando los datos de precipitación GLOBE. Por ejemplo, un estudiante en el instituto de Kingsburg en California, EEUU, puede formular la hipótesis de que la estación lluviosa en California del Norte tiene lugar en una época diferente que en Benin, en el oeste de África. Para comprobar esta hipótesis, el alumnado podría buscar en la base de datos centros GLOBE de Benin, y después comparar los patrones de precipitación de las mediciones hechas en su centro escolar en California con las mediciones hechas en uno o más centros de Benin. La Figura AT-PP-9 es un ejemplo de una comparación de los registros de precipitación de dos centros.

En este gráfico se observa que las estaciones lluviosas en California y en Benin tienen lugar en diferentes momentos del año. En Benin se recibió la mayor cantidad de lluvia entre abril y noviembre, mientras que en Kingsburg, California fue entre enero y abril. Para estar más seguro de esta conclusión, se necesitarían más años con datos.

Como otro ejemplo, estudiantes de Juuan Lukio/ Poikolan Koulu en Finlandia, al observar el gráfico de precipitación y equivalente líquido de la nieve podrían determinar que su centro recibe la mayoría de su precipitación en forma de nieve. Ver Figura AT-PP-10.

Se pueden realizar algunos cálculos simples a partir de los datos de precipitación. Uno de los datos más útiles que los científicos utilizan al observar los patrones de precipitación es la cantidad total de precipitación que una determinada zona recibe en un período de tiempo concreto (por ejemplo, una semana, un mes, una estación). Para calcular estos totales, los estudiantes simplemente suman los datos de precipitación de un lugar correspondientes al período de tiempo deseado.

La Figura AT-PP-11 es una comparación de la precipitación durante 11 días en marzo de 1999 entre Ecopolis Center Junior Eco Club en Tokio, Japón y Konigliches Athenaum Eupen en Eupen, Bélgica.

Se pueden obtener los datos numéricos reales correspondientes a este período de tiempo, para estos dos lugares, del archivo GLOBE:

Datos GLOBE de Ecopolis Center Junior Eco Club, Tokio, Japón de 03/05/1999 - 03/15/1999

Precipitación en forma de lluvia

AAAAMMDD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	CENTRO	ID_SITIO	CANT.LLUV	PH_LL	M
19990315	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990314	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990313	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990312	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	3,0		4,7
3								
19990311	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990310	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	7,7		4,1
3								
19990309	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	0,2	-99,0	0
19990308	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	12,0		5,1
3								
19990307	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990306	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990305	35,4100	139,4000	10,0	RHG2H7U	ATM-01	0,8		6,1
3								

Data GLOBE de Konigliches Athenaum Eupen, Eupen, Bélgica de 03/05/1999 - 03/15/1999

Precipitación en forma de lluvia

AAAAMMDD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	CENTRO	ID_SITIO	CANT.LLUV	PH_LL	M
19990315	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990314	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990313	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990312	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990311	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	0,2	-99,0	0
19990310	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	0,0	-99,0	0
19990309	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	1,2	-99,0	0
19990308	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	1,6	-99,0	0
19990307	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	0,4	-99,0	0
19990306	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	4,2	-99,0	0
19990305	50,6292	6,0262	290,0	Tec1tGH	ATM-01	0,4	-99,0	0

Se puede calcular la cantidad total de precipitación recibida en cada lugar entre el 5 de marzo y el 15 de marzo sumando la precipitación de cada día (incluyendo los días en los que se recibió cero como precipitación) Para Ecopolis Center Junior Eco Club, Tokio, Japón
0 + 0 + 0 + 3,0 + 0 + 7,7 + 0,2 + 12,0 + 0 + 0 + 0,8 = 23,7 mm

Para Konigliches Athenaum Eupen, Eupen, Bélgica

0 + 0 + 0 + 0 + 0,2 + 0 + 1,2 + 1,6 + 0,4 = 3,4 mm

Se confirma mediante cálculos lo que se sospechaba mirando el gráfico: el centro de Japón recibió mucha más precipitación durante este período de tiempo que el centro de Bélgica. Esta gran diferencia en la cantidad de lluvia entre el centro de Japón y el de Bélgica lleva a muchas preguntas, por ejemplo: ¿Cuál es la precipitación total anual de estos dos lugares? ¿Qué tipo de vegetación hay en estos lugares? ¿Qué tipo de tiempo primaveral experimentan estos lugares?

Los estudiantes investigadores deberían considerar la comparación entre totales de precipitación, medias y extremos entre diferentes centros o lugares. También se puede comparar el total de precipitación mensual de un año a otro y observar el patrón en estos totales a lo largo del año.

Los datos de precipitación son importantes para comprender los patrones de crecimiento de las plantas y el ciclo del agua en el medio ambiente. Mira el *Protocolo de Foliación . Mirando los Datos*

En algunos lugares, saber la cantidad de precipitación es importante para gestionar las escasas reservas de agua. Por ejemplo, los operarios de embalses deberán liberar más o menos agua de los embalses dependiendo de la lluvia y de la nieve derretida.

El input de agua real al suelo y a los cuerpos de agua (ríos, arroyos, lagos, etc.) es importante para su uso en estudios de crecimiento de plantas y recursos de agua. Con la lluvia este input es inmediato, pero con la nieve es más crucial saber la cantidad de agua procedente de la nieve derretida que la cantidad de nieve caída. Si un lugar recibe suficiente nieve como para que permanezca en forma de bloque de nieve, se pueden realizar un conjunto de mediciones GLOBE del equivalente en lluvia de la nueva nieve y del bloque de nieve para estos estudios.
Por ejemplo, un centro recoge los datos que se muestran en la Tabla AT-PP-3.

Tabla AT-PP-3

Fecha	Días de acumulación	Nueva nieve (mm)	Equivalente en lluvia R_{Nueva}	Bloque de nieve (mm)	Equivalente en lluvia R_{Bloque}
12/12/99	1	0	0,0	0	0,0
12/13/99	1	0	0,0	0	0,0
12/14/99	1	10	1,5	10	1,5
12/15/99	1	110	5,5	120	7,0
12/16/99	1	5	1,0	110	7,5
12/17/99	1	0	0,0	110	7,5
12/18/99	1	75	8,7	180	160
12/19/99	1	30	M	200	M
12/20/99	1	30	3,0	200	18,0
12/21/99	1	0	M	185	M
12/22/99	1	0	M	185	M
12/23/99	1	0	0,0	180	17,0
12/24/99	1	—	M	180	M
12/25/99	1	—	M	190	M
12/26/99	1	—	M	200	M
12/27/99	1	178	22,4	335	39,5
12/28/99	1	—	M	320	39,0
12/29/99	1	8	0,5	320	39,0
12/30/99	1	33	M	350	M
12/31/99	1	28	5,5	360	48,0

A partir estos datos, los alumnos pueden calcular la cantidad de agua liberada al ambiente. Este cálculo es:

Cantidad liberada (mm) = R_{Nueva}(hoy) + R_{Bloque} (ayer) – R_{Bloque} (hoy)

Así, para el 18 de diciembre, la cantidad liberada indicada como el equivalente a la profundidad la lluvia, fue:

$$8{,}7 + 7{,}5 - 16{,}0 = 0{,}2 \text{ mm}$$

Si no hay nieve nueva entre estas dos fechas, la cantidad liberada es simplemente la diferencia entre el equivalente en lluvia del bloque de nieve de los dos días.

Algunos científicos que estudian el clima investigan la interacción de la luz solar con la superficie de la Tierra. Para estas investigaciones la presencia o ausencia de nieve en el suelo es importante. En sus análisis, estos científicos examinan dónde y cuándo hay nieve en la superficie de la Tierra y a menudo contrastan esta información con los datos de satélite. Los estudiantes se pueden preguntar ¿Cuántos días al año hay nieve sobre el suelo? ¿Cuáles son los primeros y los últimos días del año en los que hay nieve sobre el suelo?

La precipitación es uno de los principales modos de eliminación de gases traza y aerosoles del aire. La mayor parte de esta eliminación se produce al comienzo de una tormenta; los primeros milímetros de lluvia o centímetros de nieve limpian el aire. Los científicos que investigan sobre la composición de la atmósfera están interesados en la frecuencia con que se producen episodios de precipitación suficientemente grandes como para eliminar gases traza y aerosoles. Los científicos también están interesados en el área en que se ha producido la lluvia o nieve, ya que una tormenta localizada sólo afecta a un área pequeña, dejando la composición del aire de alrededor prácticamente sin cambio. Para esto, deben observar los datos de nubes (nubes de precipitación nimboestratos versus cumulonimbos) o datos de los centros GLOBE cercanos.

Al observar los datos de pH de la precipitación, lo más interesante es la media del pH de la precipitación a corto plazo y la tendencia del pH de la precipitación a lo largo del tiempo. Una simple lectura de un pH de la precipitación muy alto o muy bajo puede no ser significativo; sin embargo, si durante un período de tiempo este pH sigue siendo muy alto o muy bajo, los científicos se empiezan a preocupar por los efectos sobre los ecosistemas locales. Los efectos de un pH de precipitación muy alto en los ecosistemas no han sido tan estudiados como los efectos del bajo pH de la precipitación ("lluvia ácida"). Algunas plantas y animales pueden tolerar niveles relativamente altos de acidez, mientras otros pueden ser muy sensibles incluso a pequeñas disminuciones de pH. Los efectos de la lluvia ácida se ven generalmente en la mayoría de los cuerpos de agua tales como ríos y lagos, o en humedales como marismas. La cobertura terrestre y los suelos que los rodean también influyen en el pH de agua que corre por estos hábitats. Al fluir el agua con bajo pH a través de los suelos, el aluminio se libera de los suelos, y esto puede provocar un estrés adicional al ambiente. Así, cuando los científicos examinan los datos de pH de la precipitación, buscan particularmente valores que sean bajos a lo largo de un amplio período de tiempo. Los científicos que estudian cuencas de agua se fijarán en el pH de la precipitación junto con el pH del suelo, el tipo de vegetación y la cobertura terrestre; en sus esfuerzos para comprender qué está controlando o influyendo en el pH de los cuerpos de agua.

La Figura AT-PP-12 muestra el pH de la precipitación de dos centros de la República Checa desde enero de 1998 hasta julio de 2001. Lo primero que se aprecia en este gráfico es que ningún centro recibió precipitación muy ácida. El menor pH de la precipitación que los centros envían es de 4, y este valor no es común. Lo segundo que se observa es que no parece haber una tendencia global en el pH de la precipitación a lo largo del tiempo en ninguno de los centros. Es decir, no parece que desde principios de 1998 hasta la mitad de 2001 haya habido un incremento continuo en el pH de la precipitación en estos dos lugares. Lo siguiente que los científicos querrían investigar después de observar los datos de estos dos centros es tratar de comprender las diferencias en el pH de la precipitación de estos lugares. ¿Por qué es el pH de la precipitación en Gymnazium Dr. A. Hrdlicky sistemáticamente superior al de Zalkadni?, y ¿Qué supone en los ecosistemas de estas áreas?

Dos Ejemplos de Investigaciones del Alumnado – Ejemplo 1: Cantidad de Lluvia

Formulación de una Hipótesis

Un alumno del colegio CEG Adjohoun en

Adjohoun, Benin ha estado comparandomediciones GLOBE de temperatura realizadas en su centro escolar con las de otros centros de los alrededores de Benin. Se da cuenta de que durante el período de tiempo desde mayo a junio de 2001 la temperatura media medida en su colegio es generalmente algo superior a la de otro centro GLOBE en Avrankou, Benin. Ver Figura AT-PP-13.

La observación de este gráfico hace que el alumno se pregunte si este tipo de patrón es válido para otras mediciones GLOBE. Para comenzar su investigación, el alumno formula la hipótesis: la precipitación media en Adjohoun es superior que la de Avrankou durante el período de mayo a junio de 2001.

Toma y Análisis de los Datos

Se han recogido datos de ambos centros, por lo que lo primero que hace el alumno es un gráfico de los datos. Ver Figura AT-PP-14.

Después de mirar el gráfico, el alumno decide que realmente no necesita crear una tabla de datos con los valores de este gráfico para determinar si la cantidad media de precipitación recibida en Adjohoun realmente es superior que la de Avrankou. Puede fácilmente recuperar los datos de los archivos GLOBE de cada centro, y después guardar la información de alguna de las siguientes maneras: imprimiendo la tabla desde su computadora ; copiando y pegando los datos en una hoja de cálculo; o copiando los datos en una hoja de papel a mano.

A continuación, el alumno necesita decidir una escala de tiempo para observar los datos de precipitación. Sabe que la precipitación diaria varía mucho en los casos en los que no tiene valores diarios de precipitación, pero tiene precipitación acumulada. Inicialmente decide calcular la precipitación total para estos dos meses en ambos lugares. Para hacer esto suma todas las cantidades de precipitación para un sitio dado.

Crea una tabla con los datos:

Mes	Precipitación en Adjohoun (mm)	Precipitación en Avrankou (mm)
Abril	124,4	162,0
Mayo	118,2	282,7
Junio	161,3	193,8

El alumno encuentra que para Adjohoun, la precipitación para mayo y junio de 2001 es 279,5 mm. Sus cálculos muestran que durante este mismo período Avrankou recibió 476,5 mm de lluvia. Basándose en estas sumas, el alumno concluye que, al menos para estos dos meses, Adjohoun recibió menos lluvia que Avrankou, y su hipótesis original no se ve confirmada por estos datos.

Compartir los Resultados

El alumno entonces presenta un informe oral a su profesor y a la clase sobre su investigación. Les explica su hipótesis y cómo ha llevado a cabo su investigación. Les muestra los datos que ha usado y los cálculos que ha hecho. Además, discute con la clase acerca de qué investigación posterior se podría llevar a cabo, como observar un registro de datos mayor (quizá de varios años).

Ejemplo 2: pH de la Precipitación

Formulación de una Hipótesis

Alumnos de Zakladni Skola – Ekolog, Praktikum en Jicin, República Checa, han estado realizando mediciones de la precipitación y del pH de la precipitación durante unos años. Varios de ellos decidieron analizar estos dos conjuntos de datos par ver si había relación entre la cantidad de lluvia caída y el pH de la lluvia.

La primera tarea de los alumnos es elegir un período de tiempo para su estudio, y después hacer un gráfico con los datos. El gráfico de la cantidad de lluvia y pH de la lluvia para dos años y medio se muestra en la Figura AT-PP-15. Basándose en la observación de este gráfico, el alumnado formula la hipótesis: al aumentar la cantidad de precipitación, el pH de la precipitación disminuye.

Recogida y Análisis de los Datos

El primer paso para comprobar esta hipótesis es reunir los datos de los archivos GLOBE. Los datos se pueden guardar imprimiéndolos, copiándolos y pegándolos en una hoja de datos, o copiándolos a mano. Los estudiantes sólo necesitan los datos de los días en los que se enviaron tanto precipitación como pH de la precipitación.

Los estudiantes deben decidir cómo analizar los datos. En este caso, deciden agrupar las cantidades de precipitación y calcular el pH medio para cada

grupo. Ponen los datos de precipitación en grupos de 0,1 - 4,9mm de lluvia, 5 – 9,9 mm, 10 – 14,9 mm, y así en adelante. Después calculan el pH medio de cada uno de estos grupos y buscan alguna tendencia en los valores de pH según aumentan las cantidades de precipitación. La siguiente tabla recoge sus resultados:

Cantidad de lluvia (mm)	Número de datos	pH medio
0,1 – 4,9	202	4,59
5,0 – 9,9	56	4,53
10,0 – 14,9	29	4,44
15,0 – 19,9	3	4,50
20,0 – 24,5	6	4,55
25,0 – 29,9	4	4,40
30,0 – 34,9	1	4,00
40,0 – 44,9	2	4,65
95,0 – 99,9	1	4,30

Observe que los alumnos han comenzado las cantidades de precipitación con 0,1mm, en lugar de 0. Esto es porque si la cantidad de precipitación es cero, no puede haber valor de pH de la precipitación. También observe que la tabla de cantidades de precipitación no es continua (es decir, algunas categorías faltan) porque no había cantidades de precipitación entre esos valores en los datos de archivo.

El alumnado decide, a partir de sus cálculos, que hay muy pocos datos en los que las categorías de lluvia superan los 14,9mm para que los cálculos resulten fiables. Se centran sólo en las 3 primeras categorías de la tabla.

Cantidad de lluvia (mm)	Número de datos	pH medio
0,1 – 4,9	202	4,59
5,0 – 9,9	56	4,53
10,0 – 14,9	29	4,44

A partir de estos tres puntos parece haber una tendencia – hay una indicación de que el pH de la lluvia es ligeramente más ácido cuanto más lluvia cae. Este resultado es interesante, y parece apoyar la hipótesis del alumnado.

Compartir los Resultados

El alumnado decide enviar su investigación a alguien imparcial. Crean un póster que contiene información sobre su hipótesis, los pasos que han seguido en su investigación, los datos, cálculos y los resultados. En el póster los alumnos / as observan que antes de que pudieran concluir de manera definitiva que el pH de la lluvia disminuye cuando aumenta la cantidad de lluvia, tendrían que hacer algunos cálculos más.

Investigación Posterior

A los alumnos les gustaría tener un registro de datos mayor, de manera que quizá pudieran tener más datos en mayores valores de lluvia. También unirían los datos en grupos menores, quizá de 0,1-1,0 mm, 1,1-2,0 mm, y demás. Si su hipótesis se viera confirmada, los estudiantes podrían investigar otras variables, como la dirección del viento, la duración de un episodio de lluvia u otros parámetros que consideraran importantes, para determinar porqué el pH disminuye cuando aumenta de la cantidad de lluvia.

El alumnado también se pregunta si el valor de pH de la lluvia varía durante el mismo episodio de lluvia. Proponen que se podría hacer un estudio posterior mediante un experimento en el que se utilizaran las técnicas aprendidas en los protocolos GLOBE. En este caso, sin embargo, los alumnos / as proponen que mejor que recoger lluvia durante 24 horas y después medir el pH, prepararían un experimento para un día de colegio lluvioso. Los alumnos / as recogerían muestras una vez cada hora a lo largo de todo el día de clase, y medirían el pH de la lluvia para cada hora del episodio de lluvia. Después trazarían los datos y verían si hay algún cambio en el pH de la lluvia según avanza la tormenta.

Figura AT-PP-9

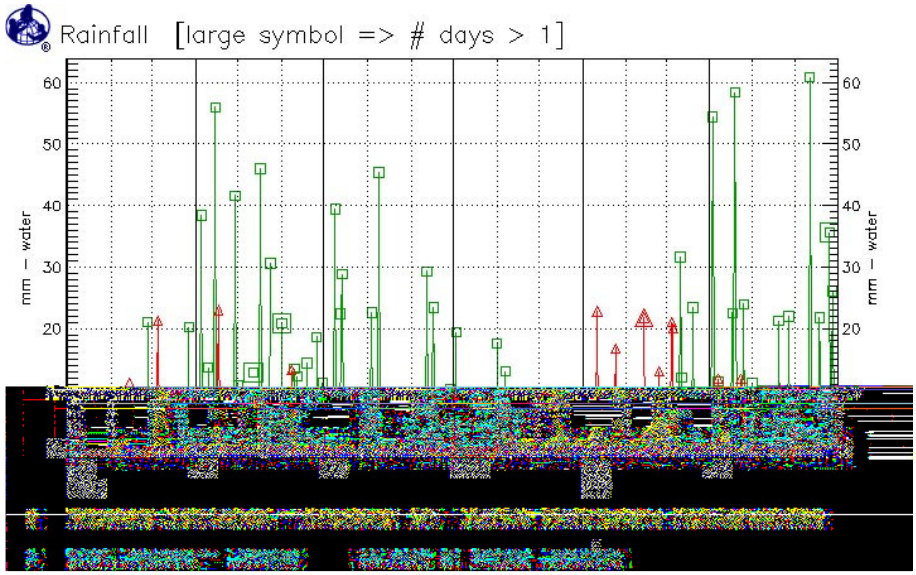


Figura AT-PP-10

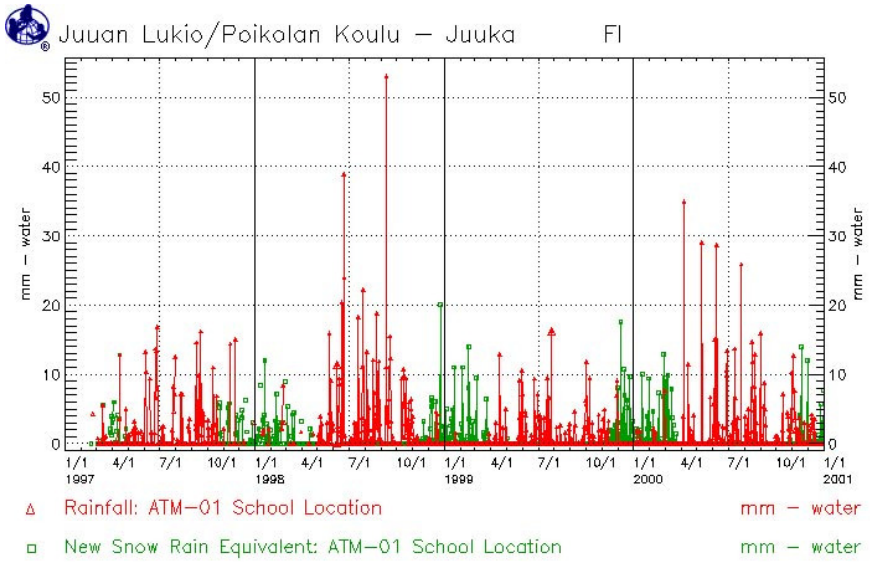


Figura AT-PP-11

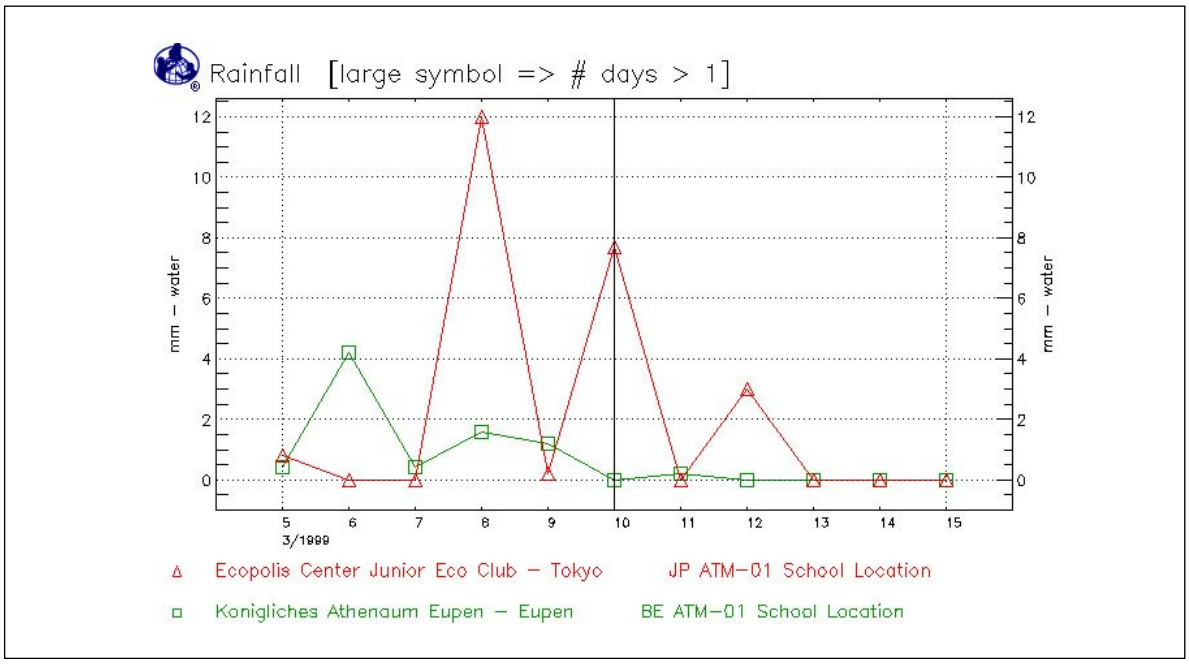


Figura AT-PP-12

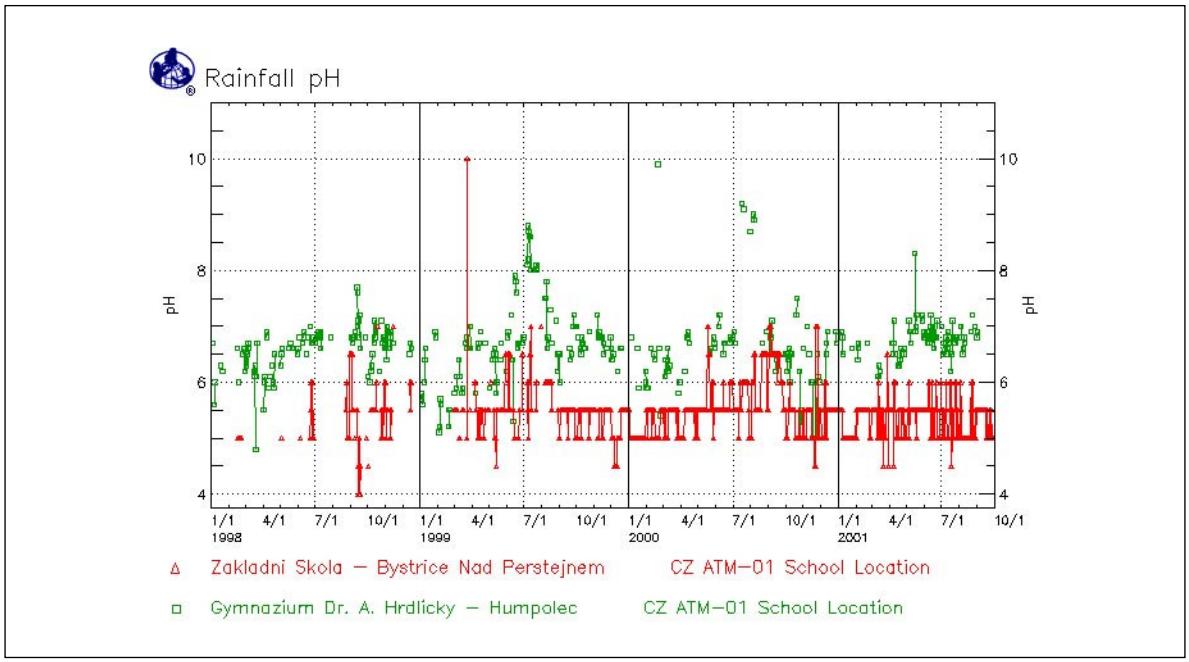


Figura AT-PP-13

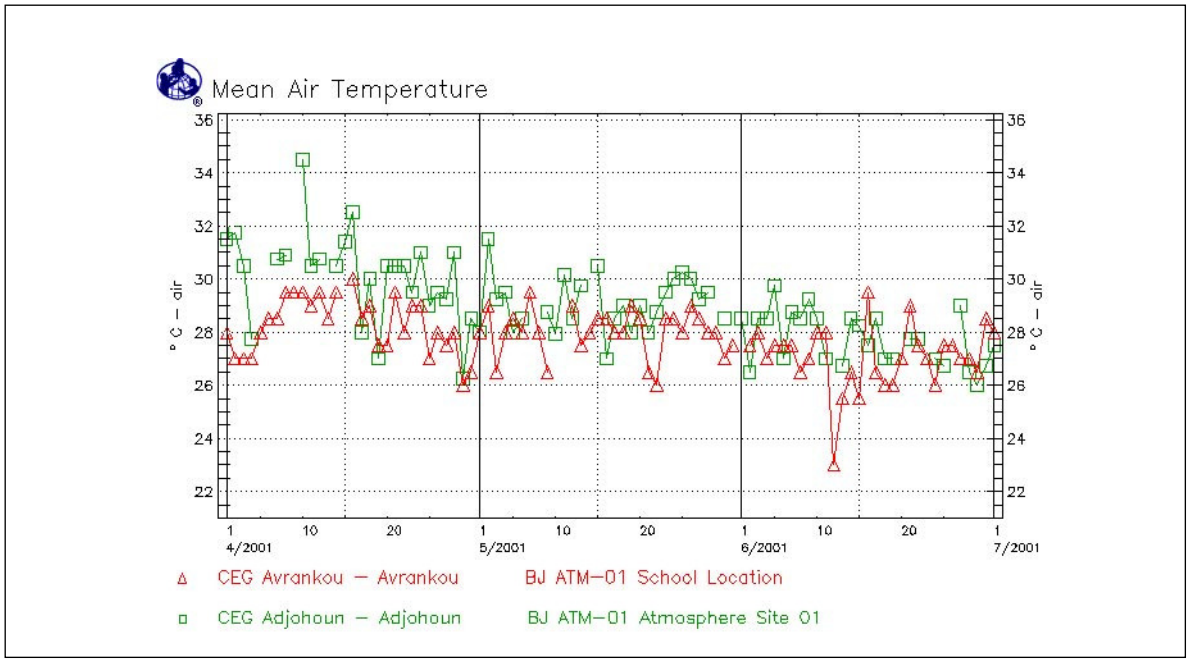


Figura AT-PP-14

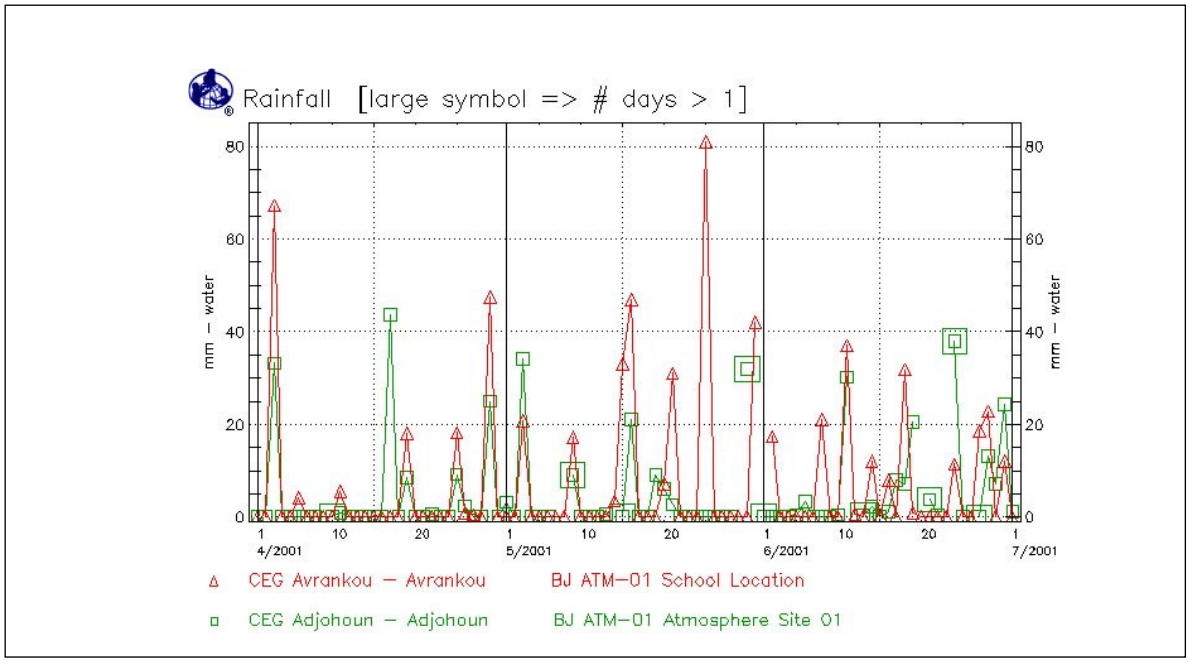
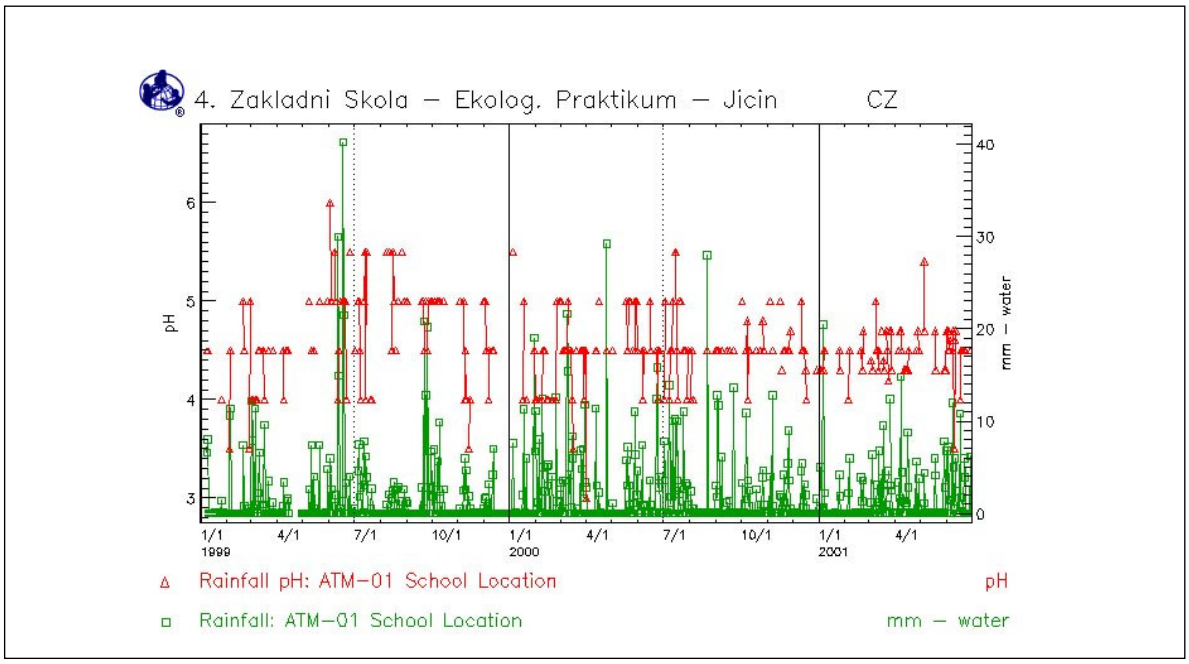



Figura AT-PP-15