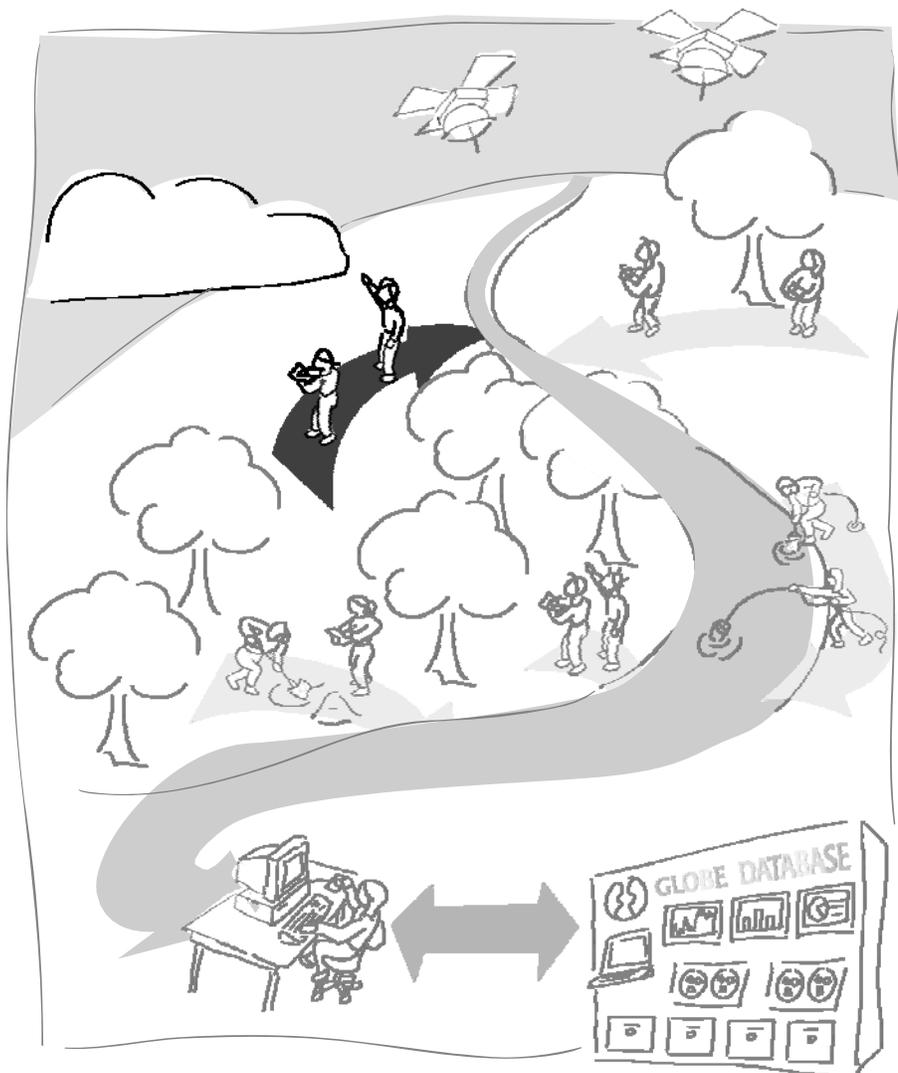


Investigación de la Atmósfera



Investigación de Aprendizaje GLOBE[®]



Un Vistazo a la Investigación de la Atmósfera



Protocolos

Mediciones diarias en el intervalo de una hora alrededor del mediodía solar, de:
Precipitación (lluvia o nieve) incluyendo el pH de la precipitación
Temperatura máxima y mínima de las últimas 24 horas
(si se usa un termómetro Digital Máx/Mín Multi-Día puede ser tomada a cualquier hora del día)

Al menos una medición al día de:

Cobertura y tipo de nubes, cobertura de estelas de condensación y tipo de aerosoles
Vapor de agua
Humedad relativa
Columna de nieve
Temperatura actual
Temperatura superficial
Ozono

Secuencia de Actividades Propuestas

- Leer la *Introducción*, especialmente las secciones *¿Qué mediciones realizar?* y *Comenzando*.
- Leer la breve descripción de las actividades de aprendizaje que está al principio de la sección de Actividades de Aprendizaje.
- Examinar los protocolos y planificar qué mediciones realizarán los alumnos; pudiendo comenzar con un nivel moderado de esfuerzo y posteriormente incrementarlo.
- Solicitar cualquier instrumento nuevo o de repuesto que se necesite.
- Las mediciones sobre nubes son las más sencillas para comenzar y se necesitan para otros protocolos distintos. Se recomienda hacer estas actividades con los alumnos antes de comenzar las observaciones de las nubes: *Observando, Describiendo e Identificando Nubes*
Cálculo de la Cobertura de Nubes: una Simulación.
- Instalar la caseta meteorológica, que es necesaria para realizar las mediciones de temperatura del aire.
- Revisar la calibración de los instrumentos (termómetros y barómetro o altímetro).
- Que el alumnado defina el sitio de estudio de Atmósfera y que envíe los datos de definición del sitio de estudio a GLOBE.
- Instalar el pluviómetro y el barómetro o altímetro y planificar los problemas logísticos de la medición (tales como: Dónde ubicar los instrumentos y materiales necesarios, temporalización y tiempo necesario, etc.)
- Seleccionar qué hojas de datos de Atmósfera usarán los alumnos y hacer copias de las mismas.
- Hacer copias de las Guías de Campo de los Protocolos.
- Enseñar a los alumnos cómo realizar las mediciones siguiendo las Guías de Campo, cómo anotar sus resultados en las hojas de datos y cómo enviar los resultados a GLOBE.
- Transmitir al alumnado la responsabilidad de realizar mediciones y enviar datos.
- Mostrar al alumnado sus datos y datos de otros centros para que puedan hacer comparaciones.
- Implicar al alumnado en la investigación y ayudar a los estudiantes de primaria y secundaria a llevar a cabo proyectos de investigación utilizando las secciones *Observación de los Datos de los Protocolos*.

Tabla de Contenido

Introducción

¿Por Qué Investigar la Atmósfera?	Introducción 2
La Gran Imagen	Introducción 3
Mediciones GLOBE	Introducción 4
Comenzando	Introducción 10

Protocolos

Construcción de Instrumentos, Elección de Sitio y Organización
Protocolo de Nubes
Protocolo de Aerosoles
Protocolo de Vapor de Agua
Protocolo de Humedad Relativa
Protocolo de Precipitación
Protocolo de Temperatura del Aire y del Suelo Digital Multi-día de Máximas, Mínimas y Actuales.
Protocolo de Temperatura del Aire Máxima, Mínima y Actual.
Protocolo de Temperatura Superficial
Protocolo de Ozono
Protocolo Opcional de Estación Meteorológica Automatizada *
Protocolo Opcional de Presión Barométrica*
Protocolo Opcional de Mediciones Automatizadas de la Temperatura del Suelo y del Aire*
Protocolo Opcional de la Estación Meteorológica Automatizada WeatherNet*

Actividades de Aprendizaje

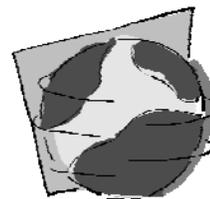
Observación, Descripción e Identificación de Nubes
Cálculo de la Cobertura de Nubes
Observación de Nubes
Observación de la Visibilidad y el Color del Cielo
Construcción de un Reloj Solar
Cálculo de la Masa Relativa del Aire
Estudio de la Caseta Meteorológica
Construcción de un Termómetro
Construcción de un Modelo para Representar el Ozono Superficial en el Aire en Partes por Billón (ppb)
Elaboración de un Mapa de Contornos
Creando Visualizaciones Personalizadas
Aprendiendo a Usar las Visualizaciones de Datos. Un Ejemplo con la Altitud y la Temperatura

* Ver la versión completa de la e-guía de la Guía del profesor disponible en el sitio web de GLOBE y en CD-ROM.

Apéndice

Hoja de Definición del Sitio.....	Apéndice 2
Hojas de datos.....	Apéndice 3
Nubes 1-Hoja de Mediciones	
Nubes 7-Hoja de Mediciones	
Hoja de Datos Integrada 1-día	
Hoja de Datos Integrada 7-días	
Hoja de Datos de Aerosoles	
Hoja de Datos de Vapor de Agua	
Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Max/Min	
Hoja de Datos del Termómetro Digital Multi-día Max/Min	
Hoja de Datos de Temperatura Superficial	
Hoja de Datos de Ozono	
Observación del Tipo de Nubes.....	Apéndice 27
Glosario	Apéndice 33

Introducción



Los científicos que investigan la atmósfera quieren entender y pronosticar:

El tiempo atmosférico (la temperatura del aire, la lluvia, la nieve, la humedad relativa, las condiciones de las nubes, la presión atmosférica y la llegada e ida de frentes);

El clima (las condiciones medias y extremas de la atmósfera); el balance energético (interacciones Tierra-Atmósfera); y la composición atmosférica (gases traza y partículas en el aire).

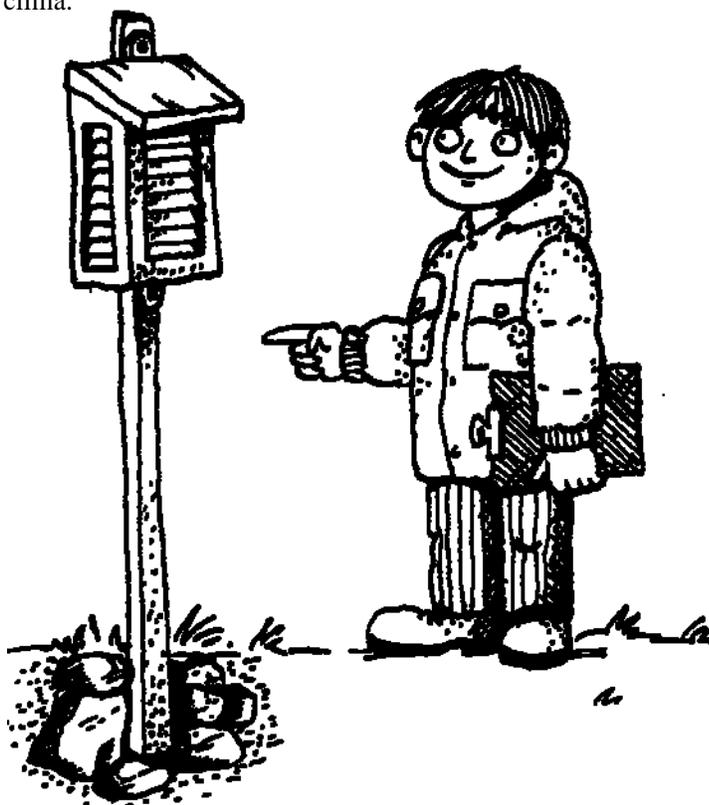
Todas estas características de la atmósfera nos afectan a nosotros y a nuestro ambiente. La ropa que podemos usar y lo que podemos hacer al aire libre hoy, depende del tiempo. ¿Está lloviendo? ¿Nevando? ¿Está soleado? ¿Hace frío?

La manera de construir nuestras casas y escuelas, lo que plantamos, los animales y plantas que viven de manera natural a nuestro alrededor, todo ello depende del clima.

¿Llueve principalmente en invierno, en verano o todos los días? ¿Hiela o nieva? ¿Cuánto duran los períodos de sequía?

La composición de la atmósfera influye sobre cómo vemos y sentimos el aire y hasta dónde podemos ver. En días en los que las nubes no cubren completamente el cielo, ¿el cielo es azul o blanquecino? ¿tiene alguna vez un tono marrón? ¿son los anocheceres de color rojo?. Todo esto depende de la composición del aire.

Los científicos GLOBE necesitan diferentes tipos de datos atmosféricos de los centros escolares como apoyo a sus investigaciones. Como estudiante GLOBE tú también puedes investigar la atmósfera. Por ejemplo, se puede investigar el tiempo atmosférico local, el clima, la composición de la atmósfera y cómo éstos varían de un lugar a otro, de estación en estación y de año en año. De este modo podrás aprender más sobre el aire que te rodea. .



¿Por Qué Investigar la Atmósfera?

Los humanos vivimos sobre tierra; pero vivimos, nos movemos y respiramos en la atmósfera. La atmósfera nos proporciona el oxígeno que respiramos y se lleva el dióxido de carbono que exhalamos. La atmósfera filtra la mayoría de las formas perjudiciales de luz solar y retiene el calor emitido desde la superficie de la Tierra. La atmósfera transporta energía desde el Ecuador a los polos, haciendo más habitable todo el planeta y lleva el vapor de agua evaporado de lagos y océanos hacia lugares donde la tierra es más seca, de manera que disponemos de agua para beber y mantener nuestra agricultura. Nosotros somos criaturas de la atmósfera y dependemos de su temperatura, estructura, composición y del vapor de agua que transporta para desarrollarnos plenamente.

Tiempo

Para nuestro día a día nos gustaría saber muchas cosas sobre el tiempo que tendremos. Por ejemplo, podría interesarnos saber cuál será la temperatura del aire y si lloverá, de manera que podamos decidir qué ropa ponernos, si necesitamos llevarnos un paraguas cuando salgamos, o si necesitamos llevar un sombrero o protector solar para cuidarnos de los rayos ultravioleta. Queremos asegurarnos de que el aire que respiramos es bueno para nosotros. Queremos advertencias para protegernos a nosotros mismos y a nuestras propiedades de fuertes tormentas.

Clima

También queremos información de la atmósfera a largo plazo. Los agricultores necesitan saber si sus cosechas tendrán suficiente agua. Las estaciones de esquí necesitan saber si habrá suficiente nieve. Las aseguradoras de áreas afectadas por huracanes querrían saber cuántos huracanes se esperan en un año determinado, su magnitud y cuándo llegarán a tierra. A casi todo el mundo le gustaría saber qué tiempo va a hacer no sólo al día siguiente, sino la próxima semana, y qué clima habrá dentro de seis meses, un año o incluso ¡dentro de diez años!

Siempre se ha dicho “Todo el mundo se queja del clima, pero nadie hace nada al respecto”. Actualmente, los científicos trabajan duro para interpretar y pronosticar el amplio rango de fenómenos atmosféricos desde tormentas hasta el ozono. Los científicos que estudian la atmósfera estudian no sólo lo que ocurre en la atmósfera hoy, sino por qué era de una determinada manera en el pasado y cómo se cree que será en el futuro.

Aunque el control del tiempo está generalmente más allá de la capacidad del hombre, los efectos globales de la actividad humana influyen en el tiempo, el clima y la composición de la atmósfera.

El conocimiento científico de la atmósfera y la capacidad para pronosticar su estado futuro aumenta mediante la aplicación de leyes básicas y observaciones exhaustivas. Dado que nos preocupa la atmósfera a escala espacial, desde granjas individuales al mundo entero, y a escala temporal, desde unos minutos en fuertes tormentas a décadas para el clima, se necesitan grandes cantidades de datos.

Los científicos necesitan los datos GLOBE

A menudo se piensa que los científicos saben qué ocurre en todas las partes del mundo, pero esto está lejos de la realidad. Hay muchas regiones de las cuales los científicos sólo tienen un conocimiento general sobre los factores ambientales, tales como temperatura del aire y precipitación. Incluso en las regiones en las que parece haber abundancia de datos, los científicos todavía no saben cómo varía la precipitación y la temperatura en distancias relativamente cortas. Las estaciones oficiales de observación del tiempo han aportado la mayoría de los datos durante un siglo o más, en algunos lugares, mientras que la tecnología de los satélites nos ha proporcionado imágenes de grandes áreas cada 30 minutos e imágenes globales al menos dos veces al día durante décadas. Algunas zonas tienen monitores especiales para los gases atmosféricos, y cada vez más, los aeropuertos controlan los vientos, no sólo en el suelo, sino a alturas de varios kilómetros. A pesar de todos estos esfuerzos, hay lagunas en la cobertura. La atmósfera cambia significativamente en estos espacios, y las mediciones que hacen los estudiantes GLOBE pueden mejorar la cobertura de muchos tipos de observaciones.

Las condiciones atmosféricas tienen un impacto importante en las especies de animales y plantas que habitan una determinada zona, e incluso en el tipo de suelo que se forma. Las mediciones que toman los estudiantes para la *Investigación de la Atmósfera* GLOBE son importantes para los científicos que estudian el tiempo, el clima, la cobertura terrestre, la fenología, la ecología, la biología, la hidrología y los suelos.

La Gran Imagen

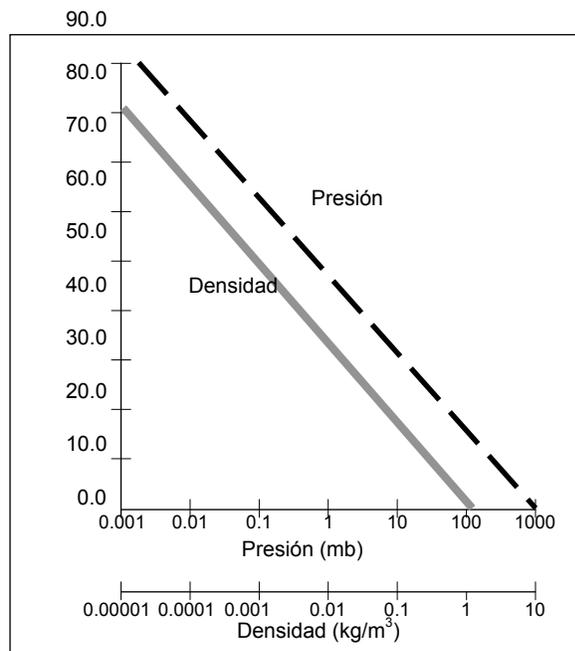
La naturaleza de la atmósfera

La atmósfera terrestre es una delgada capa de gases compuesta aproximadamente por un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno, y un 1% de otros gases (incluyendo argón, vapor de agua, dióxido de carbono y ozono). También hay otras partículas sólidas y líquidas llamadas aerosoles suspendidas en ella. La Tierra mantiene su atmósfera por acción de la gravedad, de manera que la presión atmosférica y la densidad disminuyen con la altura sobre la superficie de la Tierra. Ver figura AT-I-1.

La temperatura también varía con la altura en la atmósfera (Figura AT-I-2), pero de manera más compleja que la presión y la densidad. Aproximadamente la mitad de la radiación solar que llega a la Tierra atraviesa toda la atmósfera y calienta la superficie. El calor de la Tierra calienta entonces el aire en contacto con la superficie. La temperatura por lo general disminuye hasta altitudes de 8 a 15 km., dependiendo de la latitud. Esto caracteriza la capa inferior de la atmósfera o troposfera, donde tienen lugar la mayor parte de los fenómenos meteorológicos.

La luz ultravioleta es absorbida por la capa de ozono, lo que provoca el calentamiento de la atmósfera media, que se traduce en un aumento de la temperatura con la altura hasta los 50 km. (la estratosfera) y posteriormente desciende con la altura hasta aproximadamente 80 km. (la

Figura AT-I-1

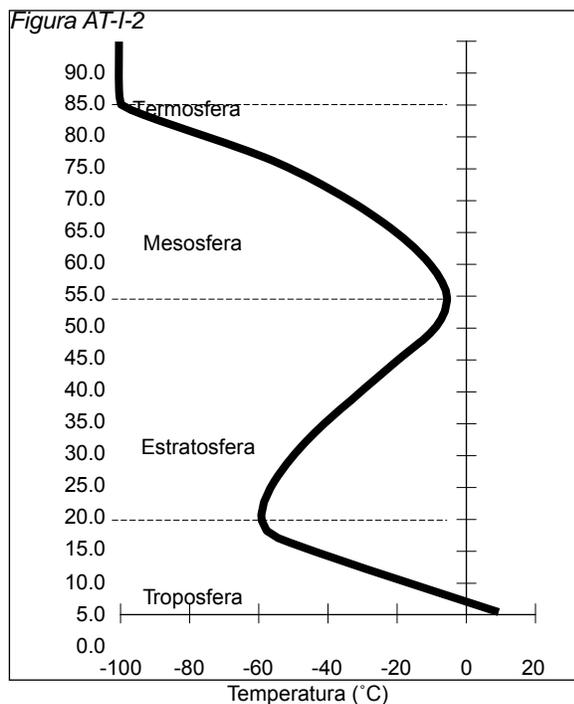


mesosfera). Por encima de esta altura, en la termosfera, la densidad del aire es tan baja que muchos fenómenos diferentes comienzan a tener importancia. A estas alturas, la absorción de los rayos X y de la luz ultravioleta extrema procedente del Sol, ioniza los gases de la atmósfera y calienta el aire. Los iones se ven afectados por el campo magnético de la Tierra y también por el viento solar. A grandes distancias de la superficie del planeta, la atmósfera se va igualando al medio interplanetario. La densidad de la atmósfera disminuye hasta ser igual a la del espacio interplanetario.

Existen diferencias en la atmósfera a diferentes latitudes, así como a diferentes altitudes. La intensidad de la luz solar en la superficie de la Tierra varía con la latitud. La luz solar es más intensa en los trópicos y menos intensa cerca de los polos. Los trópicos se calientan más que los polos, y la atmósfera junto con los océanos, transporta calor desde el ecuador a los polos. El resultado es una circulación atmosférica a gran escala, la cual se describe en el capítulo la Tierra como Sistema.

A través de la circulación atmosférica, todos los diferentes lugares de la Tierra se encuentran relacionados en una escala de tiempo de horas, días o meses. Los cambios en una parte del mundo ocasionan cambios en otras áreas.

Figura AT-I-2



Tiempo y clima, la atmósfera a lo largo del tiempo

Tiempo y clima no son lo mismo. El tiempo hace referencia a lo que está pasando en la atmósfera hoy, mañana o incluso la semana que viene. Por clima se entiende la media, variabilidad y extremos a lo largo del tiempo. Por ejemplo, en una determinada ciudad la temperatura actual puede ser de 25°C; esto es tiempo. Si se revisaran los registros del tiempo de los últimos 30 años, se podría comprobar que la temperatura media en esa ciudad ese día concreto es de 18°C (esto es clima). También se podría comprobar que en ese período de 30 años la temperatura en esta ciudad ha variado desde los 30°C de máxima hasta los 12°C de mínima en ese día concreto. Por ello, la temperatura actual de 25°C no es inusual.

Cuando se estudia la historia del clima de la Tierra nos damos cuenta de que la temperatura y la precipitación de una región cualquiera ha variado a lo largo del tiempo, y que la composición de la atmósfera ha cambiado. Por ejemplo, las imágenes de algunos satélites muestran que grandes ríos atravesaban el desierto egipcio. También sabemos que hace miles de años había glaciares en lugares como la ciudad de Nueva York, donde hoy el aire acondicionado es habitualmente utilizado para sobrellevar el calor del verano. Si la Tierra era tan diferente en el pasado, ¿se podría predecir qué puede ocurrir en el futuro? La predicción del clima es un objetivo importante de las Ciencias de la Tierra en nuestros días.

Mediciones GLOBE

¿Qué mediciones realizar?

En la investigación del tiempo, del clima y de la composición de la atmósfera son útiles diversas mediciones GLOBE.

Tiempo

- Cobertura y tipo de nubes
- Cobertura y tipo de estelas de condensación
- Presión barométrica
- Humedad relativa
- Vapor de agua
- Precipitación
- Temperatura máxima, mínima y actual
- Temperatura superficial
- Velocidad y dirección del viento (si se tiene estación automatizada)

Clima

- Cobertura y tipo de nubes
- Cobertura y tipo de estelas de condensación
- Espesor óptico de aerosoles
- Humedad relativa
- Precipitación
- Vapor de agua
- Temperatura máxima, mínima y actual
- Temperatura superficial
- Velocidad y dirección del viento (si se tiene estación automatizada)

Complementado con:

- Temperatura del suelo
- Humedad del suelo
- Crecimiento
- Marchitamiento

Composición de la Atmósfera

- Espesor óptico de aerosoles
- Vapor de agua
- Humedad relativa
- Precipitación (pH)
- Ozono superficial
- Completado con mediciones de: nubes, presión barométrica, dirección del viento y temperatura actual.

Mediciones individuales

Cobertura y tipo de nubes

Las nubes desempeñan un papel importante en el tiempo y el clima de la Tierra. Las nubes también ocultan el suelo al observar la Tierra desde el espacio. Por ello, los satélites no pueden observar el suelo cuando está nublado, lo que puede afectar a muchas investigaciones científicas, tales como la temperatura superficial.

Cobertura y tipo de estelas de condensación

Cuando un avión pasa por una porción de la atmósfera donde existe la combinación correcta de humedad y temperatura se formará una nube lineal. Estas nubes son llamadas estelas de condensación. En algunos lugares el tráfico aéreo está ocasionando un aumento notable de la nubosidad, lo que puede afectar tanto al tiempo como al clima. Como parte de los Protocolos de Nubes de GLOBE, el alumnado determina el porcentaje de cobertura de estelas de condensación en el cielo a partir de la observación. También pueden contar las estelas de condensación y clasificarlas en tres tipos, según el protocolo. Mediante la cuantificación de las estelas de condensación que hay en el cielo, el alumnado proporciona información crítica necesaria para estudiar cómo influyen las estelas de condensación en el tiempo que tenemos.

Espesor óptico de aerosoles

Las pequeñas partículas líquidas y sólidas transportadas por el aire, llamadas aerosoles, determinan si el cielo aparece azul, despejado o brumoso. También influyen en la cantidad de luz solar que llega a la superficie de la Tierra. Mediante un fotómetro solar y un voltímetro para medir la intensidad de la luz solar que llega a la superficie, el alumnado GLOBE y los científicos pueden determinar las cantidades de aerosoles (espesor óptico de aerosoles). Los satélites deducen esta propiedad de la atmósfera mediante la teledetección, mientras que las observaciones basadas en el terreno proporcionan mediciones directas para determinar la concentración de aerosoles. Estos dos tipos de datos se complementan unos a otros, y las mediciones del alumnado pueden aportar mucho a los pocos datos de campo procedentes de estaciones de seguimiento profesionales.

Vapor de agua

El vapor de agua en la atmósfera varía considerablemente en el tiempo y de un lugar a otro. Estas variaciones están relacionadas con el tiempo y con el clima. Las nubes están formadas de vapor de

agua. El vapor de agua es el principal gas de efecto invernadero que ayuda a controlar las temperaturas en la parte más baja de la atmósfera y en la superficie de la Tierra. Aunque la presencia de vapor de agua cerca de la superficie de la Tierra es fácilmente apreciable en forma de nubes y de humedad relativa, existen todavía muchas dudas sobre el vapor de agua atmosférico. Usando el medidor manual de vapor de agua GLOBE/GIFTS, a partir de la intensidad de la luz solar que alcanza la superficie en longitudes de onda específicas, el alumnado GLOBE y los científicos pueden determinar la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera. A pesar de su importancia, la distribución global y la variabilidad temporal del vapor de agua no se conocen bien. Por ello, las mediciones del alumnado serán útiles para los científicos, dado que trabajan para conocer más sobre el vapor de agua atmosférico.

Humedad relativa

La cantidad de vapor de agua en el aire comparada con la máxima cantidad de vapor de agua que podría contener el aire a la misma temperatura y presión se denomina humedad relativa, y se expresa como un porcentaje. Los satélites pueden detectar la cantidad de agua en la atmósfera, pero generalmente estas mediciones corresponden a la media de grandes regiones (superiores a decenas de kilómetros). La humedad puede variar en distancias mucho menores. Empleando un psicrómetro giratorio o un higrómetro para medir la humedad relativa, el alumnado GLOBE puede ampliar el conjunto total de datos de humedad y ayudar a los científicos a conseguir una mejor interpretación de su variación a escalas menores.

Precipitación

La lluvia y la nieve varían significativamente en distancias inferiores a 10 km. Para comprender los ciclos de agua local, regional y global debemos saber cuánta precipitación cae en diferentes lugares del mundo.

Las observaciones del alumnado realizadas utilizando pluviómetros y tablas medidoras de nieve ayudan a proporcionar mejores muestreos de la cantidad de lluvia y nieve; asimismo, mejoran la interpretación del tiempo y del clima.

Además de medir la cantidad de precipitación, el alumnado GLOBE mide el pH de la lluvia y de la nieve derretida. Conocer el pH de la precipitación es a menudo esencial para entender el pH del suelo y de las masas de agua de esa zona.

Las mediciones de los alumnos del pH establecen una base local para el seguimiento de los cambios en el aporte de acidez al medio ambiente y puede ayudar a los científicos a planificar mejor el destino de las sustancias químicas atmosféricas.

Temperatura

La temperatura del aire varía a lo largo del día en función del calentamiento solar directo y de un día a otro según los sistemas climáticos se desplazan alrededor del globo. La temperatura media del aire también cambia con las estaciones. Los científicos quieren conocer ambos extremos de temperatura y la temperatura media en períodos de tiempo que oscilan entre 24 horas y un mes, un año o más. El alumnado GLOBE mide las temperaturas máximas y mínimas para un período de 24 horas comenzado y terminando en el rango de una hora alrededor del mediodía solar local. Los científicos que estudian el clima de nuestro planeta están interesados en saber si la temperatura en diferentes lugares está cambiando, y si es así, qué patrones se encuentran en estos cambios. Las mediciones de temperatura local, tales como las tomadas por el alumnado GLOBE, ayudan a los científicos a responder estas y otras cuestiones importantes sobre el clima de la Tierra. Los asentamientos humanos en combinación con las variaciones de la elevación y la distancia de las láminas de agua producen variaciones en la temperatura. Los centros GLOBE proporcionan un detalle valioso para comprender los cambios incluso si hay estaciones meteorológicas oficiales cercanas.

Existe una variedad de opciones para medir la temperatura del aire. El método preferido es usar un termómetro digital multi-día (programable para múltiples días) de máximas y mínimas, descrito en el Protocolo de Temperaturas Digitales máx/mín/actual multi-día del Aire y del Suelo. Este termómetro registra datos de seis días de temperaturas máximas y mínimas y tiene una sonda en el suelo que permite también registrar las temperaturas del suelo. Un líquido de relleno con forma de U o un termómetro digital de un solo día máx/mín puede utilizarse también según se describe en el Protocolo de temperatura del aire máx/mín/actual, y debe ser leído y vuelto a poner a cero cada día para conseguir un registro continuo de temperatura. Además, los sistemas automáticos para el registro de datos deben ser utilizados como se describe en el Protocolo de Monitoreo automatizado de la temperatura del suelo y del aire, y en el Protocolo de estaciones meteorológicas automatizadas que están disponibles en la versión digital de la Guía del Profesor.

Temperatura de la superficie

Descrita científicamente, la temperatura de la superficie es la temperatura emitida por la superficie de la Tierra. Conocer la temperatura de la superficie es clave para el estudio del ciclo de la energía – la transferencia de calor en el medio que nos rodea. La transferencia de calor entre los diferentes componentes del ambiente tiene lugar dentro de sus límites, y las mediciones de la temperatura superficial proporcionan las temperaturas en estos límites. Por ello, las mediciones de la temperatura superficial ayudan a relacionar las temperaturas del aire, suelo y agua; contribuyendo de forma crítica al estudio del ciclo de la energía. El alumnado puede realizar lecturas de la temperatura superficial mediante un termómetro de infrarrojos manual (IRT). Las mediciones de la temperatura de la superficie son fundamentales para los estudios del clima, para la comparación con datos de satélites y para mejorar la interpretación del balance de energía global.

Ozono superficial

El ozono (O₃) es un gas muy reactivo presente en el aire que nos rodea. Conocer la cantidad de ozono en el aire es importante para interpretar la química de la atmósfera y su efecto en la salud de plantas y animales, incluyéndonos a nosotros. Las concentraciones de ozono pueden ser medidas en unidades de partes por billón (ppb) y pueden variar a pequeñas escalas espaciales. Los científicos necesitan mediciones locales para conocer estas variaciones de las concentraciones de ozono en la atmósfera. Los científicos de GLOBE han desarrollado para los estudiantes una sencilla técnica para medir el ozono en sus centros educativos, que consiste en exponer al aire tiras químicamente tratadas para medir el cambio de color que sufren, con un lector manual.

¿Dónde se realizan estas mediciones?

Las mediciones de la atmósfera se realizan en el sitio de estudio de atmósfera. Este sitio generalmente se encuentra en el patio del centro educativo y debe estar a una distancia del aula que permita al alumnado tomar datos diariamente en el mínimo tiempo posible. Por lo general, cuanto más abierto esté el sitio, mejor es. Se debe evitar que cerca de los instrumentos haya obstáculos importantes, incluyendo árboles y edificios. Si el centro no tiene un lugar apropiado a nivel del suelo para la instalación segura y permanente de los instrumentos de atmósfera, se puede considerar utilizar el tejado o estaciones automatizadas.

Sin embargo, el tejado no es un lugar apropiado para el Protocolo de Temperatura Superficial. Consulta el Protocolo opcional de este capítulo para más información.

¿Cuándo se realizan las mediciones?

Las mediciones GLOBE de atmósfera se deben realizar diariamente, a horas específicas del día. Ver la figura AT-I-3. La toma de mediciones diarias a la misma hora del día permite una comparación más fácil de las mediciones realizadas a lo largo del año y en todo el mundo. Para GLOBE, muchas observaciones atmosféricas deben ser realizadas en el intervalo de una hora alrededor del mediodía solar, y las lecturas de la precipitación diaria total y temperatura máxima y mínima, sólo son válidas si se realizan dentro de un intervalo de 2 horas del mediodía solar. Cada medición abarca un período aproximado de 24 horas, comenzando en el plazo de una hora desde el mediodía solar de un día y continuando hasta un intervalo de una hora del mediodía solar del día siguiente. Ver tabla AT-I-1.

Las observaciones de nubes y estelas de condensación, las lecturas de humedad relativa, la temperatura superficial, y las mediciones de

temperatura actual también se realizan en el intervalo de una hora alrededor del mediodía solar, sin embargo, se puede informar sobre estas observaciones a otras horas del día.

El termómetro digital multi-día máx/mín se puede leer a cualquier hora del día siempre que se ponga a cero en el intervalo de una hora del mediodía solar local.

Las mediciones automáticas son tomadas continuamente a intervalos de 15 minutos.

El mediodía solar local es la hora clave para tomar mediciones GLOBE de la atmósfera. Ver la sección de cómo calcular el mediodía solar. ¿Significa esto que sólo las clases que sean a esa hora pueden participar? ¡No! Porque realizar estas mediciones no requiere mucho tiempo, los alumnos que tienen clases antes o después del medio día solar, pueden realizar las mediciones en el descanso para la comida o en el recreo de mediodía.

Mediodía Solar

Mediodía solar es el término utilizado por GLOBE para la hora en la que el Sol alcanza su punto más alto en el cielo durante el día. Un astrónomo, por ejemplo, se referiría a la misma hora como mediodía local aparente. El mediodía solar generalmente no coincide con el mediodía que

Figura AT-I-3

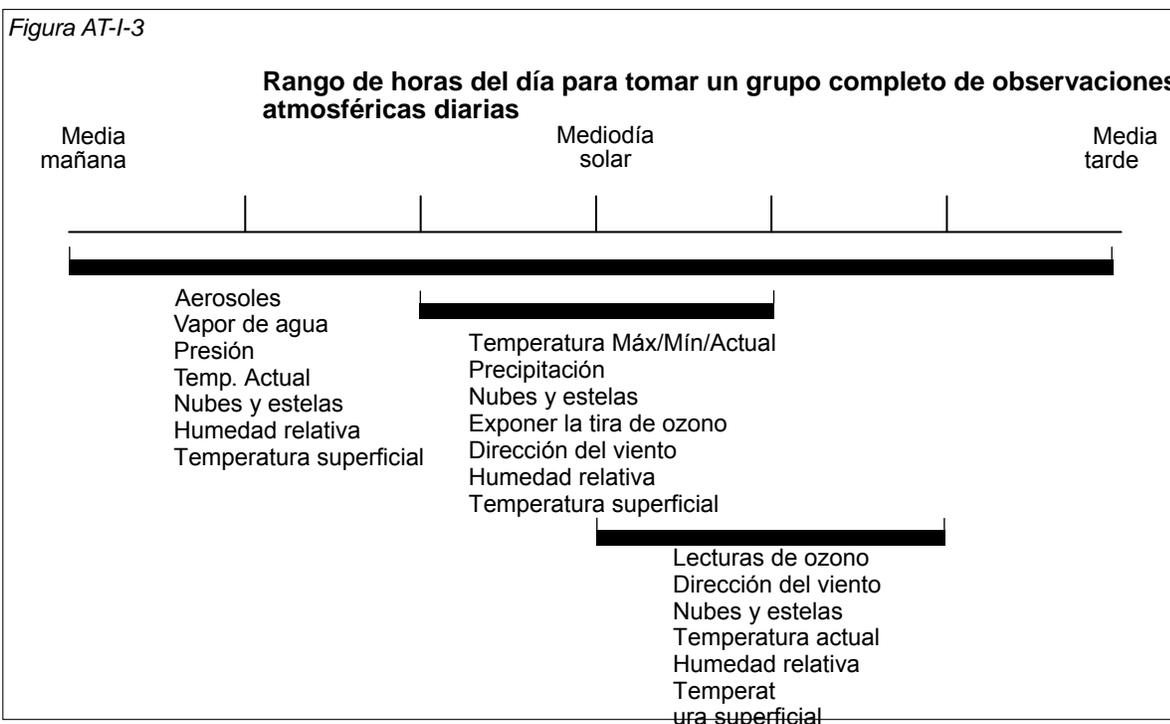


Tabla AT-I-1

Mediciones	Tomadas en el intervalo de una hora alrededor del mediodía solar	Mediciones que pueden ser tomadas a otras horas
Cobertura y tipo de nubes Cobertura y tipo de estelas de condensación	Sí	Necesarias como apoyo a las mediciones de aerosoles, vapor de agua, temperatura superficial, ozono, y transparencia del agua; se admiten otras horas
Aerosoles Vapor de agua	Variable. La hora ideal varía con la posición y la estación	Cuando el Sol está al menos 30° sobre el horizonte o al mediodía solar local cuando el Sol no alcanza los 30° sobre el horizonte; se admiten otras horas.
Humedad relativa	Sí para el psicrómetro; la lectura del higrómetro digital puede ser tomada hasta una hora más tarde al mismo tiempo que la medición de ozono.	Se aceptan horas distintas. Necesarias para el apoyo de aerosoles, vapor de agua, y ozono.
Precipitación	Sí	No
Temperatura actual	Sí	Necesaria para la comparación con las mediciones de temperatura del suelo y en apoyo de las mediciones de aerosoles, vapor de agua, ozono, humedad relativa; se aceptan horas distintas.
Temperatura superficial	No necesario	Importante para la comparación con las mediciones de temperatura del suelo y actual
Temperatura máxima Mínima	Sí	No
Presión barométrica	No necesario	En el intervalo de una hora de las mediciones de aerosoles y vapor de agua, si se toman; Si no, según convenga.
Ozono	La observación comenzó a esta hora y terminó una hora después	Se admiten otros períodos de una hora además de la medición alrededor del mediodía solar

muestran nuestros relojes. La hora del mediodía solar local depende de la ubicación en la zona horaria, del momento del año, y si el ahorro de luz solar está o no vigente. El mediodía solar tiene lugar, sin embargo, en el punto medio entre el amanecer y el anochecer, cuando el Sol cruza el horizonte. Es el punto del día en el que las sombras son más cortas.

Una manera fácil de determinar el mediodía solar local es buscar en un periódico de tu ciudad o de una cercana la hora del amanecer y del anochecer, y calcular la media del intervalo entre estas horas.

Primero, convierte ambas horas a horas de relojes de 24 horas, añadiendo 12 a cualquier hora p.m; posteriormente sumar las dos horas y dividir entre dos. Esta es la hora solar del mediodía solar. Ver la tabla AT-I-2.

Tabla AT-I-2

Ejemplo:	1	2	3	4
Amanecer (a.m. o reloj de 24 horas son lo mismo)	7:02 a.m	6:58 a.m	7:03 a.m	6:32 a.m
Anochecer	5:43 p.m	5:46 p.m	8:09 p.m	5:03 p.m
Anochecer (reloj de 24 horas)	17:43	17:46	20:09	17:03
Amanecer + Anochecer	24h 45 min	23h 104 min	27h 12 min	23h 35 min
Equivalente (de forma que el número de horas sea constante)	(no varía)	24h 44 min	26h 72 min	22h 95 min
Dividir por 2	12h 22,5 min	12h 22 min	13h 36min	11h 47,5min
Mediodía solar local (redondeando a minutos)	12:23 p.m	12:22 p.m	1:36 pm o 13:36	11:48 a.m

Observa que esto es un ejemplo para hacer cálculos en base 60.

¿Cuántos alumnos deben ser implicados?

Un único alumno/a puede realizar cualquiera de las mediciones de atmósfera. Sin embargo, es buena idea tener un pequeño grupo de alumnos haciendo las lecturas, de tal manera que puedan verificar los datos entre ellos. También ayuda tener un compañero para anotar las lecturas según se toman. Las mediciones de aerosoles y vapor de agua son difíciles de realizar por una persona sola. GLOBE recomienda grupos de 3 estudiantes para realizar la mayoría de las mediciones.

Muchas mediciones pueden ser realizadas por el grupo como un todo, o bien individualmente y posteriormente compararse. Si las lecturas se toman individualmente, el grupo debe recordar que ha de vaciar el pluviómetro y poner a cero el termómetro sólo cuando todos los alumnos hayan terminado.

Lo ideal sería que las mediciones de pH sean tomadas por tres grupos de alumnos diferentes, usando tres muestras diferentes de lluvia o nieve derretida. En cualquier caso, se deben realizar tres mediciones. Se calcula la media de estos tres resultados y se compara con la tabla de control de calidad de los datos.

La rotación de los grupos de la clase (o clases) de manera periódica ofrecerá a todo el alumnado la oportunidad para participar. No se aconseja que hayan varios grupos realizando mediciones de temperatura máxima y mínima a diferentes horas del día, ya que podría provocar confusión al vaciar el pluviómetro, poner a cero el termómetro de máximas y mínimas de un día y al enviar los datos.

La valoración del tipo y cobertura de nubes, el tipo y cobertura de estelas de condensación son mediciones subjetivas, por lo que cuantos más alumnos se impliquen en esta tarea, mejor. Cada alumno/a debe realizar sus propias lecturas; después, todo el grupo debe llegar un acuerdo. No hay que sorprenderse si inicialmente encuentran dificultad al realizar estas valoraciones. Incluso los observadores meteorológicos más experimentados discuten sobre qué tipo de nube están viendo, o exactamente qué proporción del cielo está cubierta de nubes. Según se vayan acostumbrando a hacer estas observaciones, serán capaces de reconocer más diferencias sutiles en los tipos de nubes.

¿Cuánto tiempo lleva realizar las mediciones?

El tiempo necesario para realizar las mediciones de atmósfera variará en función de la ubicación del sitio de estudio de atmósfera, de cuántos estudiantes estén en el equipo tomando datos, de su edad, de su familiaridad con las mediciones, y de las condiciones reales encontradas en un día determinado. Ver tabla AT-I-3.

Comenzando

Se puede investigar la atmósfera en el propio sitio de estudio y cooperar con los científicos y con otros estudiantes para realizar un seguimiento del ambiente global. La atmósfera es un componente principal del ambiente en todo el mundo, y ustedes pueden ayudar a crear una base de datos global de mediciones atmosféricas que ayudará a comprender cómo cambia a largo plazo. Conserva un registro permanente de los datos GLOBE en tu centro educativo. Los datos de atmósfera que recoge el alumnado no

Tabla AT-I-3

Medición	Tiempo necesario aproximado (en minutos)
Cobertura y tipo de nubes y estelas de condensación	10
Aerosoles incluyendo mediciones de apoyo	15 - 30
Vapor de agua incluyendo mediciones de apoyo	15 - 30
Aerosoles y vapor de agua combinados, incluyendo mediciones de apoyo	20 - 40
Humedad relativa	5 - 10
Precipitación	5 - 10
pH de la precipitación , usando un medidor e incluyendo calibración	10
Manejo de muestras de nieve en el aula para el equivalente en agua de la nieve o del bloque de nieve	5
Equivalente en agua de la nieve una vez que la nieve se ha derretido	5
Temperatura máxima, mínima y actual de 1-día	5
Temperatura máx/mín/actual multi-día del aire y del suelo.	5 - 10
Temperatura superficial incluyendo mediciones de apoyo.	10 - 20
Utilización de la tira de ozono y toma de mediciones de apoyo.	10
Lectura de la tira de ozono y toma de mediciones de apoyo.	10 - 15
Conjunto total de mediciones al mediodía solar local: nubes y estelas de condensación, humedad relativa, cantidad de precipitación y pH, temperatura máx/mín/actual, temperatura superficial y utilización de la tira de ozono.*	15 - 25

*La medición de aerosoles y vapor de agua junto con este grupo de mediciones debería suponer sólo 5-10 minutos más, cada una.

sólo debería enviarse al servidor de datos GLOBE, sino también guardarse permanentemente en el Registro de Datos GLOBE del centro educativo. Para ello puede servir una carpeta en la que se guarden las hojas de datos llenadas por los estudiantes . Ver el capítulo de la *Guía de Implementación* para obtener una descripción del registro de datos y su importancia. El alumnado debe sentirse orgulloso de estar contribuyendo a un conjunto de datos atmosféricos a largo plazo en su centro.

Según va aumentando el conjunto de datos locales, se debería pedir al alumnado que observe los datos. Cada protocolo de este capítulo incluye una sección *Observación de los datos*, que resume cómo valorar si los datos son razonables y describe lo que los científicos buscan en datos de este tipo. La mayoría de ellos también contiene un ejemplo de investigación del alumnado utilizando los datos del protocolo.

Es recomendable estudiar estas secciones para obtener ideas de cómo utilizar los datos GLOBE para aprender sobre el tiempo. Se puede abordar el estudio de la atmósfera de diferentes maneras, pero principalmente se pueden estudiar tres temas a partir de las mediciones que se toman en GLOBE: el tiempo, el clima y la composición atmosférica. Las secciones que aparecen a continuación describen cómo los Protocolos GLOBE de atmósfera contribuyen a comprender mejor cada una de estas áreas que pueden formar parte del currículo.

Tiempo

Quizá el alumnado tenga que estudiar el tiempo. Si es así, su trabajo GLOBE puede convertirse en una parte integral de este aprendizaje. Por “tiempo” se hace referencia al estado actual y a los cambios a corto plazo en la atmósfera. El alumnado puede estar familiarizado con los partes y pronósticos del tiempo, y se podrían introducir los protocolos GLOBE pidiéndoles que expliquen lo que ellos creen que significa “tiempo”. Probablemente mencionen cosas como temperatura, si está lloviendo o nevando, si está nublado, si hace viento, y la dirección del viento. Algunos puede que también mencionen la presión barométrica, los tipos de nubes y la humedad. Todos estos son aspectos de lo que los meteorólogos quieren decir con “tiempo,” y todos pueden ser medidos con GLOBE.

Así, a partir de las mediciones GLOBE, el alumnado puede empezar a medir, hacer un seguimiento, estudiar y pronosticar el tiempo.

Aquí se propone una secuencia para introducir las mediciones de GLOBE mediante el estudio del tiempo.

1. Las mediciones de nubes y estelas de condensación son las más fáciles para empezar. Sólo se necesita una carta de nubes y el ojo humano. Antes de comenzar los protocolos de cobertura de nubes y tipo de nubes es bueno realizar dos actividades de aprendizaje:
 - *Observación, Descripción e Identificación de Nubes*
 - *Cálculo de la Cobertura de Nubes: Una Simulación*
2. Para enviar las observaciones de cobertura y tipo de nubes es necesario definir un sitio de estudio de atmósfera y enviar los datos de definición del sitio a GLOBE. Puede que se quiera hacer esto antes de instalar la caseta meteorológica, pero aunque haya un retraso en instalar la caseta meteorológica se puede definir el sitio y enviar los datos de nubes.
3. También se puede comenzar realizando mediciones de aerosoles, vapor de agua, humedad relativa, temperatura superficial y presión barométrica sin tener la caseta meteorológica.
4. Las mediciones de temperatura actual también pueden ser tomadas sin la caseta meteorológica. Cuando se pueda instalar la caseta meteorológica se podrán tomar y enviar diariamente las mediciones de temperatura del aire máxima y mínima.
5. Para tomar y enviar mediciones de precipitación líquida se necesita instalar un pluviómetro en un poste, pero se puede medir la profundidad de la nieve, el equivalente en líquido y el pH sin instalar el pluviómetro.
6. Si se usan ciertas estaciones meteorológicas automatizadas, se puede añadir la velocidad y dirección del viento, al conjunto de datos GLOBE siguiendo los protocolos opcionales.

7. Se debe comprobar la calibración de los instrumentos (termómetros, barómetro o altímetro y psicrómetro giratorio) antes de comenzar.

Intente hacer un pronóstico del tiempo. Una manera interesante de hacer que el alumnado utilice los datos que se recogen es intentar hacer pronósticos del tiempo usando sus propios datos y comparar sus previsiones con las de meteorólogos profesionales. ¿Quién es más preciso? ¿Qué datos son los más útiles para hacer el pronóstico? ¿Qué datos adicionales utilizan los profesionales que no están disponibles para los estudiantes? Hay muchas preguntas interesantes que se pueden plantear.

Clima

El clima es otro tema principal que el alumnado puede estudiar y que se puede investigar utilizando las mediciones y datos GLOBE. “Clima” es la tendencia a largo plazo de la atmósfera y otros aspectos variables del ambiente. Hay un viejo dicho, “El clima es lo que esperas. Tiempo es lo que obtienes”. El clima hace referencia a la temperatura media y a las extremas, a las nubes, a la precipitación, a la humedad relativa y a sus patrones anuales.

Observando los datos GLOBE de su centro y de otros lugares de todo el mundo, el alumnado puede conseguir reconocer patrones climáticos y sus causas. Pueden apreciar patrones estacionales, variaciones basadas en la latitud, y variaciones basadas en la proximidad a grandes masas de agua. Utilizando el archivo de datos de alumnos GLOBE, el alumnado puede comparar el clima de su centro, de centros cercanos, y de centros en lugares muy diversos de todo el mundo.

El alumnado puede tomar como un reto la creación de una base de datos a largo plazo que describa el clima de su localidad. La mayoría de los periódicos publican resúmenes semanales del tiempo, y se comparan con los pronósticos climáticos. Si no, se puede consultar a los meteorólogos del aeropuerto local o de la estación de radio/TV. Estos climatólogos pueden proporcionar la base para discusiones interesantes sobre qué es normal en su localidad. ¿Ha sido un mes más húmedo de lo normal? ¿Más caluroso? ¿Más frío? ¿Con más nubosidad? Utilizando sus datos GLOBE y la

información climática local, el alumnado puede comenzar a contestar estas preguntas y pensar sobre cómo su clima puede estar cambiando.

Para estudiar el clima el alumnado utilizará los mismos protocolos que para el tiempo, excepto que no es necesario medir la presión barométrica. Las mediciones rutinarias de las cantidades diarias de precipitación y de las temperaturas máxima y mínima del aire son críticas para el estudio del clima. Las mediciones de temperatura y humedad del suelo, así como la fenología son también muy importantes en el estudio del clima. La temperatura de las masas de agua y el reporte de cuándo éstas están secas o heladas son también útiles. El alumnado puede pensar y debatir sobre qué mediciones GLOBE son más importantes para describir el clima.

Para estudiar el clima utilizando las mediciones GLOBE, querrá que los alumnos accedan a los datos de otros centros a través de la web del GLOBE. GLOBE proporciona herramientas para elaborar gráficos online y la posibilidad de descargar los datos de un centro en forma de tabla que puede ser importada desde otros programas de análisis de datos, tales como una hoja de cálculo.

Composición de la Atmósfera

Quizá el alumnado tenga que estudiar la composición de la atmósfera. Pueden utilizar tres de los Protocolos GLOBE de Atmósfera – *Aerosoles*, *Vapor de Agua* y *Ozono Superficial* – para mejorar su estudio. Éstos también se pueden considerar aspectos del tiempo y del clima. Los aerosoles y el vapor de agua afectan a la visibilidad y al paso de luz solar y calor a través de la atmósfera, mientras que los niveles de ozono tienen efectos a corto y largo plazo sobre la vida de plantas y animales, y efectos a largo plazo sobre los materiales expuestos a la atmósfera.

Estos protocolos pueden llevarse a cabo sin la instalación de ningún equipamiento permanente, de manera que, incluso si no se instala la caseta meteorológica y el pluviómetro, se pueden hacer estas tres mediciones. Sin embargo, para el *Protocolo de Ozono Superficial* se necesitará medir la cobertura y tipo de nubes y estelas de condensación, la dirección del viento y la temperatura actual (utilizando el protocolo alternativo que no requiere caseta meteorológica). Para los *Protocolos de Aerosoles* y *Vapor de agua es necesario* anotar el tipo y cobertura de nubes y estelas de condensación, la humedad relativa, y la temperatura actual, también se puede medir la

presión barométrica u obtener los valores a partir de otras fuentes o de GLOBE.

Preparándose

Para preparar una investigación de la atmósfera utilizando GLOBE, lea las secciones de introducción del capítulo *Atmósfera* de la Guía del Profesor. Familiarícese con la información científica previa que se proporciona. Después, vea la sección *Qué Mediciones Tomar*.

Decida qué tema o cuestiones debe abarcar el alumnado y qué mediciones son apropiadas para su estudio. Piense como presentar GLOBE al alumnado, de tal forma que vean en él una oportunidad para que puedan participar con científicos y otros alumnos en la observación del ambiente global, piense acerca de qué proyectos y análisis pueden llevar a cabo sus estudiantes mientras enfocan la atmósfera a través de los lentes del tiempo, el clima o la composición atmosférica.

Si su edad es la apropiada, copie y reparta al alumnado la sección del capítulo titulada *¿Por Qué Investigar la Atmósfera?* para darles una interpretación de por qué cada medición es científicamente importante. Analice la importancia tanto de una base de datos global detallada como local para comprender el ambiente y cómo pueden contribuir a ello enviando datos precisos de manera sistemática a GLOBE. Implice al alumnado en el planteamiento de cuestiones que pueda resolver tomando y observando los datos.

Revise los protocolos específicos y planifique qué mediciones deben realizar los estudiantes. Puede comenzar por un nivel de esfuerzo moderado que respalde sus objetivos educativos y después incrementarlo.

Obtenga los instrumentos que va a necesitar y calíbrelos si es necesario. Instale la caseta meteorológica y el pluviómetro si va a medir temperatura máxima y mínima, así como la precipitación líquida.

Haga fotocopias de todas las *hojas de datos* y *guías de campo* que vayan a necesitar los alumnos.

Prepare un cuaderno carpeta que sirva como *Libro de Datos del Centro*.

Después, comience a hacer la *Investigación GLOBE sobre Atmósfera!*

Objetivos didácticos

El alumnado que participa en las actividades de este capítulo puede adquirir aptitudes de investigación científica y comprender algunos conceptos científicos. Estas aptitudes incluyen el uso varios instrumentos y técnicas específicas para realizar mediciones y analizar los datos resultantes con enfoques generales a la investigación. Las aptitudes de investigación científica que aparecen recogidas en el cuadro gris dan por supuesto que el profesorado ha completado el protocolo, incluyendo la sección *Observación de los Datos*. Si esta sección no se utiliza, no se cubrirán todas las aptitudes investigadoras. Los conceptos científicos incluidos se perfilan en los Estándares Nacionales de Enseñanza de las Ciencias de los Estados Unidos como recomendados por el Consejo Nacional de Investigación de los EE.UU. e incluyen los de Ciencias de la Tierra y del Espacio y Ciencias Físicas. Los conceptos de Geografía son tomados de los Estándares Nacionales de Geografía, elaborados por el Proyecto de Estándares de la Educación Nacional. Los conceptos de Enriquecimiento específicos para las mediciones de atmósfera también se han incluido. El cuadro gris que aparece al comienzo de cada protocolo o actividad de aprendizaje recoge los conceptos científicos clave y las aptitudes de investigación científica que se cubren. Las siguientes tablas proporcionan un resumen de los conceptos y aptitudes que se cubren en cada protocolo o actividad de aprendizaje.

Estándares nacionales de enseñanza de las ciencias	Protocolos básicos				Protocolos avanzados	
	Nubes	Humedad	Precipitación	Temperatura	Aerosoles	Ozono
Conceptos sobre la Tierra y las Ciencias del Espacio						
El tiempo se puede describir mediante mediciones cuantitativas		▪	▪	▪		▪
El tiempo se puede describir mediante observaciones cualitativas	▪					
El tiempo cambia de día en día y de estación en estación	▪	▪	▪	▪		▪
El tiempo varía en escalas espaciales locales, regionales y globales	▪	▪	▪	▪		▪
Las nubes se forman por condensación del vapor de agua en la atmósfera	▪					
Las nubes afectan al tiempo y al clima	▪					
La precipitación se forma por condensación del vapor de agua en la atmósfera		▪	▪			
La atmósfera tiene diferentes propiedades a diferentes altitudes	▪					
El vapor de agua pasa a la atmósfera a partir de la evaporación y de la transpiración de las plantas	▪	▪				
La atmósfera está compuesta por diferentes gases y aerosoles					▪	▪
El sol es una fuente principal de energía para los cambios en la atmósfera					▪	
El movimiento diario y estacional del sol en el cielo puede ser observado y descrito					▪	
El vapor de agua contenido en la atmósfera está limitado por la presión y la temperatura		▪				
La condensación y la evaporación afectan al balance de calor en la atmósfera		▪				
Los materiales de las sociedades humanas afectan a los ciclos químicos de la Tierra						▪
Procesos dinámicos tales como la rotación de la Tierra influyen en la transferencia de energía desde el sol a la Tierra						
La atmósfera ha cambiado su composición a lo largo del tiempo						
El agua circula por la corteza terrestre, los océanos y la atmósfera						
Los patrones globales de circulación atmosférica influyen en el tiempo local						
Los océanos tienen una influencia importante en el clima global						
La insolación solar dirige la circulación atmosférica y oceánica						
El sol es la fuente principal de energía de los procesos de la superficie Terrestre						
El sol es la fuente principal de energía en la superficie de la Tierra						
La insolación solar dirige la circulación atmosférica y oceánica						
Conceptos de Ciencias Físicas						
Los materiales existen en diferentes estados – sólido, líquido y gas	▪	▪	▪			
La transferencia de calor se produce por radiación, conducción y convección						
Las sustancias se expanden y se contraen según se calientan o enfrían						
La radiación de la luz interactúa con la materia						
El sol es la principal fuente de energía en la superficie de la Tierra						
La energía se transfiere de muchas maneras						
El calor se mueve de los objetos más calientes a los más fríos						
La luz/radiación interactúa con la materia						
El sol es una fuente principal de energía en los cambios en la superficie de la Tierra						
La energía se conserva						
Conceptos de Ciencias de la Vida						
La luz solar es la principal fuente de energía de los ecosistemas						
La energía para la vida procede principalmente del sol						
Conceptos generales de ciencias						
Los modelos a escala nos ayudan a comprender conceptos						
Los modelos visuales nos ayudan a analizar e interpretar los datos						

* Ver la versión electrónica de la *Guía del Profesor* completa en CD-ROM o en el sitio web de GLOBE.

Protocolos avanzados		Actividades de aprendizaje											
Vapor de agua	Temperatura de la superficie	Cálculo de la cobertura de nubes	Vigilancia de las nubes	Observación de las nubes	Estudio de la caseta meteorológica	Construcción de un termómetro	Creación de visualizaciones	Utilización de visualizaciones	Mapa de curvas	Construcción de un reloj solar	Cielo brumoso	Masa de aire	Modelo PPV
■		■											
				■									
■		■	■	■									
		■											
■				■									
■	■		■										
■											■		
	■									■			■
	■												
■												■	
■													
■													
■													
■	■												
	■												
	■												
	■												
	■												
	■												■
	■									■			

Estándares Nacionales de Enseñanza de las Ciencias	Protocolos básicos				Protocolos avanzados	
	Nubes	Humedad	Precipitación	Temperatura	Aerosoles	Ozono
Conceptos de Geografía						
La variabilidad de la temperatura de un lugar afecta al sistema físico geográfico de la Tierra						
La naturaleza y extensión de la cobertura de nubes afecta al sistema físico geográfico de la Tierra						
La naturaleza y extensión de las precipitaciones afecta al sistema físico geográfico de la Tierra						
Las actividades humanas pueden modificar el medio físico						
El vapor de agua en la atmósfera afecta a las características del sistema físico geográfico de la Tierra						
Las mediciones de variables atmosféricas ayudan a describir las características físicas de un medio						
Las características físicas de un lugar dependen de su latitud y la relación de la radiación solar incidente						
Las visualizaciones geográficas ayudan a organizar la información sobre lugares, el ambiente y las personas.						
La concentración de vapor de agua varía de un sitio a otro y depende de la altitud, la latitud y el clima						

* Ver la versión electrónica de la *Guía del Profesor* completa en CD-ROM o en el sitio web de GLOBE.

Protocolos avanzados		Actividades de aprendizaje											
Vapor de agua	Temperatura de la superficie	Cálculo de la cobertura de nubes	Vigilancia de las nubes	Observación de las nubes	Estudio de la caseta meteorológica	Construcción de un termómetro	Creación de visualizaciones	Utilización de visualizaciones	Mapa de curvas	Construcción de un reloj solar	Cielo brumoso	Masa de aire	Modelo PPV
	■												
	■					■							
	■	■	■	■									
	■												
	■												
	■										■		
					■								
										■			
							■	■	■				
■													

Estándares nacionales de investigación científica	Protocolos básicos				Protocolos avanzados			
	Nubes	Humedad	Precipitación	Temperatura	Aerosoles	Ozono	Vapor de agua	Temperatura superficial
Aptitudes generales de investigación científica								
Usar herramientas y técnicas adecuadas								
Construir un modelo o instrumento científico								
Identificar cuestiones que se puedan contestar.								
Diseñar y dirigir investigaciones científicas								
Usar cálculos adecuados para analizar los datos								
Desarrollar descripciones y explicaciones usando la evidencia								
Reconocer y analizar explicaciones alternativas								
Comunicar procedimientos y explicaciones								
Aptitudes de investigación científica específicas								
Usar un termómetro para medir la temperatura								
Usar una carta de nubes para identificar el tipo de nubes								
Calcular la cobertura de nubes								
Usar un pluviómetro para medir la precipitación y el equivalente en lluvia de la nieve								
Usar tiras de pH o medidores para medir pH								
Usar un metro de madera para medir la profundidad de la nieve								
Usar un fotómetro solar y un voltímetro para medir la cantidad de luz solar directa.								
Usar tiras de ozono y un medidor de ozono para medir in situ las concentraciones de ozono.								
Usar una veleta para conocer la dirección del viento								
Usar un barómetro o altímetro para medir la presión barométrica								
Usar un higrómetro o un psicrómetro giratorio para medir la humedad relativa								
Usar instrumentos para medir el contenido de vapor de agua en la atmósfera								
Usar un termómetro de infrarrojos								

PROCOLOS



Construcción de Instrumentos, Selección del Sitio e Instalación

Elegir un sitio apropiado es fundamental para la toma diaria de datos.

Protocolos de Nubes

Los estudiantes hacen un cálculo aproximado del porcentaje de cobertura de nubes y estelas de condensación, observan qué tipos de nubes se ven, y cuentan el número de cada tipo de estela de condensación.

Protocolo de Aerosoles

Los estudiantes utilizan un fotómetro solar rojo/verde para medir la cantidad de luz solar que llega al suelo cuando las nubes no cubren el Sol.

Protocolo de Vapor de Agua

Los estudiantes utilizan un fotómetro solar de infrarrojo cercano para medir la cantidad de luz solar que llega al suelo, a longitudes de onda que están correlacionadas con el vapor de agua.

Protocolo de Humedad Relativa

Los estudiantes miden la humedad relativa usando un higrómetro digital o un psicrómetro giratorio.

Protocolos de Precipitación

Los estudiantes miden diariamente la precipitación con un pluviómetro, la precipitación en forma de nieve con una tabla medidora de nieve, la acumulación total de nieve sobre el suelo, la profundidad equivalente de lluvia tanto para la nueva nieve como para la columna de nieve; y utiliza técnicas de la Investigación de Hidrología para medir el pH de la lluvia y de la nieve derretida.

Temperatura Digital Multi-Día Máx/Mín/Actual del Aire y del Suelo

Los estudiantes utilizan el termómetro digital multi-día de máximas / mínimas instalado en su caseta meteorológica para medir las temperaturas máximas y mínimas de aire y del suelo de hasta seis periodos previos de 24-horas.

Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima y Actual

Los estudiantes utilizan el termómetro de máximas / mínimas instalado en su caseta meteorológica para medir la temperatura actual y las temperaturas máxima y mínima de las últimas 24 horas. También pueden tomar sólo la temperatura actual.

Protocolo de Temperatura Superficial

Los estudiantes utilizan un termómetro de infrarrojos para medir la temperatura de la superficie de la Tierra.

Protocolo de Ozono

Los estudiantes exponen una tira químicamente sensible al aire durante una hora y determinan la cantidad de ozono presente usando un medidor de ozono.

Protocolos Opcionales de la Estación Meteorológica Automatizada*

Los estudiantes usan una estación automatizada para medir la presión barométrica, la humedad relativa, el índice y la cantidad de precipitación, la temperatura del aire, la velocidad y la dirección del viento cada 15 minutos.

Protocolo Opcional de Presión Barométrica*

Los estudiantes utilizan un barómetro aneroide para medir la presión barométrica como apoyo de los Protocolos de Aerosoles y Vapor de Agua.

Protocolo Opcional de Seguimiento Automatizado de la Temperatura del Suelo y del Aire*

Los estudiantes usan un registrador de datos y sensores de temperatura para medir la temperatura del aire y del suelo a profundidades de 5, 10, y 50 centímetros, cada 15 minutos para amplios períodos de tiempo.

Protocolo Opcional de la Estación Meteorológica Automatizada AWSWeather Net*

Los estudiantes definen la estación meteorológica automatizada AWS Weather Net de su centro como un sitio de estudio de Atmósfera GLOBE y solicitan a GLOBE que les devuelva una copia de los datos de su estación para incluirlos en el archivo de datos GLOBE.

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

Construcción de Instrumentos

Instrucciones para Construir una Caseta Meteorológica

La caseta meteorológica GLOBE se debe construir con madera de pino o similar de 2cm de grosor pintada de blanco por dentro y por fuera. Se debe instalar una cerradura para evitar la manipulación de los instrumentos. Es recomendable que en el interior se instalen unos bloques sobresalientes para asegurar que el termómetro de máxima y mínima no toque la pared trasera. Las partes se deben atornillar o pegar, y clavarse. Los planos están en unidades métricas. Por ello, es posible que tenga que realizar ajustes de las dimensiones, dependiendo de las dimensiones estándares locales de madera en la región.

Es más fácil adquirir paneles prefabricados de laminillas. El objeto de utilizar láminas en la construcción es proporcionar ventilación a la caseta meteorológica a la vez que se evita que la luz solar y la lluvia entren directamente. Para evitar que la luz solar entre en la caseta se recomienda que cada lámina se solape un poco con las adyacentes. Ver Figura AT-CI-

1. También debe haber un espacio entre las láminas de aproximadamente 1 cm, y el ángulo entre las láminas debe ser de unos 50-60 grados desde la horizontal. Para instrucciones de montaje de la caseta, ver Figura AT-CI-8.

Figura AT-CI-1: Caseta Meteorológica

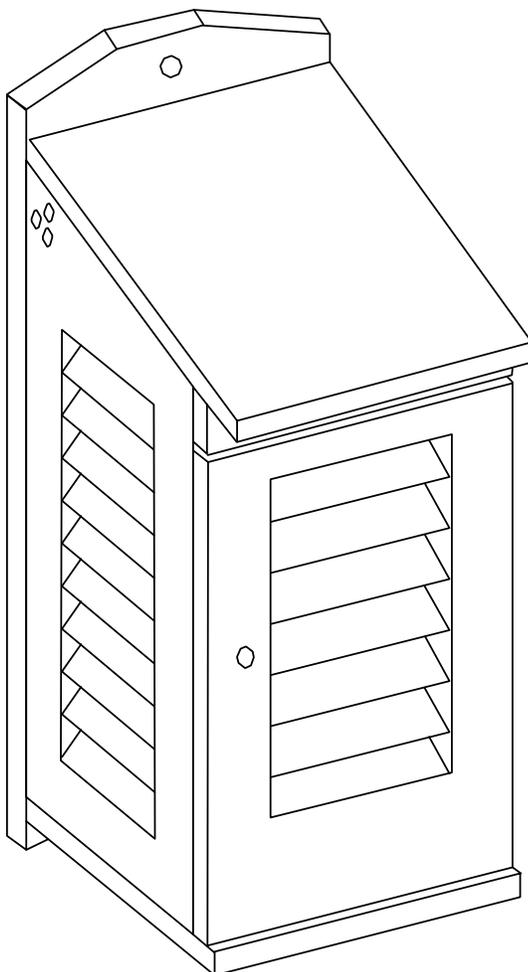
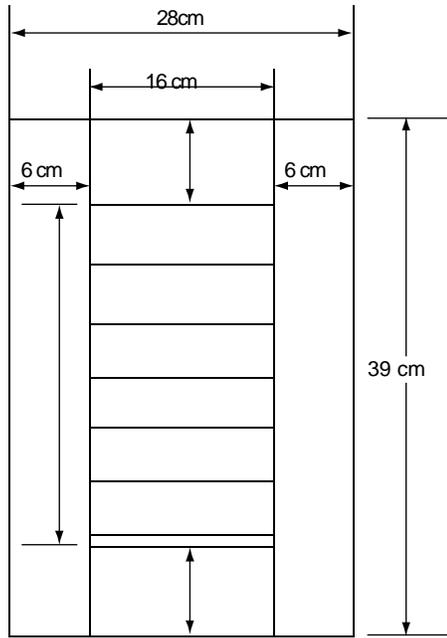
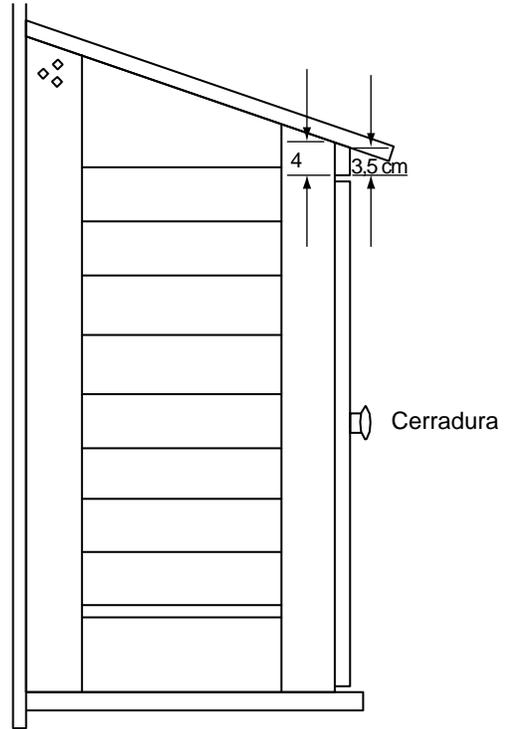


Figura AT-CI-2: Dimensiones de la Caseta Meteorológica

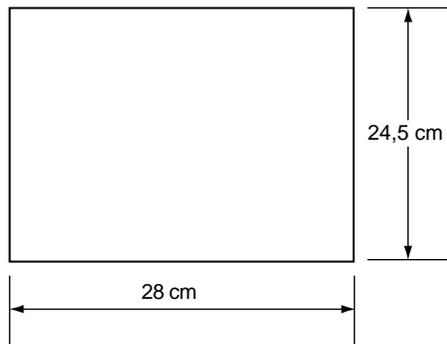


Puerta delantera

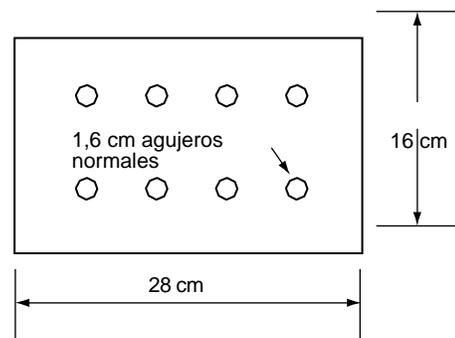
Nota: Las láminas son de 0,64cm de grosor y 4,5 cm de ancho



Vista lateral



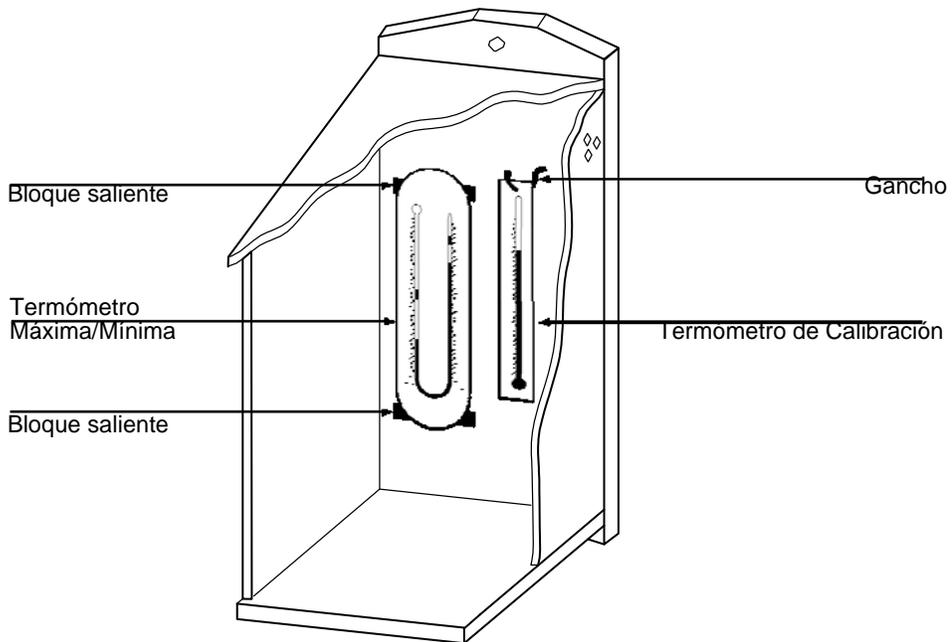
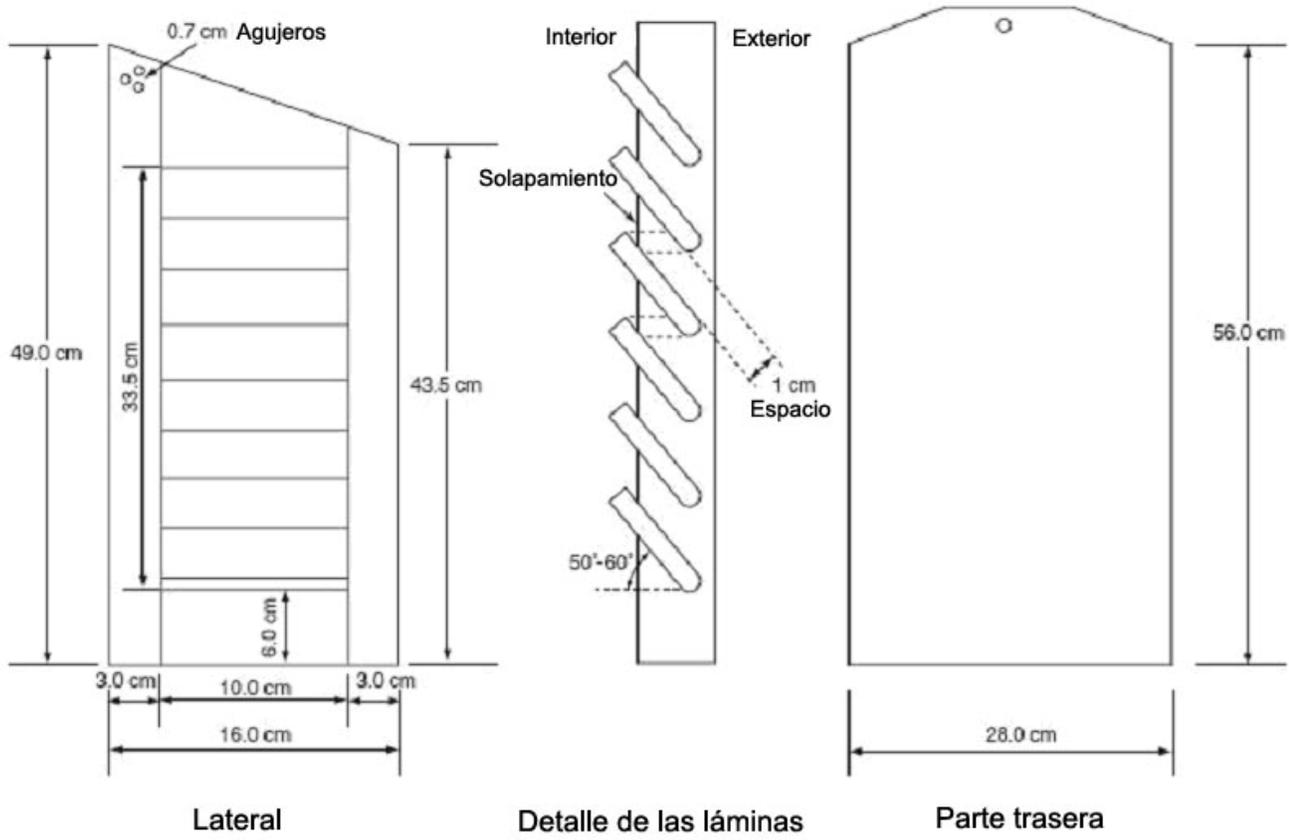
Techo



Base

Dimensión externa incluyendo los paneles de láminas

Figura AT-CI-3

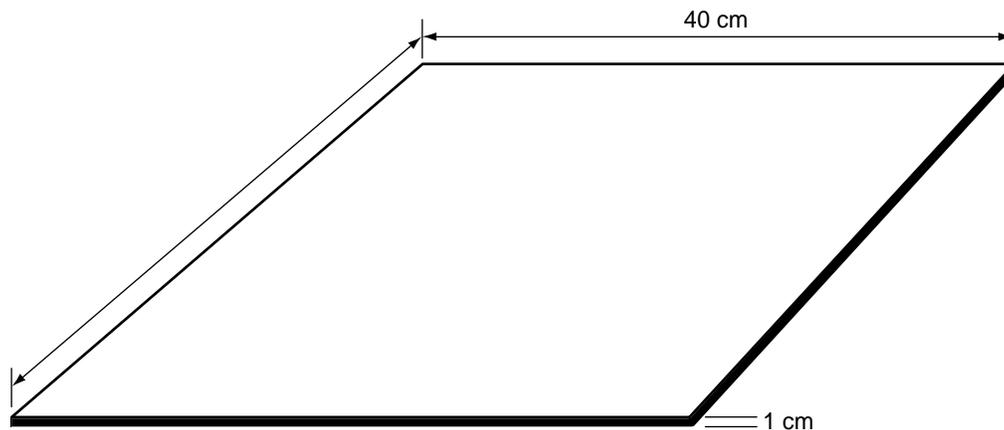


Instrucciones para la Construcción de una Tabla Medidora de Nieve

Una tabla medidora de nieve es una superficie delgada y plana que se coloca sobre capas de nieve pasada o anterior. La nueva nieve cae sobre ella y se puede medir con un metro. La tabla debe hacerse de contrachapado de 1cm de grosor. Debe ser suficientemente ligera como para que la nieve existente soporte su peso. Debe tener un área de al menos 40 cm. por 40 cm. de manera que se pueda

realizar más de una medición de la profundidad de la nieve y se puedan recoger muestras tanto para equivalente en agua de la nieve, como para el pH de la nieve. Se debe pintar la tabla medidora de nieve de color blanco. Se necesitará una bandera para marcar la ubicación de la tabla medidora de nieve, de manera que se pueda localizar tras una nevada.

Figura AT-CI-4: Dimensiones de la tabla medidora de nieve



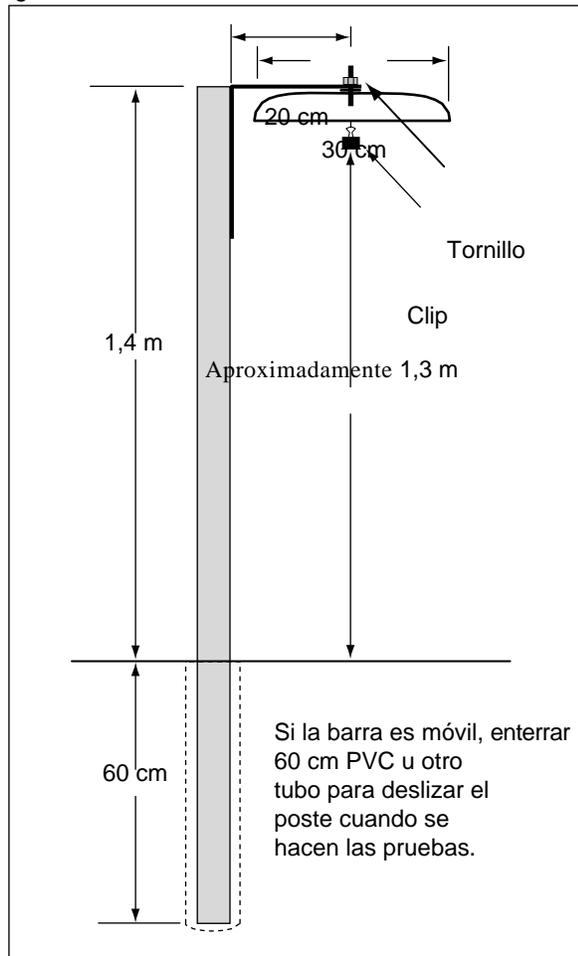
Construyendo la Estación de Medición del Ozono

Materiales

Los materiales necesarios para construir la estación de medición del ozono se pueden adquirir en cualquier ferretería.

- 1 Disco de plástico para una cubierta de techo – 30cm de diámetro (por ejemplo, un frisbee o la tapa de un cubo de plástico)
- 1 Soporte de esquina – 20 cm (8")
- 1 Tornillo de cabeza redonda– 1 cm x 5 cm (3/8" x 2")
- 2 Arandelas de goma – 1 cm (3/8")
- 4 cadenas de eslabones de acero inoxidable de 1 cm (3/8").
- 1 Clip – 3 cm (1 1/4")
- 1 Lata de pintura clara para proteger de la oxidación.
- 1 Barra maciza de 2m (6'8") o un poste de madera tratada.

Figura AT-CI-5



Instrucciones para la Construcción

1. Pintar todas las piezas de metal con la pintura resistente al óxido.
2. Colocar una arandela en el tornillo.
3. Colocar un disco de plástico de 30 cm. en lo alto del tornillo con la cara convexa hacia arriba (de manera que el agua de lluvia caiga).
4. Colocar el tornillo a través del agujero perforado en el soporte de esquina. Poner la segunda arandela y asegurarla con una tuerca.
5. Sujetar el otro extremo del soporte a una barra o un poste de 2 metros y colocar 60 cm. de forma segura en el suelo o sujetarlo a un poste móvil que quepa en una pieza de PVC de 60 cm. de largo u otro tubo enterrado en el suelo. Ver Figura AT-CI-5.

Construyendo la Cadena con el Clip

1. Utilizar unos alicates para abrir un eslabón de un extremo de la cadena e introducirlo en el tornillo, luego utilizar una vez más los alicates para cerrar el eslabón abierto.
2. Abrir el eslabón del extremo opuesto de la cadena y unirlo a un asa de la pinza clip de 3 cm. (1 1/4"). Cerrar el eslabón de forma segura.
3. Cuando esté listo para exponer la tira de ozono, colóquela en el clip.

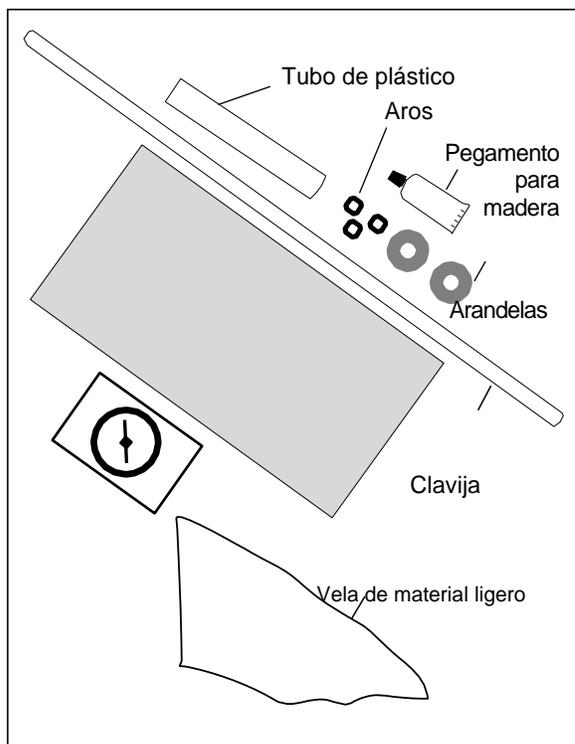
La estación de medición del ozono está diseñada para proteger de la lluvia y de la nieve la tira de medición del ozono. La cadena con la tira química debe ser suficientemente larga como para permitir que la tira de medición del ozono cuelgue al aire libre bajo el disco de plástico, y suficientemente corta como para evitar que el viento pueda hacer que la tira se balancee fuera del disco de plástico que sirve como techo.

Construyendo una Veleta

Materiales

- 1 Un trozo de madera de pino de unos 5cm x 15 cm. x 60 cm. de base
- 1 Poste
- 3 Aros – para ajustar perfectamente en la clavija.
- 2 Arandelas anchas planas – con el diámetro interno de la clavija
- 1 Trozo de tubo de plástico de 15cm
- 1 Paquete de letras y números o pintura
- 1 Brújula
- 1 Un trozo de un material muy ligero (nylon, plástico, etc.) para hacer correctamente el triángulo de la vela (de unos 15cm x 25cm)
- 2 Trozos de hilo dental encerado o hilo de nylon para atar la vela.
- 1 Taladradora – para hacer el agujero para la clavija
- 1 Un trozo de velcro autoadhesivo de 15cm
- 1 Un bote de pegamento para madera

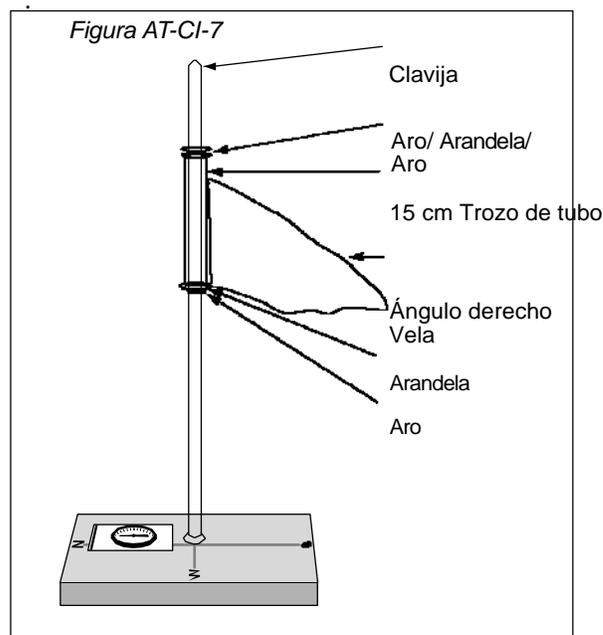
Figura AT-CI-6



Instrucciones para la Construcción

1. Dibujar líneas desde el centro de la madera (una que vaya desde un extremo a otro y otra de lado a lado) y poner letras en la cuadrícula N, S, E y W.
2. Hacer un agujero del mismo diámetro que el poste, atravesando casi todo el bloque de madera.
3. Cortar el poste hasta 60cm de longitud y lijar ligeramente ambos extremos.
4. Pegar un extremo del poste al agujero.
5. Colocar un aro aproximadamente a 25cm de la parte más alta del poste.
6. Colocar una arandela ancha plana en lo alto del aro.
7. Colocar un trozo de 15 cm. de un tubo de plástico sobre la arandela plana.
8. Colocar un segundo aro de 0,5cm sobre el tubo.
9. Colocar una arandela sobre el aro y la tercera arandela sobre la arandela.
10. Cortar la vela correctamente y unirla al tubo con el hilo de nylon o con el hilo dental encerado.
11. Poner velcro en la madera y en la parte trasera de la brújula y alinear el Norte de la brújula con el Norte de la línea del bloque de madera. (El Norte de la madera debería coincidir con el Norte verdadero y no con el Norte magnético, así que hay que asegurarse de ajustar la declinación magnética). Se puede consultar la sección de *Investigación con el GPS* para tener ayuda en esto.

Figura AT-CI-7





Preguntas frecuentes

1. ¿Debe tener láminas la caseta meteorológica?

Es importante que el aire pueda entrar y salir libremente de la caseta meteorológica para que el termómetro mida la temperatura ambiente del aire. Las láminas de la caseta meteorológica permiten que el aire se mueva a través de la caseta meteorológica, pero también ayudan a mantener fuera la lluvia, la nieve y la suciedad del viento. Hacer únicamente agujeros en las paredes de la caseta permitirá que entre más lluvia o nieve que con las láminas. Por lo tanto, sí es importante que la caseta meteorológica tenga láminas. Para más información sobre las características de la caseta meteorológica, ver la Actividad de Aprendizaje *Estudiando la Caseta Meteorológica*.

2. ¿Por qué debe ser blanca la caseta meteorológica?

El papel de la caseta meteorológica es proteger los termómetros de la luz solar directa, así como de la precipitación y de la suciedad del viento. Sin embargo, se pretende asegurar que la caseta meteorológica en sí misma no afecte a la temperatura del aire que se está midiendo. Por tanto, se pretende que la temperatura del aire dentro de la caseta sea la misma que fuera de la caseta. Esto supone que la caseta no debe absorber mucha luz solar y calentarse más que sus alrededores. Al ser la caseta blanca, la mayor parte de la luz solar será reflejada. Para más información sobre las características de la caseta meteorológica, ver la Actividad de Aprendizaje *Estudiando la Caseta Meteorológica*.

3. ¿Debe ser nuestra tabla de medición de nieve de contrachapado?

El contrachapado es mejor, pero se pueden utilizar otras maderas ligeras. El metal no es apropiado porque se calienta demasiado bajo la luz solar y puede derretir la nieve inicial de un día de nevada. La clave es que la tabla medidora de nieve sea suficientemente ligera como para poder colocarse sobre la superficie de la nieve y no hundirse en ella.

Selección del Sitio y Configuración

Elegir la ubicación del sitio de estudio de Atmósfera y montar correctamente el pluviómetro, la caseta meteorológica y la estación de medición de ozono es crítico para la realización de esta investigación con éxito. Las mediciones de atmósfera se realizan frecuentemente, de manera que el alumnado debe poder ir al sitio y volver en el mínimo tiempo posible.

El sitio ideal para realizar las mediciones atmosféricas es abierto, lejos de árboles, edificios y otras estructuras. El área abierta hace que nada interfiera en la precipitación creando sombras de lluvia o nieve, el aire contacta libremente con los instrumentos, el calor de los edificios no afecta significativamente a los datos, y se puede observar la mayor parte del cielo. Al elegir el sitio, se requiere cierto equilibrio entre lo ideal para las observaciones científicas y las limitaciones logísticas del centro escolar y sus alrededores. La clave para asegurar la validez de los datos es documentar la naturaleza del sitio de estudio de atmósfera y sus alrededores.

La Figura AT-CI-9 muestra el sitio ideal. Árboles, edificios y otras estructuras están todos al menos cuatro veces más lejos que su altura. Por ejemplo, si tu sitio está rodeado de árboles que son de 10 metros de alto, coloque los instrumentos al menos a 40 metros de estos árboles. A estas distancias, árboles, arbustos o edificios pueden frenar el viento y hacer que las medidas de lluvia y nieve sean más precisas.

Observaciones de nubes, estelas y aerosoles

Las mediciones de la cantidad de nubes y de estelas de condensación, del tipo de nubes y de los aerosoles, requieren una visión sin obstáculos del cielo, pero no requieren la instalación de ningún equipamiento. El centro de un campo de deportes es una ubicación excelente. El lugar donde se realicen las mediciones de nubes, estelas de condensación y aerosoles no debe tener la misma localización que el pluviómetro, el higrómetro, la estación de medición de ozono y la caseta meteorológica. Si se elige realizar las observaciones de nubes, estelas y aerosoles desde un sitio distinto ubicado a más de 100m. de la caseta, definir dos sitios de estudio de Atmósfera y enviar los datos de los diferentes protocolos de forma separada. Para seleccionar un buen lugar desde el cual realizar estas mediciones, simplemente camine alrededor del centro escolar

hasta encontrar un área desde donde se tenga una visión menos obstaculizada del cielo. Si vive en una ciudad, es posible que no logreencontrar una visión completa del cielo sin obstáculos. Elegir el lugar más abierto posible.

Para lugares con obstáculos importantes, tales como árboles altos o grandes edificios que impiden una visión entera del cielo, será útil realizar tres observaciones de cobertura de nubes y de estelas de condensación, espaciadas 5 minutos. En estas situaciones, enviar a GLOBE la media de cobertura de nubes y de estelas de condensación y todos los tipos de nubes observados, mejor que una simple observación.

Precipitación, Humedad Relativa, Temperatura, y Ubicación del Medidor de Ozono

La ubicación ideal tanto para el pluviómetro (y/o la tabla medidora de nieve) como para la caseta meteorológica, que albergará los termómetros y el higrómetro digital, es un área llana y abierta, con una superficie natural (por ejemplo, cubierta de hierba). Evitar los tejados de los edificios y las superficies pavimentadas o de hormigón si es posible, debido a que se pueden calentar más que la superficie de hierba y pueden afectar a las lecturas de los instrumentos. Las superficies duras pueden causar errores en las mediciones de precipitación debido a las salpicaduras. También evitar colocar los instrumentos en cuestas empinadas o en depresiones protegidas, a menos que el terreno sea así en el área de alrededor.

Las mediciones de humedad del suelo y la temperatura tienen más valor para los científicos y son más útiles en proyectos de investigación de los alumnos si se dispone de datos de precipitación y de temperatura del aire de un lugar que se encuentre a menos de 100 metros del sitio de estudio de Humedad del Suelo y Temperatura del Suelo. Estas mediciones del suelo requieren cavar, colocar los instrumentos en el suelo, tomar muestras de suelo, y colocar los geotermómetros en el suelo. Si es posible que el centro escolar realice estas mediciones de suelo, incluso si no se va a realizar más durante varios años, se deben cumplir los requisitos de los *Protocolos Humedad del Suelo y Temperatura del Suelo* que se proporcionan en la *Investigación del Suelo*.

Ubicación del Pluviómetro

Dado que el viento es una de las principales causas de error en las mediciones del pluviómetro, la mejor ubicación para el pluviómetro es en un poste tan cercano al suelo como sea práctico. El viento que sopla en la parte superior del pluviómetro crea un efecto que provoca que las gotas de lluvia se dispersen alrededor del pluviómetro. Dado que la velocidad del viento aumenta generalmente con la altura sobre el suelo, cuanto más bajo esté el pluviómetro menor será el efecto que tenga el viento sobre él. En la Figura AT-CI-8, se aprecia que la caseta meteorológica y el pluviómetro están colocados en postes separados. La parte superior del pluviómetro se encuentra unos 0.5 metros sobre el suelo y está a 4.0 metros de la caseta meteorológica, de manera que la caseta no bloquee la lluvia a recoger por el pluviómetro. Si no es práctico colocar el pluviómetro y la caseta meteorológica en postes separados, se pueden montar en un poste único, con el pluviómetro colocado en el lado opuesto de la caseta. Independientemente de si el pluviómetro comparte el poste con la caseta meteorológica o si se monta en su propio poste, hay que asegurarse de que la parte superior del pluviómetro esté 10cm. por encima de la parte superior del poste, para evitar la salpicadura de la lluvia procedente del poste. Si es posible, cortar la parte superior del poste con un ángulo de 45° con la pendiente orientada fuera del pluviómetro, de manera que las gotas no salpiquen a éste

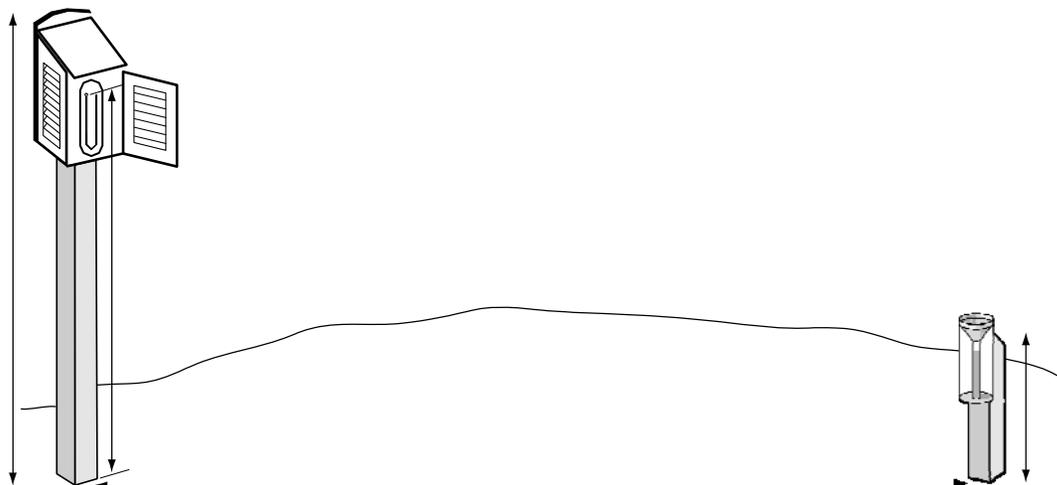
Ubicación de la Tabla Medidora de Nieve

Colocar la tabla medidora de nieve a nivel del suelo donde la profundidad de la nieve represente mejor la media del área. En una ladera, usar una pendiente con una exposición no directa al Sol (esto supone una exposición norte en el Hemisferio Norte y exposición sur en el Hemisferio Sur). El sitio tiene que estar libre de árboles, edificios y otras obstrucciones que puedan afectar al flujo del viento o al derretimiento de la nieve. Recordar que tras cada nueva nevada, la tabla medidora de nieve se moverá a una nueva ubicación sin perturbaciones. También recordar colocar una bandera donde se sitúe la tabla medidora de nieve, de manera que se la pueda encontrar tras una nevada.

Ubicación de la Caseta Meteorológica y del Termómetro

La caseta meteorológica se debe montar de manera que el termómetro de máximas-mínimas de su interior esté a 1,5 metros sobre el suelo (o 0,6 metros sobre la profundidad media máxima de la nieve). Esto ayudará a evitar que el calor del suelo afecte a la lectura de la temperatura. La caseta meteorológica debería ubicarse en la cara del poste que no mira hacia el ecuador. Es decir, la caseta meteorológica debería colocarse en la cara norte del poste en el Hemisferio Norte, y hacia el sur sur en el

Figura AT-CI-8



en el Hemisferio Sur. Esta ubicación ayuda a proteger el termómetro de la luz solar directa cuando se abre la puerta de la caseta.

El poste en el que se coloca la caseta meteorológica debe sujetarse al suelo tan firmemente como sea posible. Esto minimizará las vibraciones causadas por el viento que pueden provocar que los indicadores del termómetro de máximas/mínimas se muevan. Es habitual cerrar con llave la caseta meteorológica para evitar la manipulación del termómetro entre lecturas.

La caseta protege el termómetro de la radiación solar, del cielo, del suelo y de los objetos de alrededor, pero permite que pase aire, de manera que la temperatura en el interior de la caseta sea igual que la temperatura del aire. Colocar el termómetro de máxima/mínimas en la caseta de manera que haya un flujo de aire alrededor del termómetro. Esto se logra generalmente utilizando bloques o espaciadores entre el termómetro y la pared trasera de la caseta. Ver la Figura AT- CI-3. Ninguna parte del termómetro debería tocar las paredes, el suelo o el techo de la caseta.

La sonda del termómetro digital multi-día de máximas/mínimas debería estar colgada dentro de la caseta y no tocar las paredes. La unidad de las lecturas debe colocarse en la pared trasera.

Estación de Medición del Ozono

La estación de medición se monta en un poste permanente y se ubica en un área abierta para permitir que el aire corra libremente alrededor de la tira química. Debería localizarse cerca de la caseta meteorológica para permitir que los alumnos tomen los datos de temperatura actual necesarios, fácilmente. Así, la estación de medición del ozono es parte del sitio de estudio de atmósfera.

La cuerda que sujeta la tira química de prueba debería sujetarse a un poste largo de madera de unos 5cm de diámetro y 2 metros de longitud. Al introducirse unos 60cm. del poste en el suelo, la parte superior de la estación estará a 1,4 metros sobre el suelo dejando la tira química a unos 1,3 metros sobre él.

Esto dejará el clip que sujeta la tira de ozono a una buena altura para los alumnos. El poste debe ser más corto para colocar la estación de seguimiento a una altura apropiada para los alumnos más jóvenes; de lo contrario, ellos pueden subirse al mismo taburete utilizado para poner sus ojos a nivel con el termómetro de máximas/mínimas en la caseta meteorológica. El disco de plástico protege la tira químicamente sensible de la lluvia ligera o de la nieve.

Seguridad de los Instrumentos

Algunos centros escolares han informado sobre problemas de vandalismo en sus sitios de estudio GLOBE, principalmente con el pluviómetro y la caseta meteorológica. Cada centro escolar debe decidir qué medidas de seguridad le funcionan mejor. Algunos centros escolares colocan su caseta meteorológica en un lugar destacado donde todo el mundo pueda verla y vigilarla.

Otros centros colocan mallas alrededor de sus sitios de atmósfera. Esto es perfectamente aceptable, siempre que la malla no interfiera de ninguna manera con los instrumentos. Esto supone que el espacio enmallado debe ser suficientemente grande como para que el pluviómetro quede completamente libre de obstrucciones. Un espacio enmallado no debería tener tejado de ningún tipo, ya que interferiría con las mediciones de precipitación. Si no hay ningún área segura en los alrededores del centro escolar donde se puedan dejar fuera los instrumentos de manera segura durante largos períodos de tiempo, hay protocolos GLOBE alternativos que se pueden usar para medir la temperatura actual, y la estación de medición del ozono podría ser portátil.

Documentación del Sitio de Estudio de Atmósfera

Para comenzar a enviar las mediciones de atmósfera a GLOBE, se debe definir el sitio de estudio de atmósfera en el sistema de datos GLOBE. Para permitir al alumnado un comienzo rápido, se debe definir inicialmente el sitio dándole un nombre y asignándole las coordenadas del centro escolar. Posteriormente, cuando se hayan medido la latitud, la longitud y la altitud con el receptor GPS, se puede editar la definición del sitio de estudio para aportar esta información. Hay otras muchas características del sitio de estudio que pueden ser importantes para varios interesados en los datos. Entre ellas, la altura del pluviómetro, del termómetro de máximas/mínimas, el gancho para la tira de prueba del ozono, la pendiente del sitio y la dirección de la pendiente, así como todo aquello en lo que el sitio de estudio difiera de las condiciones ideales. Todos estos datos se pueden añadir cuando se edita la descripción del sitio.

En muchos centros escolares GLOBE el sitio ideal de atmósfera no existe. A pesar de ello, los científicos pueden utilizar los datos, pero es necesario que se indique de qué manera difiere el sitio de lo ideal. Esta información se llama metadata y se envía como parte de la definición del sitio de estudio de atmósfera. Es importante para los científicos conocer cualquier condición local que pueda afectar a la temperatura en la caseta meteorológica, la cantidad de precipitación que se recoge en el pluviómetro o la nieve acumulada en la tabla medidora de nieve, la posibilidad de que los alumnos vean todo el cielo, etc.

¿Qué Podría Afectar a las Lecturas de Temperatura?

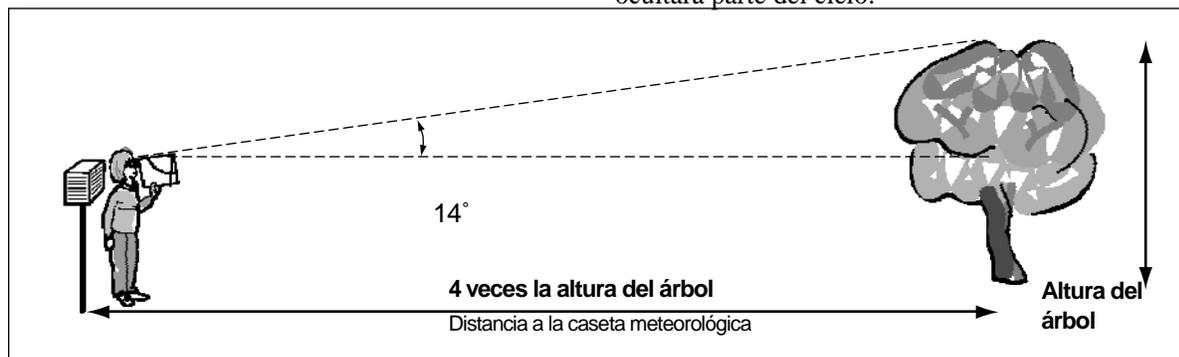
Los edificios, al calentarse y enfriarse, desprenden calor. Si hay un edificio a menos de 10 metros de la caseta meteorológica, se debe anotar en la metadata. Superficies tales como asfalto y ladrillos absorben la luz solar y el calor radiante del aire que los rodea según se calientan. Si la caseta meteorológica se coloca sobre una superficie asfaltada o un tejado, se debe hacer una descripción de esta superficie, incluyendo el material del que está constituida la superficie y su color. La superficie deseable bajo la caseta meteorológica es hierba. Si la superficie de la cobertura natural de la zona es principalmente suelo desnudo porque vive en una región árida o semiárida, también lo debe indicar.

¿Qué Podría Afectar a las Observaciones de Precipitación o de Nubes?

Tanto la cantidad de precipitación recogida, como el porcentaje de cielo que se puede ver, se ven afectados por edificios, árboles, colinas, etc., que rodean el sitio de estudio de atmósfera. Para GLOBE, cualquier obstáculo que se encuentre a una distancia 4 veces mayor a la altura de éste no es un problema. Se debe informar sobre los obstáculos que están más cerca, como parte de la definición del sitio de estudio.

Si se mira la parte superior de un obstáculo a través de un clinómetro y usted se encuentra a una distancia cuatro veces mayor de la altura del obstáculo, el ángulo que máximo que se debe formar es de 14° . Todo obstáculo que forme un ángulo superior a 14° está demasiado cercano, y se debe incluir como parte de la descripción del sitio, a no ser que sea un objeto no sustancial. Por ejemplo, el mástil de una bandera de 7m de altura que esté a 7m que tenga 10cm de diámetro no influirá de manera significativa en las mediciones, mientras que un árbol de 20m de altura a 40m creará una pequeña pantalla contra el viento y ocultará parte del cielo.

Figura AT-CI-9



Documentación del Sitio de Estudio de Atmósfera

Guía de Campo

Actividad

Describir y ubicar el sitio de estudio de atmósfera

Qué se necesita

- Hoja de datos de definición del sitio de Atmósfera
- Receptor GPS
- Guía de campo del Protocolo GPS
- Cinta medidora de 50 metros
- Brújula
- Clinómetro
- Bolígrafo o lapicero
- Cámara de fotos

En el campo

1. Rellenar la información de la parte superior de la *Hoja de datos de definición del sitio de Atmósfera*.
2. Ubicar el sitio de estudio de Atmósfera siguiendo la *Guía de Campo del Protocolo GPS*.
3. Describir todos los obstáculos que rodeen el sitio de estudio. (Un edificio, un árbol, etc., es un obstáculo si cuando al mirar su parte superior con el clinómetro, el ángulo que se forma es $> 14^\circ$.)
4. Describir cualquier edificio o pared que se encuentre a menos de 10 metros del sitio de estudio.
5. Si se ha descrito cualquier árbol o edificio en los pasos 3 ó 4, tomar fotografías de sus alrededores del sitio mirando hacia el Norte, el Este, el Sur y el Oeste. Identifique el número de la imagen con cada fotografía de la *Hoja de definición del sitio de Atmósfera*.
6. Elegir un compañero cuyos ojos queden a la misma altura que los tuyos.
7. Pídales que se coloquen a 5 metros de usted subiendo la colina en la pendiente más pronunciada del sitio de estudio.
8. Mirar a sus ojos con el clinómetro y anotar el ángulo que se forma. Esta es la pendiente del sitio de estudio.
9. Anotar la dirección de la brújula. Si se ha instalado un pluviómetro, una estación de medición del ozono o una caseta meteorológica en el sitio de estudio, siga los siguientes pasos:
10. Medir la altura de la parte superior del pluviómetro sobre el suelo en centímetros.
11. Medir la altura del bulbo del termómetro de máximas-mínimas sobre el suelo en centímetros.
12. Medir la altura de la pinza de la tira ozono sobre el suelo en centímetros.
13. Anotar el tipo de cobertura del suelo que hay bajo la caseta meteorológica.



Preguntas Frecuentes

1. ¿Se puede colocar la caseta meteorológica en un área enmallada?

Se puede, siempre que la malla no bloquee el pluviómetro o provoque que la lluvia salpique dentro de éste.

2. Vivimos en una ciudad en la que no hay una buena área en los alrededores del centro escolar para colocar el pluviómetro y la caseta meteorológica. ¿Podemos colocar estos instrumentos en el tejado del centro escolar?

Aunque no es la mejor ubicación, si la elección es poner los instrumentos en el tejado o no participar en la Investigación de Atmósfera, ponga los instrumentos en el tejado. Sin embargo es importante recordar que esto tiene varias desventajas, tanto para alumnos como para científicos.

- Alguien deberá acceder diariamente al tejado para realizar las lecturas, a no ser que se utilice un equipamiento automatizado.
- El efecto del viento en el pluviómetro, incluso si se trata de un edificio de una única planta, será peor que si estuviera en el suelo.
- Se debe tener cuidado de que las estructuras del tejado no bloqueen el pluviómetro.
- Es probable que el tejado de un edificio sea más cálido que sus alrededores. El calor que desprende el tejado puede afectar a las mediciones de temperatura. Una forma de evitar este efecto es poner algún tipo de material, como hierba artificial o real, bajo la caseta meteorológica.
- Al poner los instrumentos meteorológicos en el tejado, las mediciones no se podrán comparar fácilmente con las de otros centros escolares en los que los instrumentos están en el suelo. Sin embargo, esto no significa que las mediciones no sean útiles. Al final, el centro escolar desarrollará un registro de datos que mostrará si hay cambios en la precipitación o en la temperatura a lo largo del tiempo.

Para las observaciones de nubes y aerosoles, el tejado puede ser una ubicación excelente si el

centro se encuentra entre los edificios más altos de su alrededor. Siempre que no se pueda seguir estrictamente el protocolo por la colocación de los instrumentos, asegúrese de anotar en la descripción del sitio. De esta manera, otros alumnos y científicos que usen los datos serán conscientes de que hay circunstancias especiales.

3. ¿Se puede colocar la caseta meteorológica en un árbol?

Aunque puede parecer un lugar razonable para la caseta, dado que el árbol va a proteger el termómetro del sol y de la precipitación, un árbol NO es un buen lugar para colocar la caseta meteorológica, ya que un árbol es un ser vivo. Esto supone que en el proceso de elaboración de nutrientes y de crecimiento, el árbol desprende calor y humedad que puede afectar la lectura de temperatura. También, un gran árbol puede proporcionar demasiada protección y no permitir que el viento circule libremente por la caseta meteorológica.

4. No podemos encontrar en el recinto del colegio un lugar que se encuentre 4 veces más lejos que la altura del obstáculo más cercano. ¿Qué se debe hacer?

A menudo es difícil encontrar una ubicación IDEAL para los instrumentos de atmósfera en el recinto del centro. Ponga los instrumentos en la mejor localización posible. Recuerde completar la *Hoja de definición del sitio de Atmósfera* y envíe la metadata de su sitio al Archivo de datos GLOBE como parte de la definición del sitio de estudio de Atmósfera.

5. ¿Se puede poner el pluviómetro en el suelo?

Para minimizar los efectos del viento, colocar el pluviómetro a nivel del suelo ayudará a reducir los errores, pero si esto es una buena idea en la práctica o no depende de varios factores. Principalmente, el pluviómetro debe estar estable. No se debe colocar en una superficie en la que pueda ser volcado por el viento o accidentalmente. Por ello, si se quiere colocar a nivel del suelo, se debe estar seguro de que está firmemente fijado a un poste que permitirá mantenerlo en pie. Otra consideración es el tipo de superficie sobre la que se está colocando el pluviómetro. Una superficie dura, como cemento o asfalto, puede incrementar el riesgo de que la lluvia salpique en el pluviómetro. En este caso, sería mejor que la parte superior del pluviómetro se encontrara a 50cm sobre el suelo. Sin embargo, si la superficie es una superficie natural porosa,

el pluviómetro se puede colocar muy cerca del suelo con poco problema de salpicaduras.

6. No tenemos pluviómetro. ¿Podemos utilizar una botella de refresco u otro tipo de recipiente?

El problema de utilizar un recipiente que no sea un pluviómetro fabricado que cumpla las especificaciones de GLOBE es obtener mediciones precisas que sean comparables con otros datos. Las mediciones precisas de precipitación suponen más que únicamente colocar una regla en un recipiente y medir la profundidad del agua de lluvia. Además, la mayoría de los recipientes no son rectos, lo que dificulta la obtención de mediciones sistemáticas. Todas estas dificultades indican que el mejor recipiente posible para medir la precipitación es un pluviómetro que cumpla las especificaciones de GLOBE.

Si se utiliza algo diferente a un pluviómetro oficial, se debe indicar como parte de la definición del sitio de estudio de atmósfera.

El primer requisito de un pluviómetro casero es que la boca receptora sea redonda, esté nivelado cuando se monte y su diámetro cumpla los requisitos de GLOBE. Se debe seguir un procedimiento especial para obtener la cantidad de la lluvia que ha caído. Medir el diámetro de la boca receptora del recipiente en centímetros. Después de haberse acumulado lluvia en el medidor, verter en una probeta de 100 ml. de las que se usan en los protocolos de hidrología y suelos. Medir el volumen de lluvia recogido en ml (que equivale a centímetros cúbicos). Si se han acumulado más de 100 ml de lluvia, llene la probeta hasta la marca de 100 ml, vacíelo en un recipiente limpio y vuelva a llenar la probeta

los

volúmenes obtenidos para obtener el volumen total. La cantidad de precipitación se calcula como se muestra en el cuadro de abajo.

Redondear el valor a la décima de milímetro más próxima. Hay que asegurarse de utilizar un recipiente que no altere el pH de la lluvia y utilizar una probeta limpia para medir el volumen.

7. ¿Por qué la caseta meteorológica no debe estar orientada al sur?

Cuando se sale fuera en un día soleado, es evidente rápidamente que se siente más calor al sol que a la sombra. En las mediciones de temperatura de GLOBE se quiere medir la temperatura del aire, evitando la influencia directa del sol. Para obtener una medición precisa de la temperatura del aire, es necesario asegurarse de que el termómetro está protegido de la luz solar directa. Esto supone que en el Hemisferio Norte la caseta meteorológica debe estar orientada hacia el norte, y en el hemisferio sur debe estar orientada hacia el sur. De esta manera, la luz solar no incidirá directamente sobre los instrumentos de la caseta cuando se abra la puerta para tomar una medida.

8. Colocar la caseta meteorológica de manera que el termómetro de máximas-mínimas esté a 1,5 m. del suelo dificulta la lectura al alumnado más joven. ¿Se puede colocar más cerca del suelo?

De la misma manera que colocar la caseta meteorológica demasiado cerca de un edificio o de un árbol puede afectar a las lecturas de temperatura, colocar la caseta meteorológica demasiado cerca del suelo puede también afectarlas. Según se calienta el suelo durante el día, va emitiendo más energía. Colocando la

$$\text{Radio de la boca del pluviómetro (cm)} = \frac{\text{Diámetro de la boca del pluviómetro (cm)}}{2}$$

$$\text{Área de la boca del pluviómetro (cm}^2\text{)} = \pi \times [\text{Radio de la boca del pluviómetro (cm)}]^2$$

$$\text{Cantidad de precipitación (mm)} = 10 \frac{\text{mm}}{\text{cm}} \times \frac{\text{Volumen de precipitación (ml o cm}^3\text{)}}{\text{Área del pluviómetro (cm}^2\text{)}}$$

caseta meteorológica a unos 1,5 metros del suelo, el calor del suelo se puede disipar a la atmósfera, de manera que se mida temperatura del aire y no la temperatura del suelo. Para el alumnado más bajo se puede utilizar un taburete macizo o una escalera que les permitirá tener sus ojos a nivel con el termómetro para leerlo de manera precisa.

9. Las montañas que rodean nuestro centro escolar bloquean parcialmente nuestra visión del cielo. ¿Qué se debe hacer?

En algunos casos, los centros escolares en laderas de montañas o en valles pueden tener montañas o colinas que bloqueen al menos parte del horizonte. Considere a las colinas o montañas de alrededor como obstáculos y descríbalos en la metadata. Utiliza un clinómetro para medir el ángulo cuando mire la cima de las montañas o las divisorias e inclúyalas en la descripción. En esta situación, recuerde también que el mediodía solar local es la hora a la que el sol está en el punto más alto del cielo que alcanzará ese día. La hora del anochecer y amanecer aparente puede verse afectada por el terreno de alrededor y, por ello, no se puede simplemente calcular la media de las horas del amanecer y anochecer local que se observan para calcular el mediodía solar local.

10. Las condiciones en el sitio de estudio de atmósfera han cambiado; ¿qué se debería hacer?

Se deben enviar las nuevas condiciones a GLOBE utilizando la función “editar un sitio de estudio”. Asegúrese de elegir la opción indicando que está enviando un cambio y no proporcionando datos que faltaban o corrigiendo datos. Es importante que la fecha de la información sea el primer día en el que las condiciones han cambiado o el día en el que se observó el cambio por primera vez. La metadata que se introducen se asociará con todos los datos enviados para este sitio comenzando en esta fecha.

11. No tenemos acceso a un receptor GPS para definir la localización del sitio de estudio de atmósfera. ¿Qué se debe hacer?

Se debe definir el sitio de estudio de atmósfera y elegir como coordenadas las del centro escolar. Más adelante, cuando se disponga de un receptor GPS, se utilizará para medir la latitud, la longitud y la altitud del sitio y se enviarán estos datos a GLOBE, editando la definición del sitio de estudio. La información sobre obstáculos, las alturas de varios instrumentos, etc., también se pueden enviar después de que la toma de datos y su envío hayan comenzado, editando la definición del sitio de estudio.

Protocolos de Nubes



Objetivo General

Observar el tipo y la cobertura de nubes, incluyendo las estelas de condensación.

Visión General

El alumnado observa cuáles de los diez tipos de nubes y de los tres tipos de estelas de condensación se ven en su cielo y qué porcentaje de éste está cubierto por nubes y el porcentaje que está cubierto por estelas de condensación.

Objetivos Didácticos

Aprender a hacer cálculos a partir de las observaciones y a clasificar las nubes a partir de su descripción general.

El alumnado aprende los conceptos meteorológicos de altura de las nubes, tipos y cobertura de nubes, y aprenden los diez tipos básicos de nubes.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El tiempo puede describirse a partir de observaciones cualitativas.

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

El tiempo varía a escala espacial local, regional y global.

Las nubes se forman por la condensación del vapor de agua en la atmósfera.

Las nubes influyen en el tiempo y en el clima.

La atmósfera tiene diferentes propiedades a diferentes altitudes.

El vapor de agua pasa a la atmósfera a partir de la evaporación desde la superficie terrestre y de la transpiración de las plantas.

Ciencias físicas

La materia existe en diferentes estados – sólido, líquido y gaseoso.

Geografía

La naturaleza y la cantidad de cobertura de nubes influyen en las características del sistema físico geográfico.

Habilidades de investigación científica

Utilizar una carta de nubes para clasificar las nubes.

Estimar la cobertura de nubes.

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar las matemáticas adecuadas para analizar los datos

Desarrollar descripciones y explicaciones usando la evidencia.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos, explicaciones y previsiones.

Tiempo

10 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

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

Como apoyo a las mediciones de ozono y aerosoles.

A la hora de paso de un satélite.

Otras horas también son posibles.

Materiales y Herramientas

Hoja de datos de investigación de la atmósfera u

Hoja de datos de nubes

Carta de nubes GLOBE

Observando el tipo de nubes (en el Apéndice)

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolos de Nubes— Introducción

Nubes y Atmósfera

El agua en el ambiente puede estar en estado sólido (hielo y nieve), líquido o gaseoso (vapor de agua). Según se desplaza de un sitio a otro, el agua se puede fundir, evaporar o condensar. Estos cambios ocurren según el agua se va calentando o enfriando.

El agua en la atmósfera existe en las tres fases (sólido, líquido, gaseoso) y cambia de fase dependiendo de la temperatura y de la presión. Al igual que la mayoría del resto de gases que componen la atmósfera, el vapor de agua es invisible para el ojo humano. Sin embargo, a diferencia de la mayoría del resto de gases de la atmósfera, bajo determinadas condiciones el vapor de agua puede pasar de gas a partículas sólidas o gotas líquidas. Si las temperaturas están por encima del punto de congelación, el vapor de agua se condensa en gotitas de agua. Si están por debajo, como siempre están en la alta atmósfera, se pueden formar pequeños cristales. Cuando hay un gran número de gotitas de agua o de cristales de hielo se forman las nubes que vemos. Así, las nubes nos informan sobre la temperatura del aire y del agua en el cielo. También influyen en la cantidad de luz solar que llega al suelo y en lo lejos que podemos ver.

En la troposfera, la capa más baja de la atmósfera, la temperatura disminuye con el aumento de altitud. Dado que los cristales de hielo se forman a grandes altitudes, a menudo son transportados lejos de la región en la que se formaron por los fuertes vientos de las corrientes de chorro. A lo largo de este proceso de formación y movimiento, los cristales de hielo a menudo se fusionan formando cristales más grandes y después comienzan a caer. Estos cristales que caen o son transportados por el viento crean vetas que nosotros vemos como nubes tenues. Estas vetas son a menudo curvadas por el viento, que puede soplar a diferentes velocidades a diferentes altitudes.

Otros tipos de nubes son también transportadas por el viento. Las corrientes ascendentes ayudan a la formación de nubes muy altas; las corrientes descendentes tienden a crear espacios despejados entre las nubes. Los vientos horizontales mueven las nubes de un lugar a otro. Las nubes que se forman sobre lagos y océanos son transportadas hacia la tierra seca, llevando precipitación. Los fuertes vientos en las capas altas de la atmósfera algunas veces desplazan las partes más altas de las nubes creando formas de yunque o transportando cristales de hielo lejos en la dirección del viento hasta zonas despejadas.

Los cristales de hielo y las gotas de agua dispersan la luz de manera diferente. Las nubes densas absorben más luz solar que las poco densas. Los tipos de nubes, las fases del agua y la cantidad de nubes, hielo y gotas de lluvia influyen en la cantidad de luz solar que atraviesa la atmósfera y calienta la superficie de la Tierra. Las nubes también pueden influir en la facilidad con la que el calor desprendido por la superficie de la Tierra puede escapar de la atmósfera de vuelta al espacio.

Observando las nubes podemos obtener información sobre la temperatura, la humedad y las condiciones del viento en diferentes lugares de la atmósfera. Esta información ayuda en el pronóstico del tiempo. Las observaciones de nubes también nos ayudan a comprender cuánta luz solar está alcanzando el suelo y la facilidad con la que puede escapar el calor del suelo y de la baja atmósfera, y esta información es importante en la comprensión del clima.

Nubes y Tiempo

Los tipos de nubes que se ven a menudo dependen de las condiciones que se estén experimentando o que pronto se experimentarán. Algunas nubes se forman sólo cuando hay buen tiempo, mientras otras traen chubascos o tormentas. Los tipos de nubes presentes proporcionan una información importante sobre el movimiento vertical a diferentes alturas en la atmósfera. Prestando atención a las nubes ¡pronto serás capaz de utilizar la formación en nubes para pronosticar el tiempo!

Los tipos de nubes pueden indicar una tendencia en el patrón del tiempo. Por ejemplo, los altocúmulos son generalmente el primer indicador de que se pueden producir chubascos a lo largo del día. En latitudes medias, se puede observar el avance de un frente cálido viendo cambiar el tipo de nube de cirro a cirroestrato. Después, según se aproxima el frente, las nubes se hacen más densas y más bajas, convirtiéndose en altostratos. Cuando la precipitación comienza, las nubes altostratos se convierten en nimboestratos, inmediatamente antes de que llegue el frente.

Los tipos de nubes son un importante indicador de los procesos que se producen en la atmósfera. Las nubes indican que el aire húmedo está ascendiendo, y sólo se puede producir precipitación cuando esto ocurre. Las nubes generalmente son la primera señal de que se aproxima mal tiempo, aunque no todas las nubes están vinculadas a mal tiempo.

Nubes y Clima

Las nubes desempeñan un importante papel en el clima. Son la fuente de precipitaciones, influyen en la cantidad de energía procedente del sol que llega a la superficie de la Tierra y aíslan a la superficie de la Tierra y la baja atmósfera.

A cualquier hora aproximadamente la mitad de la superficie terrestre está cubierta de nubes. Las nubes reflejan parte de la luz solar hacia el exterior de la Tierra, manteniendo el planeta más frío de lo que estaría. Al mismo tiempo, las nubes absorben parte de la energía calorífica desprendida por la superficie terrestre y devuelven parte de este calor al suelo, manteniendo la superficie de la Tierra más caliente de lo que estaría. Los datos tomados desde satélites muestran que, como media, el efecto de enfriamiento causado por las nubes es mayor que el efecto de calentamiento. Los científicos calculan que si nunca se formaran nubes en la atmósfera terrestre, nuestro planeta estaría unos 20°C más caliente como media.

Las condiciones de la Tierra influyen en la cantidad y tipos de que nubes que se forman. Esto ayuda a conformar el clima local. Por ejemplo, en los bosques tropicales, los árboles liberan grandes cantidades de vapor de agua. El calentamiento diario provoca el ascenso del aire, se forman las nubes y se producen intensas precipitaciones. Unos tres cuartos del agua en los bosques tropicales se recicla de esta manera y la cobertura de nubes es casi total durante la mayor parte del año. Por el contrario, en un desierto no hay fuente superficial de humedad, y generalmente el cielo está despejado. En estas condiciones se produce un mayor calentamiento por la luz del Sol y las temperaturas máximas son superiores. En ambos casos, el clima local – precipitación y temperatura – está ligado a las nubes.

Las actividades humanas también influyen en la formación de nubes. Un ejemplo claro y evidente son las estelas de condensación. Estas son nubes lineales que se forman cuando un avión atraviesa una parte de la atmósfera que tiene las condiciones apropiadas de humedad y temperatura. Los gases emitidos por el avión también contienen algo de vapor de agua, así como pequeñas partículas – aerosoles- que proporcionan núcleos de condensación para la formación de cristales de hielo. En algunos lugares, el tráfico aéreo está provocando un cambio apreciable en la nubosidad, lo que puede influir tanto en el tiempo como en el clima.

¿Cómo influiría en la formación de nubes un aumento de la temperatura media de la superficie de la Tierra? Si el agua de océanos y lagos se calienta, se evaporaría más agua. Esto incrementaría la cantidad total de agua en la atmósfera y la cobertura de nubes, pero ¿qué tipo de nubes se formarían? ¿Se produciría un aumento de nubes altas o bajas? Todas las nubes reflejan la luz solar, contribuyendo a enfriar la superficie de la Tierra, pero las nubes altas devuelven menos calor al espacio y, por ello, contribuyen a calentar más la superficie que las nubes bajas. Por ello, los cambios en las temperaturas de la superficie podrían estar relacionados con la formación de las nubes.

Muchas fuentes oficiales de observación meteorológica están utilizando equipos automatizados para observar las nubes. Estos sistemas de mediciones automatizadas no realizan observaciones del tipo de nubes. Esto hace que las observaciones de las nubes del alumnado GLOBE y otros observadores meteorológicos amateur sean las únicas fuentes de datos.

Desde 1960, los científicos también han utilizado los satélites para observar las nubes. Estas observaciones comenzaron con simples imágenes de nubes, pero se están incorporando técnicas más avanzadas. Los científicos están trabajando para desarrollar métodos automatizados para inferir los tipos de nubes a partir de las imágenes de satélite en el visible e infrarrojo. Esta tarea es difícil, y se necesitan observaciones desde tierra para su comparación. La detección de estelas de condensación desde el espacio es especialmente difícil, dado que muchas estelas son demasiado estrechas para poder verse en imágenes de satélite. Las observaciones del tipo de nubes del alumnado GLOBE son una fuente importante para estas observaciones desde tierra.

Apoyo al Profesorado

Todo el mundo observa las nubes. Los niños y niñas a menudo las miran e imaginan que ven formas de varios objetos en el cielo. En GLOBE, el alumnado cambiará lo que busca en el cielo por propiedades específicas, científicamente significativas – tipo de nubes y cobertura. Un buen hábito a desarrollar es mirar al cielo cada vez que se salga al aire libre. Preste atención a lo que está sucediendo en la atmósfera. ¡Le puede sorprender todo lo que ocurre! El alumnado realiza las observaciones de las nubes con sus ojos. El único material que necesitan es la carta de nubes de GLOBE, de manera que estos protocolos son fáciles de poner en marcha, pero identificar la cobertura y tipo de nubes es una habilidad. El alumnado mejorará con la práctica; cuanto mayor sea la frecuencia con que se realizan las observaciones de las nubes, más seguros sentirán con estas mediciones, y mayor será la calidad de los datos.

Al utilizar estaciones meteorológicas automatizadas que sólo disponen de instrumentos capaces de visualizar nubes a altitudes entre 3.000 y 4.000 metros, muchas nubes medias y altas, incluyendo las estelas de condensación, no se observan. Las observaciones de nubes de GLOBE proporcionarán un conjunto de datos útiles, continuando las observaciones visuales que se han recogido a lo largo de unos 100 años y están siendo sustituidas por observaciones automatizadas. Algunas preguntas para ayudar al alumnado a elegir el mejor sitio para realizar las mediciones serían:

¿Desde qué lugar del recinto del centro se podrían ver más nubes? ¿Desde dónde se verían menos?

Pida al alumnado que haga un mapa del recinto del centro. El alumnado más joven puede simplemente esbozar las características principales, tales como el o los edificios del centro, los aparcamientos, los patios de recreo, etc. Los alumnos mayores podrían añadir más detalles, relacionados por ejemplo a la superficie del patio de recreo, (, asfaltada, cubierta de hierba, o suelo desnudo). Pídales que indiquen cualquier arroyo o laguna, y las áreas con árboles. Podrían medir qué proporción del cielo está oculta por edificios y árboles usando el clinómetro y otras técnicas proporcionadas en *Documentación del Sitio de Atmósfera*. El objetivo es tener una imagen del recinto del centro, de manera que los alumnos comprendan por qué se eligió el sitio para las observaciones de nubes. Cada año, un nuevo

grupo de alumnos puede repetir la realización de este mapa con esta finalidad.

Consejos para Realizar las Mediciones **Cobertura de Nubes**

El cálculo de cobertura de nubes es subjetivo, pero importante. Los meteorólogos y climatólogos deben tener observaciones precisas de cobertura de nubes para calcular correctamente la cantidad de radiación solar que es reflejada o absorbida antes de que la luz solar llegue a la superficie de la Tierra, y la cantidad de radiación que emite la superficie de la Tierra y la baja atmósfera que es reflejada o absorbida antes de que pueda escapar al espacio.

Como se deduce a partir de la actividad de aprendizaje *Estimación de la Cobertura de Nubes*, el ojo humano tiende a sobreestimar el porcentaje de cielo cubierto por nubes. Realizar esta actividad con el alumnado es una buena forma de empezar a realizar mediciones precisas. Otro aspecto clave para la precisión en la cobertura de nubes es observar todo el cielo que es visible desde el sitio de estudio de atmósfera.

Una vez que el alumnado comienza a realizar las observaciones de cobertura de nubes es importante que sus observaciones se realicen en grupos pequeños, en los que se puede alcanzar un consenso. Una manera útil de realizar la observación es dividir el cielo en cuatro cuadrantes, estimar la cobertura en cada cuadrante y finalmente calcular la media. Esto se puede realizar utilizando valores decimales o fracciones, dependiendo de los conocimientos matemáticos del alumnado. Las mayores discrepancias se producirán generalmente en situaciones dudosas, donde una categoría esté próxima a la otra. Las categorías de cobertura de nubes se muestran en la Tabla AT-N-1.

Según se vaya adquiriendo experiencia en la realización de estas mediciones, los alumnos se darán cuenta de que las nubes son tridimensionales y que tienen espesor. Cuando se mira hacia el horizonte, el cielo puede parecer más cubierto de nubes de lo que realmente está porque los espacios entre las nubes están ocultos a la vista. Este efecto es más significativo en nubes bajas que en nubes medias y altas (estas categorías se trabajan en *Tipos de Nubes*). También se produce este efecto más cuando hay cúmulos que estratos. Si al mirar directamente hacia arriba el patrón observado de cobertura de nubes

Tabla AT-N-1

Porcentaje	Si menor	Si mayor que o igual a
10%	Despejado	Aisladas
25%	Aisladas	Dispersas
50%	Dispersas	Roto
90%	Roto	Oculto

es de ráfagas individuales o largos rollos de nubes separados por áreas despejadas, y la apariencia general de las nubes es similar mirando hacia el horizonte, es razonable deducir que hay espacios entre estas nubes también, y que la cobertura de nubes no es del 100% en el horizonte.

Este protocolo incluye una categoría “Despejado” que debe ser utilizada cuando no hay nubes visibles en el cielo y una categoría “Cielo oculto”, que debe ser utilizada cuando el observador no pueda ver e identificar claramente las nubes y estelas de condensación del cielo debido a diversos fenómenos meteorológicos. Si no es posible ver las nubes y estelas de condensación en más de un cuarto del cielo, no se informarán sobre nubes o estelas de condensación utilizando una de las categorías habituales, sino que se informará de cielo oculto, y después informará sobre el o los fenómenos responsables de la visibilidad limitada del cielo. Se debe enviar como metadata información sobre las nubes y estelas de condensación de la parte del cielo que está visible, si el cielo está sólo parcialmente oculto. Los posibles fenómenos causantes de cielo oculto se definen a continuación:

- **Niebla**

La niebla son nubes a nivel del suelo que limitan la visibilidad en el suelo y sobre éste. Las nubes de tipo estrato están generalmente asociadas con la niebla. En zonas costeras, montañas y valles, la niebla suele ser frecuente en las observaciones GLOBE de mediodía. En esta categoría se incluye la niebla helada o polvo de diamante que es típico del tiempo libre de nubes de altas latitudes.

- **Humo**

Las partículas de humo, procedentes de incendios forestales u otras fuentes, a menudo limitan severamente la visibilidad en y sobre el suelo. Si hay humo habrá olor a humo, lo que permitirá diferenciarlo de la niebla.

- **Calima**

La calima se origina a partir de un conjunto de gotitas de agua muy pequeñas o de aerosoles (que pueden ser gotitas de agua, contaminantes o partículas de polvo natural suspendidas en la atmósfera), que proporcionan en conjunto un tinte rojizo, marrón, amarillento o blanco. El smog entraría en esta categoría. GLOBE tiene un nuevo *Protocolo de Aerosoles* para profesores que deseen aprender más sobre la calima y sus causas. Cuando hay calima, durante la mayor parte del tiempo las nubes son observables. Esta categoría únicamente se utiliza cuando la calima es tan extrema que las nubes no se pueden ver.

- **Ceniza volcánica**

Una de las fuentes naturales más importantes de aerosoles en la atmósfera es la erupción de un volcán. En estos casos, es posible que puedan estar cayendo cenizas sobre los centros escolares, o que existan otras limitaciones a la visibilidad (quizá un penacho de humo encima).

- **Polvo**

El viento a menudo levanta polvo (pequeñas partículas sólidas – arcilla y limo) y lo transporta miles de kilómetros. Si no se puede ver el cielo porque hay polvo en suspensión o cayendo, por favor, indica esta categoría. Las tormentas de polvo pueden restringir la visibilidad en algunos lugares, y también se recogerían en esta categoría, por ejemplo, si el alumnado no pudiera salir al exterior por una tormenta de polvo, se informaría de que el cielo está oculto y la causa sería el polvo.

- **Arena**

La arena suspendida en el viento, o las tormentas de arena, generalmente necesitan vientos más fuertes que el polvo, pero pueden dificultar igualmente la visibilidad del cielo.

- **Bruma**

Cerca de las grandes láminas de agua, los fuertes vientos pueden llevar gotitas de agua en suspensión en cantidad suficiente para reducir la visibilidad e impedir que el cielo se pueda distinguir claramente. Esta categoría generalmente se restringe al área inmediatamente adyacente a la costa; tierra adentro, las partículas de sal pueden quedar suspendidas una vez que las gotitas de agua se hayan evaporado, dando lugar a aerosoles.

- **Lluvia intensa**

Si la lluvia cae con intensidad cuando se realiza la observación, es posible que el cielo no sea visible. Aunque pueda parecer cubierto, si no se puede ver el cielo entero se deberá informar de que el cielo está oculto, y que la causa es la lluvia intensa.

- **Nieve intensa**

La nieve puede también caer con intensidad suficiente como para impedir que el observador tenga una clara visibilidad del cielo y de la cobertura de nubes.

- **Ventisca**

Cuando el viento sopla con suficiente fuerza como para levantar la nieve del suelo, puede impedir la observación del cielo. Si se están produciendo condiciones de ventisca (fuertes vientos y la nieve aún está cayendo con intensidad), se deberá informar de ambas categorías.

Cobertura de Estelas de Condensación

La misma técnica de división del cielo en cuatro cuadrantes descrita anteriormente para la cobertura de nubes se puede utilizar para la estimación de la cobertura de estelas de condensación. Una única estela de condensación persistente que cruce el cielo cubre menos del 1% del mismo (ver la Actividad de Aprendizaje *Cálculo de la Cobertura de Nubes*). Por ello, contar estelas de condensación puede ser también una buena herramienta para cálculo. Cuando el cielo está oculto, como se describe arriba, las mediciones de cobertura de estelas de condensación no pueden realizarse.

Recuerden que la cobertura de estelas de condensación se mide aparte de la cobertura de nubes. Por ello, cuando se calcule la cobertura de nubes no se deben incluir las estelas de condensación. Cuando se observen estelas de condensación que se solapan con nubes, se debe informar de ello en la metadata.

Tipo de Nubes

El tipo de nubes es una medición cualitativa. La carta de nubes GLOBE, la prueba interactivo de nubes del sitio Web de GLOBE y otra información sobre nubes disponible en libros de texto y de recursos online puede ser útil para ayudar al alumnado a distinguir tipos de nubes. Sin embargo, las imágenes bidimensionales son diferentes a las observaciones reales del cielo, que son tridimensionales, y no hay nada mejor que la experiencia para la realización de observaciones de nubes.

El sistema de tipos de nubes está organizado en 3 categorías dependiendo de la altura o altitud de la base de la nube. Las nubes altas (cirro- o cirros) están generalmente compuestas por cristales de hielo y, por ello, su aspecto es más delicado. Debido a que están más lejos del observador parecerán más pequeñas que otros tipos de nubes, en general. Las tenues estelas que a menudo se ven en las nubes altas son cristales de hielo cayendo y sublimándose (pasando de sólido a gas). Por lo general, se puede ver el sol a través de las nubes altas, y las partículas de hielo de las nubes cirroestratos dispersan la luz solar para formar un anillo brillante, llamado halo, alrededor del sol.

El nombre de las nubes medias siempre comienza con el prefijo alto-. Estas nubes están principalmente compuestas por gotitas de agua, aunque pueden contener algo de hielo. Algunas veces el sol puede verse a través de estas nubes también, pero sin anillo.

Las nubes bajas están más cerca del observador, y siempre parecen ser algo más grandes. Pueden ser mucho más oscuras, pareciendo más grises que las nubes altas o medias. Las nubes bajas pueden extenderse hasta altitudes mucho mayores, lo que puede verse cuando hay intervalos despejados entre las nubes.

Una vez hecha esta diferenciación básica (alta/media/baja), el siguiente punto a decidir es la forma de la nube. Si los rasgos de la nube son de una capa bastante uniforme será una nube estratiforme, de tipo estrato. La mayoría de las nubes que tienen forma de ráfagas, rollos, bandas o penachos son cumuliformes, de la familia de los cúmulos. Finalmente, si una nube produce precipitación (que el observador pueda ver), debe contener la palabra nimbo en su nombre. Las tenues formas producidas por las nubes de hielo casi siempre se producen a altas altitudes y, por ello, se las llama

por el mismo nombre que las nubes altas – cirro- o cirros. Realizando la *Actividad de Aprendizaje Observación de las Nubes* con el alumnado de vez en cuando ¡adquirirá más soltura a la hora de identificar los tipos de nubes en un cielo complejo!

Tipos de estelas de Condensación

Las estelas de condensación generalmente se producen a gran altitud, como las nubes cirro- o cirros. Sin embargo, al igual que las nubes inducidas por actividades humanas, se informa de las estelas en una categoría aparte. Hay tres clases de estelas de condensación. Estas son:

- *Corta duración* – las estelas de condensación que desaparecen enseguida y forman líneas cortas en el cielo que se desvanecen según aumenta la distancia de los aviones que las crean.
- *Persistentes no dispersas* – estas estelas de condensación permanecen más tiempo después de que el avión que ha provocado su formación haya desaparecido de la zona. Forman líneas largas, generalmente estrechas, de anchura aproximadamente constante cruzando el cielo. Estas estelas no son más anchas que el dedo índice visto con el brazo extendido.
- *Persistentes dispersas* – estas estelas de condensación también se mantienen durante mucho tiempo después de que el avión que las ha creado haya abandonado la zona. Forman largas vetas que se han ensanchado con el tiempo. Estas estelas son más anchas que el dedo índice visto extendiendo el brazo. Este tipo es el único que puede ser visto a partir de imágenes de satélite; y únicamente cuando son más anchas que cuatro dedos vistos con el brazo extendido. Por ello, anotar la anchura equivalente de estos cuatro dedos en la metadata será muy útil para los científicos.

Consulte el sitio Web del GLOBE para ver más imágenes de los diferentes tipos de estelas de condensación.

Las estelas de condensación de corta duración se forman cuando el aire por el que pasa el avión está algo húmedo. Las estelas persistentes se forman cuando el aire está muy húmedo, y es más probable que influyan sobre el clima que las estelas de corta duración.

Preparación de los Estudiantes

Los cálculos de tipo de nubes y cobertura de nubes son mediciones subjetivas, por lo que es bueno implicar a varios alumnos en la tarea. Cada alumno debería realizar sus propias lecturas; posteriormente, se deberían poner de acuerdo como grupo. No hay que sorprenderse si los alumnos inicialmente tienen dificultades para realizar estos cálculos. Incluso los observadores experimentados discuten sobre qué tipo de nube están viendo, o exactamente qué porcentaje del cielo está cubierto por nubes. Según se vaya adquiriendo experiencia en la realización de estas observaciones, se empezarán a apreciar las sutiles diferencias en los distintos tipos de nubes.

Aquí se muestran dos maneras efectivas de ayudar al alumnado a realizar mediciones lo más precisas posible:

1. Practicar la observación del tipo de nubes realizando la prueba interactiva de nubes GLOBE, disponible en el rincón de recursos del sitio web GLOBE, o dedicando tiempo a la identificación de los ejemplos de los tipos de nubes predominantes en tu localidad;
2. Hacer las siguientes Actividades de Aprendizaje de la *Guía GLOBE del Profesorado de Investigación de la Atmósfera*
 - *Cálculo de la Cobertura de Nubes*
 - *Observación, Descripción e Identificación de nubes*
 - *Observación de las Nubes*

Estas actividades están diseñadas para proporcionar al alumnado la oportunidad de adquirir habilidad en la identificación del tipo de nubes y la cobertura de nubes.

Algunas veces puede resultar difícil que el alumnado llegue a un consenso respecto al tipo de nubes observadas. Sin embargo, esto es una parte importante del proceso de descubrimiento científico. Puede ser útil incluir algún comentario en la sección de Metadata de la *Hoja de Datos*.

Realizar simulaciones entre compañeros fomentará la confianza en la realización de observaciones entre el alumnado. Asegúrese de que hacen observaciones de todo el cielo. Una de las mejores maneras de hacer esto es en grupos de cuatro alumnos, estando de pie, de espaldas, uno mirando al norte, otro al este, otro al sur, y otro al oeste. De esta manera, cada alumno se responsabiliza del cálculo de la cobertura de nubes en su cuadrante, desde el horizonte hasta directamente sobre su cabeza.

Hay que asegurarse de que todos definan su cuadrante de la misma manera. Una vez que cada alumno ha realizado el cálculo (usar intervalos de 10%, o fracciones como octavos o décimos), haye la media de los cuatro cálculos sumándolos y dividiendo entre 4. Este método será particularmente útil cuando se tiene un cielo difícil que da lugar a cálculos diferentes entre los miembros de los grupos.

El siguiente consejo puede ayudar al alumnado a determinar las alturas de las nubes cúmulos: pídeles que extiendan el brazo y que alineen sus dedos con la nube que están observando. Una buena regla general para usar es que si las ráfagas, rollos, ondas individuales de las nubes son menores que el ancho de un dedo, son cirrocúmulos. Si no son más anchas que dos dedos, pero son más anchas que uno, es más probable que sean altocúmulos. Si es más ancha que dos dedos, será cúmulo (busca nubes aisladas); estratocúmulos (muchas nubes y más anchas que altas, quizá alargadas en bandas); o cúmulonimbos (producen precipitación).

Para distinguir entre las alturas de las diferentes nubes estratos, recuerda lo siguiente: cirroestratos es el único tipo de nube que produce un halo alrededor del sol o la luna. El halo tendrá todos los colores del arco iris. Los altostratos apenas cubren el sol o la luna, su aspecto generalmente será más oscuro, un color gris medio. Los estratos serán, por lo general, muy grises y muy bajos. La niebla es, de hecho, una nube de tipo estrato a altitud cero.

Aquí hay algunas preguntas que se pueden plantear según se realizan las observaciones de las nubes:

¿Qué tipo de cielo se ve?

¿Qué tipo de cielo ven otros alumnos de centros cercanos?

¿Deberían tener el mismo tipo de cielo?

La cobertura de nubes en concreto puede ser un fenómeno muy local y, por ello, el tipo de nubes puede variar significativamente de un lugar a otro cercano. Cuando la observación se considera como en conjunto para un gran grupo de centros GLOBE, las observaciones de las nubes son más útiles.

Las observaciones de nubes son también importantes en otros protocolos GLOBE.

Cuestiones para Posterior Discusión

¿Cambian los patrones de nubes durante el año?
¿Cómo?

¿Afecta la cobertura de nubes al clima local?

¿Qué fiabilidad tienen los pronósticos del tiempo locales basados únicamente en las observaciones del tipo de nubes? ¿Pueden mejorarse usando otras mediciones GLOBE?

¿Influyen las condiciones de las nubes y los fenómenos que obstaculizan nuestra visión del cielo en el tipo de vegetación y suelo de nuestra zona? Si es así, ¿cómo?

¿Cómo se comparan nuestras observaciones de las nubes con las imágenes de satélite de nubes?

¿Se ven a menudo estelas de condensación en el área local? ¿Por qué sí o por qué no?

¿Están relacionados los tipos de nubes y las estelas de condensación que se observan?

¿Cómo están relacionadas las nubes que se ven con las montañas, lagos, ríos, bahías o el océano?

Protocolo de Cobertura de Nubes y de Cobertura de Estelas de Condensación

Guía de Campo

Actividad

Observar qué porcentaje del cielo está cubierto por nubes y por estelas de condensación.

Qué se necesita

- Hoja de Datos de Investigación de Atmósfera , Hoja de Datos de Nubes, Hoja de Datos de Ozono u Hoja de Datos de Aerosoles.

En el campo

1. Completar la cabecera de la *Hoja de Datos*.
2. Mirar al cielo en todas las direcciones.
3. Calcular qué porcentaje del cielo está cubierto por nubes que no son estelas de condensación.
4. Anotar la clase de cobertura de nubes que mejor se ajusta a lo que se ve.
5. Anotar la clase de cobertura de estelas de condensación que predomina en el porcentaje de cielo cubierto por estelas de condensación.

Clasificaciones de la cobertura de nubes	Clasificaciones de las estelas de condensación
Sin nubes No hay nubes en el cielo; no hay nubes visibles.	Ninguna No hay estelas de condensación visibles.
Despejado Hay nubes, pero cubren menos que una décima parte (o 10%) del cielo.	0-10 % Hay estelas de condensación, pero cubren menos que una décima parte (10%) del cielo.
Nubes aisladas Las nubes cubren entre una décima parte (10%) y un cuarto (25%) del cielo.	10-25 % Las estelas de condensación cubren entre una décima parte (10%) y un cuarto (25%) del cielo.
Nubes dispersas Las nubes cubren entre un cuarto (25%) y la mitad (50%) del cielo.	25-50% Las estelas de condensación cubren entre un cuarto (25%) y la mitad (50%) del cielo.
Cielo roto Las nubes cubren entre la mitad (50%) y nueve décimas partes (90%) del cielo.	> 50% Las estelas de condensación cubren más de la mitad (50%) del cielo.
Cubierto Las nubes cubren más que nueve décimos (90%) del cielo.	
Oculto Las nubes y las estelas de condensación no se pueden observar porque más de un cuarto (25%) del cielo no se puede ver con claridad.	

6. Si el cielo está oculto, anotar qué es lo que impide ver el cielo. Informar sobre todos aquellos fenómenos, de entre los siguientes, que se observen:

- Niebla • Humo • Calima • Ceniza volcánica • Polvo
- Arena • Bruma • Lluvia intensa • Nieve intensa • Ventisca

Protocolo de Tipo de Nubes y Tipo de Estelas de Condensación

Guía de Campo

Actividad

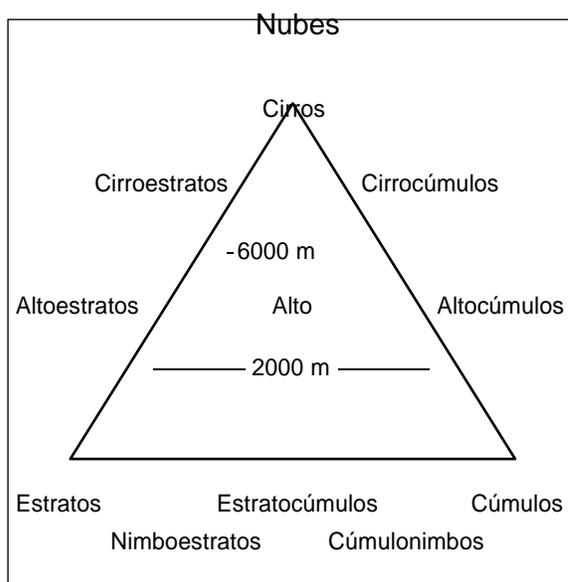
Identificar cuál de los diez tipos de nubes y cuáles de los tres tipos de estelas de condensación se observan .

Qué se necesita

- Hoja de Datos de Investigación de Atmósfera o Hoja de Datos de Nubes o Hoja de Datos de Ozono o Hoja de Datos de Aerosoles
- Carta de nubes GLOBE
- Observación del tipo de nubes(en el Apéndice)

En el campo

1. Observar las nubes, mirar en todas las direcciones, incluyendo justo sobre la cabeza del observador. Tener cuidado de no mirar directamente hacia el sol.
2. Identificar los tipos de nubes que se ven utilizando la carta de nubes GLOBE y las definiciones que aparecen en *Observación del Tipo de Nubes*.
3. Marcar la(s) casilla(s) de la *Hoja de Datos* indicando todos los tipos de nubes que se observen.
4. Hay tres tipos de estelas de condensación. Anotar el número de cada tipo de estela que veas.



Estelas de condensación



Corta duración



Persistentes no dispersas



Persistentes dispersas

Preguntas Frecuentes

1. ¿Por qué hay que informar sobre la cobertura de nubes cuando no hay nubes?

Es tan importante para los científicos saber cuándo no hay nubes en el cielo como cuándo las hay. Por ello es importante informar siempre sobre la cobertura de nubes, ¡incluso en un bonito día de cielo azul! ¿Cómo se puede calcular de manera exacta la cobertura media de nubes si siempre faltan los datos de los días completamente despejados? También hay que tener en cuenta que el cielo despejado es la medición más fácil desde el suelo, pero la más difícil de determinar con seguridad a partir de imágenes de satélite.

2. ¿No se puede diseñar un instrumento para medir la cobertura de nubes?

Sí, de hecho, se emplean láseres para medir esto, y el instrumento se llama cielómetro. Los cielómetros miden la fracción de cielo cubierta por nubes, pero son muy caros. Además, muchos de los cielómetros que se utilizan hoy en día sólo proporcionan estimaciones precisas de la cobertura de nubes hasta alturas de unos 3,5 kilómetros, lo que les hace inservibles para la mayoría de las nubes medias y para las nubes altas. La medición de la cobertura de nubes hace referencia al conjunto de todas las nubes a todos los niveles, y las observaciones humanas son aún el mejor método para medirla desde el suelo. Asimismo, los cielómetros realizan sólo mediciones en un punto único o en un perfil, lo que puede no ser representativo de la cobertura global de nubes.

3. ¿Hay alguna forma de asegurarse de que las observaciones son precisas, ya que no hay instrumentos para calibrar?

La práctica ayudará a mejorar en el cálculo de la cobertura de nubes. Se pueden comparar las observaciones propias con las realizadas por vecinos cercanos, o compararlas con las observaciones “oficiales”, pero recuerda que algunos días las condiciones de las nubes varían incluso en distancias cortas y que pueden cambiar en minutos. Al realizarlas cada día, poco a poco ¡te sentirás cada vez más seguro!

4. Tenemos problemas para decidir el tipo de nube. ¿Cómo podemos saber si lo hacemos bien?

No se puede saber con certeza. Lo más importante es practicar la identificación de los tipos de nubes tanto como sea posible. Si se dispone de acceso

a Internet se puede hacer el cuestionario interactivo de nubes, que se encontrará online en el Sitio Web de GLOBE. También, se puede encontrar la carta de nubes GLOBE, que se puede cortar y hacer tarjetas para practicar la identificación.

5. ¿Es este sistema de observación del tipo de nubes en GLOBE único o nuevo en algún sentido?

Este sistema es el mismo que los meteorólogos han venido utilizando durante doscientos años. Muchos científicos dicen que empezaron a interesarse por la ciencia a partir de la observación cielo y percibir cómo iba cambiando (de tipos de nubes) de un día a otro. Las bases científicas del sistema de observación del tipo de nubes no han cambiado sustancialmente desde que se creó. La clasificación sistemática de las nubes en los diez tipos básicos fue motivada, al menos en parte, por la clasificación de especies de seres vivos en los reinos Animal y Vegetal por los biólogos. De hecho, los meteorólogos a menudo hacen una subdivisión de los tipos de nubes en otras variedades específicas de cada tipo de nube. *Castellanus* hace referencia a torrecillas tipo castillo, que son nubes que indican inestabilidad atmosférica, y quizá indiquen precipitación. *Lenticulares*, nubes con forma de lentes, generalmente formadas sobre las altas montañas. Los cúmulos se dividen a menudo en *humilis* (indicadora de buen tiempo, hinchada) o *congestus* (muy alta, amontonada como una coliflor, muy alta).

6. ¿Qué se debe indicar si sólo una parte del cielo está oculto, pero puedo determinar los tipos de nubes de una parte del cielo?

Si más de un cuarto del cielo está oculto, se deberá indicar cielo oculto, e informar sobre los tipos de nubes que se ven en la metadata. Si menos de un cuarto del cielo está oculto, anote la cobertura de nubes y los tipos de nubes, e indique en la metadata qué porcentaje del cielo está oculto.

7. No estoy seguro de si lo que veo es un cirro o una antigua estela de condensación dispersa

Llegado un punto no se puede distinguir entre ambas. En esta situación, por favor, indica que lo que ves es un sobre cirro, pero también indica en los comentarios que los cirros parecen proceder de una estela de condensación.

Protocolo de Nubes – Interpretando los Datos

¿Son Razonables los Datos?

Dada la naturaleza subjetiva de las observaciones de las nubes, puede ser muy difícil determinar si los datos son razonables.

Primero se debe comprobar la consistencia interna de las observaciones y los datos. Por ejemplo, si hay un cielo con cobertura de nubes compuesta por estratos, estratocúmulos o nimboestratos, decir que hay nubes altas o cirros sería improbable, dado que los observadores desde el suelo no podrían ver nubes altas a través de la densa cobertura de nubes más bajas. Otro ejemplo sería decir que existen nubes de tipo cirro con cielos nublados: las nubes cirro raramente están presentes en las cantidades necesarias para cubrir el 90% del cielo. Lo mismo ocurre con las nubes de tipo cúmulo, ya que debe haber espacios entre las nubes para que sean de tipo cúmulo (en lugar de estratocúmulos).

¿Qué Buscan los Científicos en estos Datos?

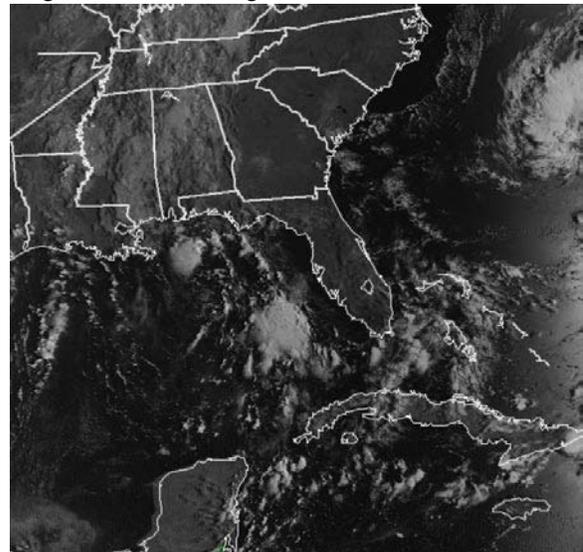
Muchas estaciones oficiales de observación meteorológica del mundo han dejado de realizar observaciones del tiempo. Las organizaciones meteorológicas nacionales tienen dos razones fundamentales para este cambio. En primer lugar, los satélites meteorológicos están observando constantemente la superficie de la Tierra y la atmósfera, y se ha mejorado la determinación de la cobertura de nubes a partir de imágenes de satélite en los últimos años. En segundo lugar, muchas estaciones meteorológicas están realizando sus observaciones mediante instrumentos automatizados. Estos instrumentos no pueden determinar el tipo de nubes y están generalmente limitados en su capacidad para distinguir capas de nubes medias y altas. Los instrumentos automáticos pueden sólo percibir nubes hasta los 3,6 km de altitud y muchos tipos de nubes son demasiado altas para que los aprecien la mayoría de estos ciélotómetros. Así, sólo pueden distinguir la mitad de los tipos de nubes (cúmulos, cumulonimbos, estratos, estratocúmulos, y nimboestratos).

Las nubes se han observado y asociado a cambios del tiempo durante siglos; de hecho, nuestro sistema de clasificación de nubes es de hace unos 200 años. Los cambios que se observan en las nubes ayudan a los meteorólogos a pronosticar el tiempo. Observar que un cielo despejado cambia a cielo

con nubes aisladas de tipo cúmulo, y que puede cambiar a cúmulos dispersos y cumulonimbos, puede indicar que pronto habrá tormentas. Cuando está cubierto por una nube de tipo estrato que se disipa hasta convertirse en un estratocúmulo, se puede esperar que llegue tiempo despejado. Los climatólogos observan los cambios de nubes a lo largo de períodos de tiempo extensos, para ver si hay un incremento o una disminución en la cobertura o en el tipo de nubes.

Desde principios de los 1960, los meteorólogos han dispuesto de imágenes de satélites meteorológicos que pueden ser usadas para ver las nubes (generalmente aparecen como áreas blancas en las imágenes de satélite) tales como la Figura AT-N-1, donde se muestra una imagen visible del satélite meteorológico de órbita polar NOAA 15 del Golfo de Méjico, cerca del sudeste de los Estados Unidos. Se ven nubes sobre las aguas del oeste de Florida, en las Bahamas y en el borde este de la imagen, en Carolina del Norte. Las áreas terrestres del sudeste de los Estados Unidos están bastante despejadas a lo largo del Océano Atlántico, pero más hacia el oeste se ven algunas nubes que no parecen tan brillantes. Esto les indica a los meteorólogos que estas nubes son probablemente más bajas y/o no tan densas como las blancas brillantes de esta imagen del mediodía. Los científicos que trabajan con datos de satélites necesitan buenas observaciones de nubes desde la superficie para validar sus observaciones a partir de satélites. Estas observaciones son importantes porque ayudan a los meteorólogos a conocer la precisión de sus observaciones.

Figura AT-N-1: Imagen de satélite



En general, cuantos más centros GLOBE realicen observaciones de nubes, mejor para los científicos que necesiten utilizar estos datos para valorar la precisión y consistencia de sus observaciones.

Las imágenes de satélite no siempre proporcionan a los científicos una idea clara de qué tipos de nubes hay. Esto es particularmente cierto en el caso de las estelas de condensación, que generalmente son demasiado estrechas para poder observarse desde el espacio. Por esta razón, es importante para los científicos poder encontrar áreas de nubes bajas, medias y altas, dado que cada tipo de cobertura tendrá diferente capacidad de bloquear la luz solar y atrapar la radiación infrarroja.

Observemos algunos mapas para ver cómo se debe proceder en tales investigaciones. La Figura AT-N-2 muestra algunas observaciones de la cobertura de nubes de un día de primavera en parte de los Estados Unidos y Canadá, cerca de los Grandes Lagos. Los Grandes Lagos son grandes masas de agua que proporcionan abundante humedad a la atmósfera, a partir de la evaporación. Altos niveles de vapor de agua a menudo dan lugar a cielos nubosos. El mapa del tiempo de ese día será también útil para comprender qué tipo de nubes había aquel día. En general, el aire debe ascender para producir nubes y los sistemas de baja presión y los frentes son las zonas donde con mayor probabilidad se formarán nubes.

Observe el gran número de áreas grises cerca del centro del estado de Ohio en el mapa de arriba. A partir de la leyenda del mapa se sabe que esto indica áreas de cielos cubiertos. Hay unas pocas estaciones cercanas en las que no está cubierto, incluyendo una observación de un cielo oculto, uno roto y uno disperso. Quizá un sistema de tormenta esté afectando a un área bastante grande del norte de Ohio y del oeste de Pensilvania. Al oeste de esta zona, las observaciones son principalmente de cielos despejados. Lo mismo ocurre en la parte Este del mapa, donde los cielos están casi despejados. Fíjese qué similares son las observaciones del tipo de nubes en cada región.

Cada observación de la cobertura de nubes también contiene una observación del tipo de nube, en la que el alumnado identifica cada uno de los diez tipos posibles de nubes presentes. Hacer un mapa de tales observaciones sería demasiado complicado, dado que hay muchas

combinaciones posibles. Los mapas GLOBE de cobertura de nubes se dibujan dividiendo todos los tipos de nubes en sus categorías de altura - bajas, medias y altas- y combinaciones de estas. Ver Figura AT-N-3.

Concentrémonos una vez más en el este de Ohio. Se observa que casi todas las observaciones son rojas, con un par de cuadrados verdes, un par de cuadrados azules, y un cuadrado violeta. La leyenda del mapa muestra que los cuadrados rojos son nubes bajas (L), los cuadrados verdes son nubes medias (M), y los cuadrados azules son nubes altas (H). El cuadrado violeta es para una observación de nubes bajas y altas combinadas. Una vez más, las observaciones de nubes son generalmente similares entre sí, con la mayoría de los centros GLOBE coincidiendo en que había nubes bajas presentes.

Al observar la parte este del mapa, hay muchos centros mandando datos sobre nubes altas, medias y bajas, y nubes bajas y altas. Quizá estos centros se encuentren en la trayectoria de un frente que se está desplazando hacia el Este de Ohio.

Un Ejemplo de Investigación del Alumnado

Diseño de una Investigación

Natalia ha estado siempre interesada en las nubes. Ella siempre está dibujándolas e imaginando formas a partir de ellas. Natalia es una de las alumnas de su clase que se ofrece voluntaria para realizar las mediciones GLOBE de atmósfera y le gusta de verdad observar las nubes. Natalia decide hacer su propia carta de nubes para la clase, usando algodones, papel blanco, cartulina azul, y pegamento. Su profesora decide convertirlo en un proyecto de clase, y crean un bonito mural con ejemplos de los tipos de cobertura en él (de la Actividad de Aprendizaje *Cálculo de la Cobertura de Nubes*), e imágenes de cada uno de los diez tipos de nubes.

Natalia se pregunta si el cielo que ella ve es el mismo cielo que se ve desde otros centros cercanos. La clase decide comparar sus observaciones de nubes diarias con las de otros dos centros cercanos, un colegio de primaria y un instituto. Natalia les dice a sus compañeros que están recogiendo datos que los científicos utilizarán en trabajos de investigación, por lo que es importante que hagan bien su trabajo. Los

alumnos por lo tanto se esfuerzan para realizar un buen trabajo.

Recogida y Análisis de los Datos

Después de realizar las observaciones de nubes durante unas tres semanas, el alumnado utiliza la herramienta de visualización GLOBE para encontrar otros centros cercanos con muchas observaciones de nubes. Deciden limitar su búsqueda a centros que se encuentren en un radio de 50 km. desde su centro, y encuentran 7 centros. Uno de los alumnos tiene una hermana mayor que va a un instituto de los centros que se han encontrado, y otro fue a una colegio de primaria diferente el año pasado, por lo que deciden elegir esos dos centros.

Deciden comparar los datos primero imprimiendo mapas de cada día de cobertura de nubes y de tipo de nubes. A partir de estos mapas, se dan cuenta de que las observaciones de cobertura de nubes de los centros cercanos no siempre coinciden con las suyas. En particular, el otro centro de primaria, que está cerca de las montañas, parece tener más cobertura de nubes y más observaciones de nubes de tipo cúmulos que el centro de Natalia. Deciden investigar esto. El centro de secundaria envía observaciones de nubes similares a las suyas.

Al leer sobre el tiempo que hay en las zonas de montaña, descubren que en estas zonas hay generalmente más nubes, porque cuando llega el aire a las montañas tiene que ascender, y el ascenso de aire a menudo lleva a la formación de nubes. Dado que las nubes se forman por movimientos bruscos ascendentes, suelen ser cúmulos e incluso cúmulonimbos. Esto parece explicar lo que ven, y la profesora sugiere que comprueben su explicación.

El alumnado espera comprobar que los centros GLOBE cercanos a las montañas tienen más cobertura de nubes y más observaciones de nubes de tipo cúmulo que otros centros cercanos más alejados de las montañas.

Después de examinar los datos de un año entero, obtienen los siguientes datos sobre 240 observaciones:

	Centro de Natalia	Centro cercano a la montaña
Sin nubes	15	10
Despejado	33	27
Aisladas	18	14
Dispersas	32	35
Roto	64	66
Cubierto	71	79
Cielo oculto	7	9

Parece claro que el centro cercano a la montaña tiene más días de cielo cubierto y menos días de cielo despejado (o días sin nubes) que el centro de Natalia. Los alumnos están contentos por haber podido confirmar su hipótesis a partir de sus observaciones.

Investigación Posterior

Otra cosa que llama su atención es el gran número de observaciones de nubes bajas (23 días más con nubes bajas en el centro próximo a la montaña que en la escuela de Natalia), y se preguntan si son cúmulonimbos o cúmulos. También se preguntan si el centro próximo a la montaña tiene más precipitación que la escuela de Natalia, si tienen más nubes de tipo cúmulonimbo. ¡El alumnado está impaciente por comenzar su próxima investigación!

Figura AT-N-2

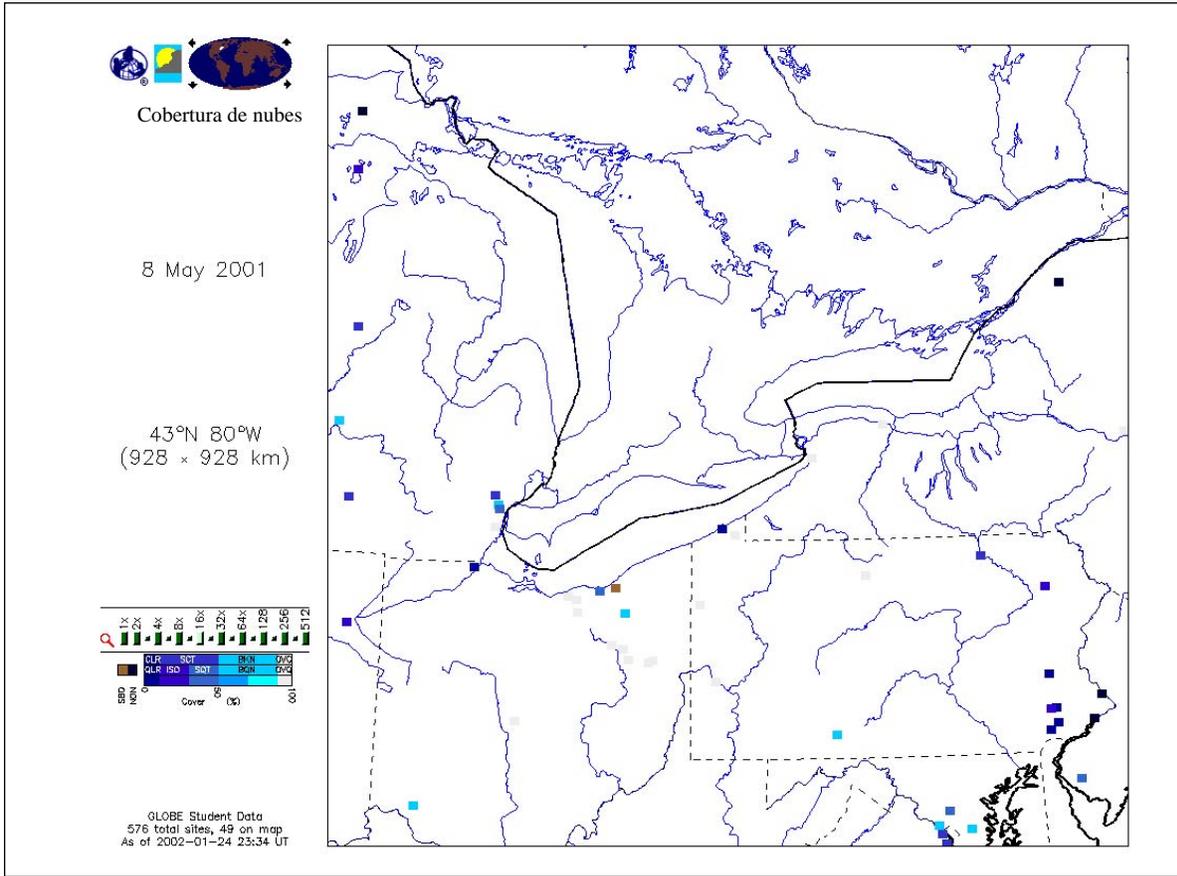
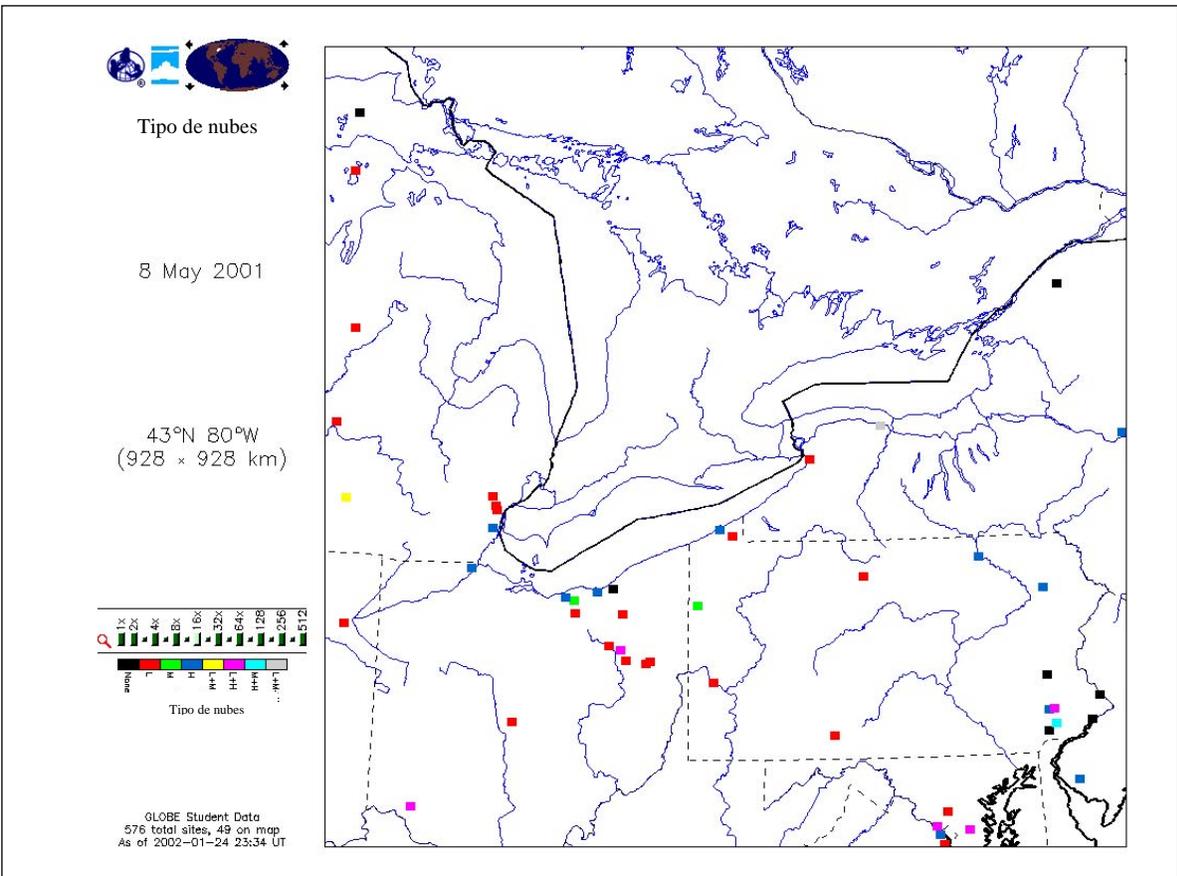
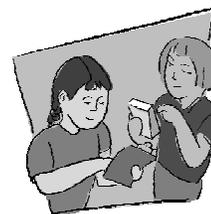


Figura AT-N-3



Protocolo de Aerosoles



Objetivo General

Medir el espesor óptico de los aerosoles en la atmósfera (la cantidad de luz solar que es dispersada o absorbida por las partículas suspendidas en el aire).

Visión General

El alumnado dirigirá un fotómetro solar GLOBE hacia el sol, y registrará la lectura del mayor voltaje obtenido mediante un voltímetro digital conectado al fotómetro. También se observarán las condiciones del cielo cerca del sol, se realizarán los *Protocolos de Nubes*, de *Presión Barométrica Opcional* (optativo) y de *Humedad Relativa*; asimismo, se medirá la temperatura actual del aire.

Objetivos Didácticos

Averiguar las circunstancias atmosféricas que hacen que no toda la luz solar llegue a la superficie de la Tierra, y conocer la causa de la calima.

Conceptos Clave

Ciencias de la Tierra y del Espacio

La atmósfera está compuesta por diferentes gases y aerosoles

El sol es la mayor fuente de energía de los cambios que se producen en la atmósfera.

Se puede observar y medir el desplazamiento diurno y estacional del sol en el cielo.

Geografía

Las actividades humanas pueden modificar el entorno físico.

Enriquecimiento de la atmósfera

Los aerosoles reducen la cantidad de energía solar que llega a la superficie terrestre.

Los aerosoles en la atmósfera incrementan la calima, disminuyen la visibilidad, e influyen en la calidad del aire.

Habilidades de Investigación Científica

Uso de un fotómetro solar y un voltímetro para medir la cantidad de luz solar directa. Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y llevar a cabo investigaciones científicas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones a partir de evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

15-30 minutos para la toma de datos.

Nivel

Secundaria y Bachillerato.

Frecuencia

Todos los días, si el tiempo lo permite.

Materiales y Herramientas

Fotómetro solar GLOBE calibrado y alineado.
Voltímetro digital.

Reloj, preferiblemente digital (o un receptor GPS).

Termómetro.

Higrómetro o psicrómetro giratorio.

Carta de Nubes GLOBE.

Barómetro (opcional).

Hoja de Datos de Aerosoles

Preparación

Practicar el uso del voltímetro digital.

Requisitos previos

Protocolos de Nubes, de *Humedad Relativa* y de *Presión Barométrica* (opcional).

Saber medir la temperatura actual del aire.

Protocolo de Aerosoles

– Introducción

Antecedentes

La atmósfera está compuesta por moléculas de gas y pequeñas partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, llamadas aerosoles. Algunos aerosoles se producen de forma natural por los volcanes, la bruma marina, la arena, o por la erosión del viento sobre la superficie del suelo. Algunos son el resultado de las actividades humanas, como el polvo de las actividades agrícolas, el humo de la combustión de la biomasa y de combustibles fósiles; así como la niebla fotoquímica inducida, debida principalmente a las emisiones de vehículos. Las gotas y los cristales de hielo que se forman al congelarse o condensarse el vapor de agua son también aerosoles.

La mayoría se encuentran en la troposfera, pero las grandes erupciones volcánicas pueden llevar aerosoles y gases mucho más altos, a la estratosfera. Los aerosoles permanecerán en la estratosfera durante años, mientras que en la troposfera las precipitaciones y las interacciones con la superficie terrestre eliminarán los aerosoles en diez días o menos.

Los aerosoles son demasiado pequeños para ser individualmente visibles, pero se puede apreciar con frecuencia su efecto combinado cuando hay calima o el cielo parece sucio. Los cielos brillantes de color naranja al amanecer y al atardecer pueden ser también indicadores de la presencia de aerosoles.

Los aerosoles influyen en el tiempo y en el clima, porque condicionan la cantidad de luz solar que alcanza la superficie terrestre. Los aerosoles volcánicos de la estratosfera han cambiado las temperaturas del aire superficial de todo el mundo por muchos años de una vez. La combustión de biomasa causa aumentos locales en la concentración de aerosoles que pueden influir en el tiempo regional. Recogidas junto con otras mediciones atmosféricas, las medidas de aerosoles ayudan a los científicos a comprender y pronosticar mejor el clima y a entender la química atmosférica.

Las concentraciones de aerosoles varían significativamente con la ubicación y el tiempo. Hay variaciones estacionales y diarias, así como cambios impredecibles debido a eventos como grandes tormentas de polvo y erupciones volcánicas. Los aerosoles tienen gran movilidad; pueden cruzar océanos y cordilleras. En líneas generales, se está de acuerdo en que, debido a las altas concentraciones de aerosoles, en los cielos de

muchas partes del mundo hay más calima que hace uno o dos siglos, incluso en las zonas rurales. El espesor óptico de los aerosoles (AOT, también denominado profundidad óptica de aerosoles) es una medida de la influencia de los aerosoles en la luz solar que atraviesa la atmósfera. Cuanto mayor sea el espesor óptico a una determinada longitud de onda, menos luz de esa longitud de onda alcanzará la superficie de la Tierra. La medición del espesor óptico de los aerosoles en más de una longitud de onda puede proporcionar información importante sobre la concentración, distribución del tamaño, y la variabilidad de los aerosoles en la atmósfera. Esta información es necesaria para los estudios climáticos, para la comparación con los datos de satélites y para conocer la distribución global y la variabilidad de los aerosoles.

Investigación de Aerosoles

Los científicos tienen muchas preguntas que hacen referencia a los aerosoles. ¿Cómo cambian las concentraciones de los aerosoles con las estaciones? ¿Cuál es la relación entre las concentraciones de aerosoles con el tiempo y el clima? ¿Cómo afecta el humo de los grandes incendios forestales a la luz solar que llega a la superficie terrestre? ¿Cuánto tiempo permanecen en la atmósfera y dónde van las emisiones producidas por los volcanes? ¿Cuál es la relación entre contaminación del aire y aerosoles? ¿De qué manera influyen las grandes instalaciones industriales y las actividades agrícolas en los aerosoles? ¿Cómo afectan los aerosoles a la visión de la superficie terrestre desde satélites? Las mediciones globales son necesarias para controlar la distribución actual de aerosoles y para realizar un seguimiento de los acontecimientos que alteran sus concentraciones. Su estudio puede llevar a una mejor comprensión del clima de la Tierra y de cómo este está cambiando.

Enviando las mediciones regularmente, se puede proporcionar a los científicos los datos que necesitan, y se puede empezar a contestar algunas preguntas sobre aerosoles del propio sitio de donde se toman los datos. Se pueden incluso observar rastros de aerosoles que se originaron a miles de kilómetros de distancia conforme estos pasan por su región. Creando un registro de datos que abarque varias estaciones e incluya datos de muchos lugares, GLOBE puede ayudar a los científicos a saber más sobre la distribución global de los aerosoles.

Apoyo al Profesorado

Comprendiendo las Mediciones de Aerosoles

Las mediciones de aerosoles se comprenden mejor en el contexto de otras mediciones atmosféricas GLOBE. Puede haber relaciones observables entre aerosoles y temperatura, cobertura de nubes, humedad relativa y precipitación. Los aerosoles varían estacionalmente. Así, es de gran ayuda enfocar este tema como parte de una “gran imagen” de la atmósfera y sus propiedades.

Es necesaria una introducción a los conceptos de ángulo de elevación solar y masa relativa del aire para comprender estas mediciones. Las actividades de aprendizaje: *Construcción de un Reloj Solar* y *Cálculo de la Masa Relativa del Aire*, desarrollan actividades para medir estos valores. El alumnado avanzado, con la base matemática adecuada, puede calcular su propio valor de espesor óptico de aerosoles, utilizando la sección *Observación de los Datos*. Ellos podrán comparar también sus cálculos con los valores obtenidos por el Servidor de Datos GLOBE.

El Fotómetro Solar GLOBE

El fotómetro solar GLOBE posee dos canales, cada uno de los cuales es sensible a una determinada longitud de onda de luz - luz verde a unos 505 nanómetros (nm) y la luz roja a 625 nm. La luz verde está cercana a la máxima sensibilidad del ojo humano; de ahí que sea probable que un cielo con calima tenga un gran espesor óptico de aerosoles a esta longitud de onda. La luz roja es más sensible a los aerosoles mayores. Los datos de un sólo canal permiten calcular el AOT para un determinado rango de longitud de onda, pero no proporcionan información sobre la distribución del tamaño de los aerosoles. La combinación de datos de más de un canal proporciona información sobre esta distribución. Conocer la distribución del tamaño ayuda a identificar la fuente de los aerosoles.

Las mediciones tomadas con el fotómetro solar GLOBE se expresan en voltios. Estos valores se deben convertir a espesor óptico de aerosoles. Debido a que estos cálculos requieren matemáticas más avanzadas (funciones logarítmicas y exponenciales), el servidor de Datos GLOBE realizará los cálculos a partir de las lecturas enviadas por el alumnado y enviará un valor de espesor óptico que el alumnado podrá utilizar. Hay una sección de *Observación de los Datos*, para alumnado avanzado, que incluye la ecuación para la

conversión de las mediciones del fotómetro solar en espesor óptico de aerosoles. Un valor típico de espesor óptico para la luz visible en un cielo despejado es aproximadamente 0,1. Un cielo muy despejado puede tener un AOT para longitudes de onda de luz verde de 0,05 o menos. Cielos con mucha calima pueden tener un AOT de 0,5 o mayor.

Puede ser más fácil entender el concepto de espesor óptico si se expresa en términos de porcentaje de luz que se transmite a través de la atmósfera, según esta fórmula:

$$\text{Porcentaje de transmisión} = 100 \times e^{-a}$$

donde a es el espesor óptico para una longitud de onda en particular. Este cálculo proporciona el porcentaje de luz a una longitud de onda concreta que se transmitiría a través de la atmósfera si el Sol estuviera justo encima. Para un espesor óptico de 0,10 el porcentaje de transmisión es alrededor del 90,5%

Para el alumnado que todavía no domine las funciones exponenciales, la Tabla AT-AE-1 proporciona el porcentaje de transmisión en función del espesor óptico.

Tabla AT-AE-1

Espesor Óptico	Porcentaje de Transmisión
0,10	90,5%
0,20	81,9%
0,30	74,1%
0,40	67,0%
0,50	60,7%
0,60	54,9%
0,75	47,2%
1,00	36,8%
1,25	28,7%
1,50	22,3%
2,00	13,5%
2,50	8,2%
3,00	5,0%
3,50	3,0%
4,00	1,8%
5,00	0,7%

Dónde y Cuándo Hacer Mediciones con el Fotómetro Solar

El sitio lógico para hacer mediciones con el fotómetro solar es el mismo lugar en el que se hacen las observaciones de nubes y los demás protocolos de atmósfera. Si se realizan mediciones en algún otro lugar, se necesitará definirlo como Sitio de Estudio de Atmósfera adicional.

Lo ideal sería hacer las mediciones de aerosoles por la mañana, cuándo el ángulo de elevación solar sea al menos de 30 grados. Esto es porque generalmente, el aire por la mañana es menos turbio que cerca del mediodía cuando el sol está alto en el cielo, o por la tarde, especialmente con el calor del verano. Cuánto menos turbio esté el aire, más fácil será obtener mediciones fiables. Durante el invierno en latitudes templadas y altas, la masa relativa del aire en esta región puede ser siempre superior a 2. Se pueden aún realizar mediciones, pero se deberían tomar tan cerca del mediodía solar como fuese posible. Aunque se debería intentar realizar las mediciones en las mejores condiciones, se acepta que se hagan y envíen las mediciones cuando sea posible y la visibilidad del cielo no esté obstaculizada.

Si se desea recoger datos del fotómetro solar como apoyo a los obtenidos mediante observaciones de la superficie de la Tierra por satélites, se necesitará hacer las mediciones a unas horas determinadas, que corresponderán a la hora de pasada del satélite sobre vuestro sitio de observación. Para más información sobre esta actividad, por favor contacte con el Equipo Científico de GLOBE.

Cuidado y Mantenimiento de Instrumentos

El fotómetro solar GLOBE es un aparato simple y resistente, sin partes que se rompan fácilmente. Sin embargo, se debe tratar con un cierto cuidado para obtener medidas precisas. A continuación se enumeran algunas cosas que se deben hacer (y que no se deben hacer) para asegurarse de que el fotómetro solar funcione correctamente durante mucho tiempo.

1. No dejarlo caer.
2. *Protegerlo* del polvo y la suciedad guardándolo en bolsas de plástico herméticas, cuando no se utilice.
3. *No exponerlo* a temperaturas extremas

dejándolo al sol, cerca de un radiador, o a la intemperie.

4. *Mantenerlo* apagado cuando no se utilice.
5. *Comprobar* el estado de las pilas cada pocos meses. Véase: Comprobación y Cambio de las Pilas del Fotómetro Solar *GLOBE*. El fotómetro solar gasta poca energía en la toma de mediciones, por lo que la pila debería durar muchos meses haciendo un uso normal. Si se deja accidentalmente encendido por horas o días cuando no se está usando, comprobar la pila antes de realizar más mediciones, y reemplazarlas si es necesario.
6. No modificar los componentes electrónicos del interior del fotómetro solar de ninguna manera. La calibración del instrumento depende fundamentalmente de la preservación de los componentes originales.
7. No agrandar el orificio de la carcasa del fotómetro solar, a través del cual penetra la luz del sol. La calibración del fotómetro solar y la interpretación de sus mediciones se basan en el tamaño de este orificio. Si se modifica, las mediciones no serán válidas.

Con un poco de cuidado, el fotómetro solar funcionará de manera fiable durante muchos años. Aunque el Equipo Científico de GLOBE puede pedir que se le envíe el fotómetro solar para su recalibración, en condiciones normales no se necesita una recalibración periódica. Si el instrumento parece no funcionar correctamente, consulte con GLOBE antes de hacer cualquier otra cosa.

Comprobación y Cambio de Pilas del Fotómetro Solar

Al menos cada tres meses, comprobar el voltaje de las pilas del fotómetro solar y cambiarlas si fuera necesario. Si el fotómetro solar posee un voltímetro digital incorporado y aparece un indicador de “pila baja”, o si el voltaje del aparato parece fluctuar, se deben reemplazar las pilas de inmediato. (Para ver las instrucciones, ver la *Guía de Laboratorio de Comprobación y Cambio de la Pila del Fotómetro Solar GLOBE*). Reemplazar las pilas no afectará a la calibración del instrumento y las mediciones realizadas serán correctas siempre y cuando las pilas se reemplacen antes de que su voltaje disminuya por debajo de 7,5 V.

Comprobación y Cambio de Pilas del Fotómetro Solar GLOBE

Guía de Laboratorio

Actividad

Comprobar la pila del fotómetro solar y reemplazarla si fuera necesario.

Qué se Necesita

- Destornillador pequeño de estrella
- Voltímetro
- Cualquier pila estándar nueva de 9 V, si la vieja necesita ser reemplazada (no se recomienda utilizar pilas recargables para este instrumento)

En el Laboratorio

1. Abrir la carcasa quitando los cuatro tornillos de la tapa.
No extraer la placa base impresa ni alterar de ningún modo los componentes electrónicos.
No tocar la superficie frontal de los detectores LED (los dispositivos verdes y rojos circulares que se encuentran en la parte delantera de la placa base impresa).
2. Con el instrumento encendido, utilizar un voltímetro para medir el voltaje entre los dos polos del soporte de la pila.
Se debe tener en cuenta que las pilas nuevas de 9 voltios generalmente producen voltajes mayores de 9V, y pueden incluso producir voltajes superiores a 10V.
3. Si el voltaje fuera inferior a 7.5 V, cambiar la pila. Se podrá utilizar cualquier pila estándar de 9 V. Las pilas alcalinas son más caras que otras, y no son necesarias. Se debe tener en cuenta que los conectores de los polos + y – son diferentes, por lo que sólo existe una manera de que la pila encaje en su soporte. No se recomienda utilizar pilas recargables en este instrumento.
4. Cuando se haya terminado, comprobar el funcionamiento del fotómetro solar permitiendo que llegue la luz del sol a los detectores LED. No es necesario colocar la tapa mientras se está realizando esta comprobación. Siempre que un LED no esté a la sombra, se debería observar un voltaje sustancialmente mayor al voltaje en “oscuridad”.
5. Cuando se esté seguro de que fotómetro funciona, colocar la tapa. Si el fotómetro tiene una tira de protección en la tapa, hay que asegurarse de que la tapa esté orientada de manera que la tira se ajuste contra la parte superior de la placa base impresa. Apretar los tornillos hasta que estén bien ajustados, pero sin forzarlos.

Para comprobar que el cambio de pila no ha variado la calibración del instrumento, esperar a que haya un día claro. Realizar algunas mediciones justo antes y después de cambiar la pila. Estas mediciones deberían concordar, siempre y cuando el voltaje de la pila vieja no fuera significativamente inferior a 7,5 V.

Preparación del Alumnado

1. Antes de llevar a cabo este protocolo, sería útil dedicar unos minutos en la clase o en el laboratorio practicando la forma de usar un voltímetro digital. Cuando el voltímetro esté conectado a un circuito que no esté produciendo ninguna señal de voltaje, el visualizador digital puede indicar la presencia de un voltaje pequeño, (quizás de unos pocos milivoltios). Esta es una operación normal, pero puede confundir al alumnado, que espera ver un voltaje de 0,0 V. (Nota: Si el fotómetro solar posee un voltímetro incorporado, no es necesario un voltímetro digital externo para realizar las mediciones. Sin embargo, si se dispone de un voltímetro digital externo, puede resultar una actividad interesante).
2. Para calcular el espesor óptico de aerosoles a partir de las mediciones, GLOBE se debe saber la presión barométrica real del sitio de estudio cuando se realizan las mediciones. La fuente de información preferida para obtener la presión barométrica local es la fuente de información meteorológica local online, la radio o la televisión (tal como el Servicio Nacional Meteorológico en los EE.UU.). Ver el *Protocolo Opcional de Presión Atmosférica*. La localización de esta fuente sería parte de la preparación del alumnado para este Protocolo. Si no está disponible, existen otras opciones recogidas en *Preparación Para Realizar Mediciones*, más abajo. Casi siempre, la presión barométrica que se indica es la que se obtendría al nivel del mar. Esto permite a los meteorólogos trazar mapas del tiempo sobre terrenos con altitudes variadas. GLOBE utiliza los datos de altitud de la definición del sitio de estudio para ajustar la presión a nivel del mar que se les envía a la presión en la estación que sería necesaria para calcular el AOT.

3. La temperatura y humedad relativa del aire actuales son también muy útiles como información complementaria para este protocolo. Pedir al alumnado que practique estas mediciones también. Ver la *Guía de Campo del Protocolo de la Temperatura Digital Multi-día Máxima/Mínima y Actual*, pasos del 1 al 5 de la *Guía de Campo del Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima, y Actual*, pasos 1-4 de la *Guía de Campo de Protocolo de Temperatura Digital Un-día Máxima, Mínima y Actual* o la *Guía de Campo del Protocolo de Temperatura Actual del Aire* y el *Protocolo de Humedad Relativa*.
4. La presencia de nubes altas y delgadas (cirros) frente al Sol afectará a las lecturas del fotómetro solar. Esta es la razón por la cual es importante que el alumnado adquiera experiencia en la identificación de nubes, especialmente cirros, como se describe en el *Protocolo de Nubes*.
5. Es fundamental realizar mediciones con el fotómetro solar de la manera indicada y en condiciones de cielo aceptables. Se proporciona una *Guía de Preparación en el Aula* como ayuda a la preparación. Ésta describe en detalle los pasos necesarios para realizar y registrar las mediciones, junto con las explicaciones de cada paso. Completa la *Guía de Campo*, que simplemente enumera los pasos, sin explicación. Como parte de la preparación para este protocolo, el alumnado debería estudiar la *Guía de Preparación en el Aula*, para asegurarse de que comprenden las partes importantes de cada paso.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

- ¿Hasta qué punto está el AOT relacionado con otras variables atmosféricas - temperatura, tipo y cobertura de nubes, precipitación, humedad relativa, presión atmosférica y concentración de ozono?
- ¿Qué relación hay entre el aspecto de un edificio o el color del cielo con el AOT?
- ¿Varía el AOT con la altitud del sitio de estudio? Si es así, ¿cómo?
- ¿Cómo varía el AOT con el cambio de un entorno urbano a rural?
- ¿Cómo varía el AOT con las estaciones?

Protocolo de Aerosoles

Guía de Preparación en el Aula

Actividad

Registrar la lectura del máximo voltaje que se obtenga dirigiendo el fotómetro hacia el sol.

Anotar la hora exacta de esta medición.

Observar y registrar las condiciones de nubosidad, la temperatura actual del aire, y la humedad relativa.

Qué se Necesita

- Fotómetro solar GLOBE calibrado y alineado
- Voltímetro digital (si el fotómetro no dispone de uno incorporado)
- Reloj, preferiblemente digital, o receptor GPS
- Hoja de Datos de Aerosoles
- Tabla de Nubes GLOBE
- Barómetro (opcional)
- Termómetro
- Higrómetro o psicrómetro giratorio.
- Guías de Campo* de nubes, humedad relativa y un protocolo de temperatura del aire.
- Lapicero o lápiz .

Preparación para Realizar Mediciones

Para que el Equipo Científico pueda interpretar las mediciones realizadas con el fotómetro solar, se debe proporcionar la longitud, la latitud y la altitud de sitio de observación, al igual que para otras mediciones GLOBE. Esto se realizará una vez, al definir el sitio de estudio de Atmósfera. Con cada medición se deberá proporcionar otro tipo de valores y observaciones, como se muestra en el formulario de introducción de datos. El propósito de esta sección es proporcionar la información necesaria para completar la introducción de datos.

Tiempo

Es importante informar con precisión de la hora a la que se realizan las mediciones porque el Equipo Científico necesita calcular la posición solar en el sitio de estudio, y este cálculo depende de la hora. El estándar GLOBE para informar sobre la hora es UT, que se puede calcular a partir de la hora local correspondiente a la zona horaria y la época del año. Para este protocolo, es absolutamente fundamental convertir la hora local a UT correctamente; teniendo especial cuidado cuando se estén aplicando los cambios de hora para el aprovechamiento de la luz diurna (políticas de ahorro energético).

La precisión mínima con la que debería tomarse la hora es de 30 segundos. Un reloj digital es más fácil de usar que uno analógico, pero en ambos casos se debe contrastar con un estándar fiable. Los requisitos en cuanto a la precisión de la hora de este protocolo son más estrictos que para otros protocolos GLOBE. Sin embargo, no es difícil poner el reloj en hora para ajustarse al estándar. La hora se puede obtener online en la web www.time.gov. En muchos lugares, se puede conseguir la hora por teléfono, llamando a una emisora de radio o televisión local. El receptor GPS también proporciona la hora en UT. En algunos lugares se puede adquirir un reloj que se ajusta de manera automática al detectar las señales de radio procedentes de una fuente oficial horaria proporcionada por el gobierno. (En EE.UU., por ejemplo, la señal denominada “reloj atómico” se transmite por el canal WWBV).

Puede ser tentador utilizar la hora que muestra la computadora como estándar. Sin embargo, esto no es una buena idea, ya que (quizá sorprendentemente) los relojes de las computadoras no son muy exactos, y se deben ajustar periódicamente según un estándar fiable. Se debe tener en cuenta que

algunos sistemas operativos de ordenadores cambian automáticamente la hora de estándar a verano (aprovechamiento de luz solar) y viceversa. Hay que tener en cuenta cuándo se produce este cambio, si se está convirtiendo manualmente la hora local en UT.

La hora del día más adecuada para realizar las mediciones con el fotómetro solar, en la mayoría de las latitudes y durante casi todo el año, es a media mañana. Sin embargo, también es aceptable realizar estas mediciones entre la media mañana y la media tarde. Independientemente de la hora a la que se realicen las mediciones, hay que asegurarse de informar sobre la UT lo más exactamente posible, según se especifica más arriba. El Equipo Científico entiende que puede ser más fácil realizar estas mediciones al mismo tiempo que se recogen otros datos atmosféricos. Las mediciones se deberían hacer cuando la masa relativa de aire es inferior a 2, siempre que sea posible. (Consulta la Actividad de Aprendizaje para Obtener la Masa de Aire Relativa. Una masa relativa de aire de 2 corresponde a un ángulo de elevación solar de 30 grados). Durante el invierno, en latitudes más altas y templadas, la masa relativa de aire en su zona puede que sea siempre mayor a 2. A pesar de ello se pueden realizar mediciones, pero siempre lo más cercanas al mediodía solar como sea posible.

Si se están realizando las mediciones del fotómetro solar como apoyo a actividades de validación de las observaciones de la superficie de la Tierra desde satélites, la hora de las mediciones se basará en las horas a las que los satélites pasan por su sitio de estudio.

Condiciones del Cielo

Cuando se registren las mediciones del fotómetro solar, se debería también anotar otra información sobre el cielo, tal como la cobertura y el tipo de nubes, el color del cielo, y una valoración propia sobre la claridad o la calima del cielo.

El color y la claridad del cielo son mediciones subjetivas, pero, con la práctica, se puede llegar a adquirir consistencia en las observaciones. Por ejemplo, se puede aprender a reconocer fácilmente el cielo de color azul brillante asociado a un bajo espesor óptico de aerosoles. A medida que la concentración de aerosoles aumenta, el color del cielo cambia a un color azul menos intenso. Puede aparecer blanquecino más que despejado. En algunos lugares, especialmente en zonas urbanas y cerca de ellas, el cielo puede tener un tinte marrón o amarillento debido a la contaminación (principalmente partículas y NO₂).

Cuando existen razones obvias para los altos valores de espesor óptico de aerosoles, el Equipo Científico debe conocerlas. Esta es la razón por la que se pide que se comente a qué se puede deber la calima del cielo. Podría deberse a la contaminación urbana del aire, a una erupción volcánica o al polvo producido por la actividad agraria, por ejemplo.

Las mediciones del fotómetro solar únicamente se pueden interpretar correctamente cuando el sol no está oculto por las nubes. Esto no significa que el cielo deba estar completamente despejado, sino que no debe haber nubes cerca del sol. Esta no es siempre una decisión simple. Es fácil determinar si hay nubes bajas o medias cerca del sol, pero los cirros suponen un problema mayor. Estas nubes son frecuentemente finas, y puede que parezca que no bloquean una cantidad significativa de luz solar. Sin embargo, incluso los cirros más finos pueden influir en las mediciones del fotómetro solar. Por esta razón, si se observan cirros antes o después de la hora en la que se realizan las mediciones, se debe anotar este hecho en el formulario de introducción de datos.

Otra situación problemática se produce cuando hay tiempo típico del verano, especialmente en las áreas cercanas a los grandes núcleos urbanos. En estas condiciones, con cielos muy brumosos y tiempo cálido y húmedo, es difícil distinguir los límites de las nubes. Tales condiciones pueden producir valores relativamente altos de espesor óptico de aerosoles (cualquier valor superior a 0,3-0,5) que puede que no sean representativos del estado real de la atmósfera. Es importante describir tales condiciones siempre que se realicen las mediciones.

Para ayudar a distinguir los límites de las nubes se puede observar el cielo a través de unas gafas de sol de color naranja o rojo, o de un plástico traslúcido naranja o rojo. Estos colores filtran la luz azul del cielo, y permiten distinguir mejor las nubes.

¡No se debe mirar nunca directamente al sol, aunque se haga a través de gafas de color o láminas de plástico! Esto podría dañar los ojos.

La niebla es otro problema potencial. Puede hacer que las cosas aparezcan confusas. Pero la niebla

(una nube de tipo estrato a nivel del suelo) no es lo mismo que la neblina atmosférica producida por los aerosoles. Las condiciones en las que el sol brilla a través de la niebla, aunque sea fina, son inadecuadas para realizar mediciones con el fotómetro solar. En muchos lugares la niebla se disipa antes del mediodía, por lo que no afectará a las mediciones.

Siempre que se intente determinar las condiciones del cielo antes de realizar mediciones con el fotómetro solar, se debe bloquear la luz del sol con un libro, una hoja de papel, un edificio, un árbol, o algún otro objeto. Una regla práctica es que si se puede ver cualquier sombra proyectada en el suelo, no se debe intentar mirar al sol. En caso de duda, o si se piensa que no se pueden determinar las condiciones del cielo cerca del sol, ¡no realice las mediciones!

Temperatura

Los componentes electrónicos del fotómetro solar GLOBE, y especialmente los detectores LED, son sensibles a la temperatura. Esto significa que el resultado cambiará si el fotómetro se enfría o se calienta, aunque las condiciones de luz sean las mismas. Por ello, es importante mantener el fotómetro solar aproximadamente a temperatura ambiente. Para advertir al Equipo Científico sobre problemas potenciales con la temperatura, se pide que se envíe la temperatura del aire junto con las mediciones del fotómetro solar.

Si se realizan mediciones con el fotómetro solar al mismo tiempo que se toman los datos de temperatura de la estación meteorológica, se puede utilizar esa temperatura actual. De lo contrario, se deberá medir la temperatura por separado. La mejor manera de obtener los valores de temperatura del aire es seguir los *Protocolos de Temperatura* GLOBE, usando un termómetro que cumpla los estándares GLOBE y que se encuentre montado en una caseta meteorológica apropiada. Como alternativa, un valor se puede obtener de una fuente online o de un termómetro que no se ajuste necesariamente a los estándares GLOBE. Los valores de temperatura no GLOBE se deben enviar como metadata en la *Hoja de Datos*, y no en el campo de temperatura del aire.

En términos de funcionamiento de los instrumentos, la temperatura que importa no es necesariamente la temperatura exterior, sino la que existe en el interior del fotómetro solar. Los fotómetros solares más nuevos de GLOBE llevan incorporado un sensor que controla la temperatura del aire en el interior del instrumento, junto a los detectores LED. Estos aparatos van equipados con un interruptor giratorio en la parte superior de la carcasa en lugar de un conmutador de canal rojo / verde. Si el fotómetro solar dispone de este interruptor, hay un apartado para anotar la temperatura de la carcasa en la *Hoja de Datos*. La temperatura, en grados centígrados, es 100 veces el voltaje que se visualiza en el voltímetro, cuando se selecciona el canal T. Por ejemplo, para una lectura de 0,225 V corresponde a una temperatura de 22,5 °C. Lo ideal sería que esta temperatura fuera cercana a los 20 grados.

Para minimizar los problemas de sensibilidad a la temperatura se pueden realizar algunos pasos. Mantener el fotómetro solar en el interior, a temperatura ambiente, y sacarlo únicamente cuando se esté preparado para realizar las mediciones. En invierno conviene llevarlo al sitio de estudio protegido con el abrigo, por ejemplo, para mantenerlo a una temperatura templada. Con temperaturas muy bajas o muy altas se puede envolver el instrumento en un material aislante como una bolsa hermética para bocadillos, una toalla, o entre trozos de poliestireno. En verano, proteger el aparato de la luz directa del sol siempre que no se estén realizando mediciones. Se debería practicar la realización y anotación de mediciones de manera que un grupo entero de mediciones de voltaje no lleve más de dos o tres minutos.

Humedad Relativa

La humedad relativa es una útil información adicional en los metadatos de los *Protocolos de Aerosoles*, porque valores altos (o bajos) de humedad relativa están frecuentemente asociados a valores altos (o bajos) de espesor óptico de aerosoles. Hay un *Protocolo de Humedad Relativa* disponible para esta medición, el cual requiere un higrómetro digital o un psicrómetro giratorio, pero es también válido utilizar valores obtenidos online o retransmitidos en el intervalo de una hora respecto a las mediciones realizadas con el fotómetro solar. Los valores obtenidos en línea sólo se deberán comunicar como comentarios, mientras que aquellos obtenidos siguiendo el *Protocolo de Humedad Relativa* son datos GLOBE válidos, y se pueden enviar como tales.

Presión Barométrica

A diferencia de los valores anteriormente descritos en esta sección, es necesaria la presión de la estación en el sitio de estudio para calcular el espesor óptico de aerosoles. A no ser que el sitio de estudio se encuentre cercano al nivel del mar, la presión barométrica que se muestra en los pronósticos meteorológicos, en el periódico local y en la Web no es presión en la estación. ¿Por qué? Porque en estas fuentes la presión barométrica real se ha ajustado a la que correspondería a nivel del mar. Esto permite a los meteorólogos hacer mapas que muestren el movimiento de las masas de aire en grandes áreas, independientemente de la variación de la altitud. La presión barométrica disminuye aproximadamente 1mbar cada 10 metros de altura. (Ver figura AT-I-1 y el *Protocolo Opcional de Presión Barométrica*).

Como se indica más abajo, la mejor fuente de presión barométrica sería aquella que proporcione un valor calculado para su zona. La segunda opción es dejar el campo de presión barométrica en blanco. En este caso, GLOBE rellenará la presión barométrica con un valor obtenido a partir de un modelo generado por la computadora. Si se ha calibrado el barómetro de manera que muestre la presión a nivel del mar y se confía en tal calibración, se debe enviar ésta lectura. Sin embargo, los barómetros aneroides típicos se deben calibrar periódicamente como se indica en el *Protocolo Opcional de Presión Barométrica*. A grandes altitudes puede que no sea posible calibrar el barómetro para que proporcione un valor equivalente a nivel del mar.

En el Campo

Es mucho más fácil realizar y anotar las mediciones con dos personas que una sola. Si se puede trabajar en equipo, dividir las tareas y practicar antes de empezar a anotar las mediciones reales.

1. Conectar un voltímetro digital al fotómetro solar.

Saltar este paso si el fotómetro solar tiene un voltímetro integrado. Si se necesita voltímetro no utilizar uno analógico, que no se pueda leer con suficiente precisión como requiere esta actividad. Hay que asegurarse de conectar el polo rojo en el enchufe rojo y el polo negro en el enchufe negro.

2. Encender el voltímetro digital y el fotómetro solar.

Si el fotómetro solar tiene un voltímetro integrado, el mismo interruptor enciende el fotómetro y el voltímetro, y no hay que preocuparse de seleccionar un rango apropiado de voltaje.

Si se utiliza un voltímetro externo, seleccionar el rango de voltaje apropiado en corriente continua. Se debe tener cuidado de no seleccionar la configuración de corriente alterna. El rango apropiado depende del voltímetro. Si tiene una opción de 2 V (voltios) o 2000 mV (milivoltios), prueba con ella primero. Si el fotómetro supera los 2 V, utiliza el siguiente rango superior, generalmente 20 V. Algunos voltímetros se ajustan automáticamente, lo que significa que solo hay una posición para voltaje de corriente continua y el voltímetro automáticamente selecciona el rango de voltaje adecuado. Si se utiliza un voltímetro con auto-ajuste, hay que asegurarse de que se sabe cómo leer los voltajes.



detectores.

Hay que tener en cuenta que si se tiene conectado un voltímetro digital al fotómetro solar cuando el fotómetro está apagado se obtendrán lecturas impredecibles en el voltímetro, en lugar del valor 0 V que cabría esperar. Esto es normal en los voltímetros digitales. También se producirán lecturas de voltaje erráticas si la batería del fotómetro solar es demasiado baja. Cuando se enciende el fotómetro y está funcionando correctamente, el voltímetro debería mostrar una lectura estable de no más de unos pocos milivoltios al interior de un lugar o cuando la luz del sol no llega a los detectores; o un valor que se encuentre en el rango de unos 0,5-2 V, cuando la luz solar llega a los

3. Si el fotómetro solar posee un interruptor giratorio en la parte superior de la carcasa, seleccionar la posición “T” y anotar el voltaje.

Multiplicar la lectura del voltaje por 100 y anotar este valor.

4. Seleccionar el canal verde del fotómetro solar (la página de introducción de datos de GLOBE pide el canal verde primero).

5. Sujetar el instrumento frente a nosotros a la altura del pecho o, si es posible, sentarse o apoyarse en un lugar fijo y sujetar el aparato entre las rodillas. Buscar el punto que crea el sol al brillar a través del soporte de alineación frontal.

Regla de seguridad importante:

¡Bajo ninguna circunstancia se debe mantener el fotómetro solar a nivel de los ojos e intentar mirar a través de los soportes!

Ajustar la alineación del aparato hasta que el punto de luz solar que atraviesa el soporte de alineación frontal llegue al trasero.

6. Ajustar la alineación hasta que el punto de luz solar esté centrado sobre el lugar coloreado apropiado en el soporte de alineación trasero. Anotar este valor en la *Hoja de Datos*.

La carcasa del fotómetro solar tendrá uno o dos orificios en la parte frontal. Si posee uno, el soporte de alineación trasero tendrá dos pequeños círculos de alineación coloreados, uno verde y otro rojo. El punto de luz solar se debe encajar en el círculo verde si se están realizando medidas de la banda verde y en el rojo si se está midiendo la banda roja. Si el fotómetro tiene dos orificios, el soporte de alineación trasero tendrá un círculo de alineación azul. El punto de luz solar deberá estar centrado en este círculo, independientemente de que se estén realizando mediciones de la banda verde o roja.

Cuando se ajusta la alineación del fotómetro de manera que el punto de luz solar quede dentro del círculo de alineación, la luz solar que pasa a través del orificio o de los orificios de la parte frontal de la carcasa está centrada con el sensor LED del interior. Aprender a centrar punto de luz solar con el círculo de alineación supone algo de práctica. Hay que asegurarse de que la alineación es estable, antes de empezar a anotar los voltajes. Sería de gran ayuda poder apoyar el aparato en una silla, poste u otro objeto fijo. El proceso de medición completo no debería llevar más de 15 ó 20 segundos por cada lectura de cada banda. Hay que asegurarse de anotar todos los dígitos que se muestran en el voltímetro.

A no ser que el cielo presente mucha calima o que se estén realizando mediciones a última hora de la tarde o a primera hora de la mañana, el voltaje debería ser superior a 0,5 V. Si se está utilizando un voltímetro con auto-ajuste, el rango cambiará automáticamente al dirigirlo directamente hacia el sol (de un rango apropiado para mostrar el voltaje en la oscuridad a un rango apropiado para mostrar el voltaje de la luz solar).

Pequeños movimientos del fotómetro pueden hacer que el voltaje varíe unos milivoltios. Incluso si el fotómetro solar está completamente quieto y alineado adecuadamente con el sol, el voltaje puede variar un poco. Esto se debe a las propias fluctuaciones de la atmósfera. Cuanto más calima haya, mayores serán las fluctuaciones. No hay que hacer una media de las lecturas del voltímetro. Es importante anotar únicamente el máximo voltaje que se obtenga durante los pocos segundos que dura una medición, comenzando sólo después de que la alineación en el aparato se haya estabilizado. Hay un pequeño tiempo de demora entre el momento en que cambia el voltaje y el instante en que ese cambio se refleja en la lectura digital. Con un poco de práctica se aprende a compensar este pequeño lapso de tiempo.

7. Anotar la hora en la que se ha obtenido el máximo voltaje con la mayor precisión posible. Es imprescindible una precisión de entre 15-30 segundos.
8. Mientras se esté dirigiendo el fotómetro hacia el sol, se deben cubrir los orificios con el dedo para evitar que penetre en el interior de la carcasa toda la luz. Tomar la lectura del voltaje y anotar este voltaje en la oscuridad en la *Hoja de Datos*.
Tener en cuenta que el voltaje en la oscuridad se debe tomar en voltios, en lugar de milivoltios, independientemente de la configuración del rango del voltímetro digital. Es fundamental anotar tanto el voltaje en la oscuridad como de la luz solar en voltios. Es importante anotar el voltaje en la oscuridad de manera precisa, tomando todos los dígitos que se muestran en el voltímetro. El voltaje en la oscuridad debería ser inferior a 0,20 V (20 mV). Dependiendo de las características del aparato y del rango configurado, el voltaje en la oscuridad puede ser 0 V. Si es así, anotar 0,000 V como voltaje en la oscuridad.
9. Seleccionar el otro canal del fotómetro (el rojo, suponiendo que se ha comenzado por el verde) y repetir los pasos 6 a 8.
Cuando se tenga experiencia con el fotómetro solar, no será necesario repetir el paso 8 después de cada medición de voltaje de luz solar. De hecho, los voltajes en la oscuridad no deberían variar durante un grupo de mediciones. Si este valor varía en más de un milivoltio significa que el aparato se está calentando o enfriando mucho durante la medición, y será necesario desarrollar una estrategia de medición que evite que esto ocurra.
10. Repetir los pasos 4 al 9 al menos dos veces más, y no más de cuatro veces.
Esto proporcionará entre tres y cinco pares de mediciones verdes/rojas en total. Es buena idea ser sistemático en cuanto al orden en el que se realizan las mediciones; se debería anotar verde, rojo, verde, rojo, verde, rojo, verde, rojo, verde, rojo.
El tiempo entre medidas no es importante siempre y cuando se anote la hora con precisión. Sin embargo, como se indicó anteriormente, se debería intentar minimizar el tiempo total necesario para realizar un grupo de mediciones. Se debe recordar que las mediciones no serán precisas si el fotómetro solar está significativamente más frío o más caliente que la temperatura ambiente.
11. Si el fotómetro solar posee un interruptor giratorio en la parte superior de la carcasa, seleccionar la posición “T” y anotar el voltaje.
Multiplicar la lectura del voltaje por 100 y anotar este valor.
12. Apagar el fotómetro solar y el voltímetro (si el aparato no tiene un voltímetro digital incorporado).
El voltímetro se puede desconectar o dejarlo conectado, dependiendo si se utiliza o no para otras cosas.
13. Se debe anotar la presencia de cualquier nube en las proximidades del Sol en la sección *Comentarios de La Hoja de Datos de Aerosoles*. El tipo de nubes se determinará a partir de la Carta de Nubes GLOBE.
14. Llevar a cabo los *Protocolos de Nubes* y anotar las observaciones en la *Hoja de Datos de Aerosoles*.
15. Realizar el *Protocolo de Humedad Relativa* y anotar las observaciones *Hoja de Datos de Aerosoles*.
16. Leer y anotar la temperatura actual redondeando al 0,5° C más cercano siguiendo uno de los protocolos de temperatura del aire.
Hay cuatro *Guías de Campo* de las que elegir la *Guía de Preparación del Alumnado*.
Hay que tener cuidado de no tocar o respirar sobre el termómetro.
17. Completar el resto de la *Hoja de Datos de Aerosoles*. Esto se puede hacer una vez de vuelta en el aula.

Protocolo de Aerosoles

Guía de campo

Actividad

Anotar el máximo voltaje obtenido al dirigir el fotómetro hacia el sol.

Anotar la hora exacta de la medición.

Observar y registrar las condiciones de nubosidad, la temperatura actual del aire y la humedad relativa.

Qué se Necesita

- Fotómetro solar GLOBE calibrado y alineado.
- Voltímetro digital.
- Reloj, preferiblemente digital o un receptor GPS.
- Hoja de Datos de Aerosoles*.
- Carta de Nubes GLOBE.
- Barómetro (opcional).
- Termómetro.
- Higrómetro o psicrómetro giratorio.
- Guías de Campo* de nubes, humedad relativa y un protocolo de temperatura del aire.
- Lápiz o lapicero

En el Campo

1. Conectar un voltímetro digital al fotómetro solar (obviar este paso si el fotómetro solar posee un voltímetro digital incorporado).
2. Encender el voltímetro digital y el fotómetro solar.
3. Si el fotómetro solar posee un interruptor giratorio en la parte superior de la carcasa, seleccionar la posición “T” y anotar este voltaje multiplicado por 100.
4. Seleccionar el canal verde.
5. Situarse de cara al sol y dirigir el fotómetro hacia él. (¡No mirar directamente al sol!).
6. Ajustar la alineación hasta que se pueda ver el voltaje máximo en el voltímetro digital. Anotar este valor en la *Hoja de Datos*.
7. Anotar la hora a la que se ha observado el máximo voltaje, con la mayor precisión posible, con una aproximación de 15 segundos.
8. Mientras se dirige el fotómetro solar hacia el sol, cubrir el orificio con el dedo para evitar que la luz penetre en el interior de la carcasa. Tomar la lectura del voltaje y anotar este dato como voltaje en la oscuridad en la *Hoja de Datos*.
9. Seleccionar el canal rojo (suponiendo que se ha empezado con el canal verde) y repetir los pasos 6 a 8.
10. Repetir los pasos 3-9 al menos dos veces, y no más de cuatro.
11. Si el fotómetro solar posee un interruptor giratorio en la parte superior de la carcasa, seleccionar la posición “T” y anotar este valor multiplicado por 100.
12. Apagar tanto el fotómetro solar como el voltímetro.
13. Anotar la presencia de cualquier nube en las proximidades del sol en la sección de comentarios (metadata). Determinar el tipo de nube utilizando la Carta de Nubes GLOBE.
14. Realizar los *Protocolos de Nubes* y anotar las observaciones en la *Hoja de Datos de Aerosoles*.
15. Realizar el *Protocolo de Humedad Relativa* y anotar las observaciones en la *Hoja de Datos de Aerosoles*.
16. Leer y anotar la temperatura actual del aire redondeando al 0,5° C más cercano, siguiendo uno de los protocolos de temperatura del aire.
17. Completar el resto de la *Hoja de Datos de Aerosoles*.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Qué es un fotómetro solar y que mide?

Un fotómetro solar es un instrumento que mide la cantidad de luz solar. La mayoría de los fotómetros solares miden la luz solar en una estrecha gama de colores o de longitudes de onda. Todos deberían medir únicamente la luz solar que llega directamente del sol y no la luz solar dispersada por las moléculas de aire y los aerosoles. Por ello, el fotómetro solar se dirige directamente hacia el Sol y la luz se hace pasar por un pequeño orificio (agujero o abertura) que limita en gran medida la cantidad de luz dispersa que llega al detector del instrumento.

2. El fotómetro solar GLOBE utiliza un diodo emisor de luz (LED) como detector de luz solar. ¿Qué es un LED?

Un diodo emisor de luz es un dispositivo semiconductor que emite luz cuando una corriente eléctrica pasa a través de él. El dispositivo es un pequeño chip con un diámetro de sólo una fracción de milímetro. En el fotómetro solar GLOBE, este chip se encuentra en una caja protectora epoxídica de 5 mm de diámetro. Estos dispositivos se pueden encontrar en una amplia gama de instrumentos electrónicos y productos de consumo. El proceso físico por el cual el LED emite luz también se produce en sentido inverso: si la luz incide en un LED se produce una pequeña corriente. Los componentes electrónicos en el fotómetro solar amplifican esta corriente y la convierten en un voltaje.

Generalmente, la longitud de onda de luz detectada por un LED es más corta que la emitida por el propio LED. Por ejemplo, ciertos LEDs rojos son relativamente buenos detectores de la luz naranja. El LED en el fotómetro solar GLOBE emite luz verde con un valor máximo de unos 565 nm. Detecta la luz con un máximo en unos 525 nm, que está más cerca del color azul del espectro lumínico.

3. ¿Qué es el campo visual de un fotómetro solar y por qué es importante?

La ecuación que describe teóricamente cómo interpretar las mediciones del fotómetro solar necesita que el instrumento reciba únicamente luz procedente directamente del sol, es decir, luz que llega en línea recta desde el sol hasta el detector de luz.

Este requisito sólo se puede cumplir de manera aproximada en la práctica, ya que todos los fotómetros solares recogerán algo de luz dispersa. El cono de luz que recoge un fotómetro solar es lo que se denomina su campo visual, y lo deseable es que este cono sea lo más estrecho posible. El campo visual de un fotómetro solar GLOBE es de unos 2,5 grados, lo que los científicos GLOBE han considerado un equilibrio razonable entre el ideal teórico y las consideraciones prácticas de la construcción de un instrumento manual. Para ello se ha tenido en cuenta que cuanto más pequeño es el campo visual, más difícil resulta dirigir el instrumento con precisión hacia el Sol. Los fotómetros solares muy caros, con sistemas electrónicos y motores que alinean los sensores con el Sol, tienen habitualmente un campo visual de 1 grado o menos. Algunos estudios han demostrado que el error cometido por campos visuales mayores es despreciable para las condiciones en las que se debería utilizar el fotómetro solar GLOBE.

4. ¿Qué importancia tiene evitar que el fotómetro se caliente o enfríe demasiado mientras se están realizando las mediciones?

El sensor LED del fotómetro solar es sensible a la temperatura, por lo que su lectura está ligeramente influida por su temperatura. Por ello, es muy importante proteger el instrumento del calentamiento en exceso en verano y del frío extremo en invierno. En verano, es fundamental mantener el instrumento alejado de la luz solar directa cuando no se están realizando mediciones. En invierno, es imprescindible mantener el aparato a una temperatura cálida; se puede proteger con el abrigo entre una medición y otra.

Nunca se debe dejar el fotómetro a la intemperie por largos periodos de tiempo. La carcasa del fotómetro en sí misma proporciona algo de protección de los cambios de temperatura que pueden afectar a los componentes electrónicos internos. (Esta es la razón por la que los nuevos fotómetros solares GLOBE poseen un sensor de temperatura incorporado que controla la temperatura del aire en el interior de la carcasa, cerca de los sensores). Si se siguen estas precauciones y se realizan las mediciones tan rápido como sea posible, entonces las mediciones serán adecuadas.

En condiciones extremas (verano o invierno), se debería considerar la posibilidad de construir una caja protectora aislante para el fotómetro solar. Se puede usar espuma de poliestireno u otros tipos de espuma plástica, realizando aberturas para los interruptores de apagado y encendido y para el orificio para la luz solar, y un canal para que la luz solar llegue desde el orificio del soporte de alineación frontal hasta el objetivo en el soporte trasero. El orificio para la apertura de la luz solar no debería ser más pequeño en diámetro que el espesor del material aislante, y en ningún caso más pequeño de 1 cm.

5. Se me ha caído el fotómetro solar. ¿Qué debería hacer ahora?

Afortunadamente, los componentes internos del fotómetro solar son muy resistentes, por lo que deberían soportar una caída. Compruebe si existen grietas en la carcasa. Incluso si la carcasa tiene grietas debería funcionar. Cubrir únicamente las grietas con algo opaco, como cinta adhesiva. Abra la carcasa y asegúrese de que todo esté en su sitio. En particular, hay que asegurarse de que la pila sigue firmemente adherida a los terminales de su soporte.

Si los soportes de alineación se han movido o están sueltos debido a la caída, entonces se debe enviar el fotómetro solar al Equipo Científico GLOBE para su realineación y recalibrado.

6. ¿Cómo se puede saber si el fotómetro solar funciona correctamente?

Cuando se enciende el fotómetro solar sin dirigirlo hacia el sol, se debería observar un voltaje no superior a 20 mV. En algunos aparatos, los voltajes en la oscuridad son inferiores a 1 mV. Cuando se dirige el instrumento directamente hacia el sol, el voltaje debería aumentar hasta un valor en un rango de 0,5-2,0 V. Sólo en condiciones de mucha calima, al anochecer, o al amanecer, se debería tener un voltaje de luz solar inferior a 0,5 V. Si no se obtienen estos voltajes, entonces el fotómetro no funciona correctamente. La razón más probable para que un fotómetro solar no funcione es que la carga de la pila no sea suficiente para hacer funcionar los componentes electrónicos. Si se sospecha que es este el caso, comprobar el voltaje de la pila, y reemplazarla según las instrucciones dadas en *Comprobación de la Pila del Fotómetro Solar GLOBE*. Recuerde

que una pila sin carga o con poca carga no mostrará un voltaje de luz solar de 0 V, sino que hará que el voltímetro muestre valores erráticos. Si todavía se piensa que se podría tener un problema, contacte con GLOBE, para recibir ayuda.

7. ¿Qué significa calibrar un fotómetro solar?

Un fotómetro solar se considera calibrado si se conoce su constante extraterrestre. Este es el voltaje que se mediría con el fotómetro solar si no hubiera atmósfera entre el fotómetro y el sol. Como ejercicio, se podría pensar en dirigir el fotómetro solar al sol desde la plataforma de la Lanzadera Espacial mientras orbita la Tierra más allá de la atmósfera. El voltaje que se mediría sería la constante extraterrestre del instrumento. Este valor depende principalmente de la longitud de onda a la que el fotómetro solar detecta la luz y también de la distancia entre la Tierra y el Sol. (Esta distancia varía ligeramente debido a que la Tierra describe una órbita elíptica, más que circular, alrededor del sol).

Hay que tener en cuenta que si se pudiera realmente utilizar el fotómetro solar fuera de la atmósfera de la Tierra, no importaría el límite del campo de visión. ¿Por qué? Porque más allá de la atmósfera no existen moléculas de aire o aerosoles que dispersen la luz solar. Por ello, el fotómetro solar sólo recibiría luz solar directa.

En la práctica, los fotómetros solares se calibran infiriendo la constante extraterrestre a partir de las mediciones realizadas en la superficie de la Tierra. Esto se denomina el método del "Diagrama de Langley". Estas mediciones son difíciles de realizar en altitudes bajas con tiempo inestable. Los fotómetros solares GLOBE se calibran tomando como referencia instrumentos que ya han sido calibrados utilizando medidas realizadas en el Observatorio de Mauna Loa, que es mundialmente reconocido como uno de los mejores lugares para tal actividad.

Un proyecto interesante sería elaborar un diagrama de Langley de calibración propio y comparar los resultados con la calibración asignada a su fotómetro solar. Si se quisiera realizar esta actividad, contacte con GLOBE para recibir ayuda.

8. ¿Puedo construir mi propio fotómetro solar?

Se puede adquirir un kit de fotómetro solar. Construir un fotómetro solar implica soldar algunos componentes electrónicos, que es una habilidad que el alumnado puede aprender bajo la supervisión de alguien que lo haya hecho antes. Se puede comenzar a realizar mediciones tan pronto como se haya montado el instrumento. Sin embargo, en algún momento, se debería enviar el fotómetro solar al Equipo Científico de GLOBE para su calibración antes de que los datos se puedan aceptar en el Archivo de datos GLOBE.

9. ¿Con qué frecuencia debo hacer mediciones con el fotómetro solar?

El protocolo pide que se realicen mediciones diarias, siempre que el tiempo lo permita. En algunos lugares del mundo es posible que el tiempo no permita realizar mediciones durante muchos días. Se recomienda planificar la toma de mediciones los fines de semana y durante las vacaciones, especialmente durante las vacaciones de verano.

10. ¿Cómo puedo saber si el cielo está suficientemente despejado como para realizar mediciones con el fotómetro solar?

La regla básica es que el sol no debe estar cubierto por nubes durante la medición. No importa que haya nubes cerca del sol. Puede ser una decisión difícil, porque se supone que nunca se debe mirar directamente al sol. Se puede mirar el cielo cerca del sol ocultándolo con un cuaderno o un libro. Una idea mejor es utilizar la esquina de un edificio para tapar el Sol. Es también muy útil llevar gafas de sol para tomar estas decisiones, ya que protegen los ojos de las radiaciones UV. Las gafas tintadas de color naranja ayudarán a ver nubes casi invisibles de otra manera.

Si se tiene alguna duda sobre las mediciones se deben anotar en la sección de *Comentarios* de la *Hoja de Datos de Aerosoles* cuando se envíen las mediciones. Los cirros poco espesos son muy difíciles de detectar, pero pueden afectar de manera significativa a las mediciones del fotómetro solar. Si se ven cirros antes o después de una medición, hay que asegurarse de anotarlos en la descripción del cielo.

11. ¿Qué son los aerosoles?

Son partículas líquidas o sólidas suspendidas en el aire. Su tamaño va desde una fracción de micra hasta varios cientos de micras. Incluyen humo, bacterias, sal, polen, polvo, diversos contaminantes, hielo y diminutas gotas de agua. Estas partículas interactúan con y oscurecen la luz del Sol. El grado en que afectan a la luz solar depende de la longitud de onda de la luz y del tamaño de los aerosoles. Esta clase de interacción entre la luz y las partículas se denomina dispersión Mie, llamada así por el físico Alemán Gustav Mie, quien publicó la primera descripción matemática detallada de este fenómeno a principios del siglo veinte.

12. ¿Qué es el espesor óptico?

El espesor óptico (o profundidad óptica) hace referencia a la cantidad de luz que pasa a través de un material. La cantidad de luz transmitida puede ser muy pequeña (menor del 1%) o muy grande (casi del 100%). Cuanto mayor sea el espesor óptico, menos luz pasa a través de ese material. En lo referente a la atmósfera, el espesor óptico de aerosoles (AOT) describe en qué medida los aerosoles impiden la transmisión directa de la luz del Sol de una cierta longitud de onda a través de la atmósfera. En un día despejado, el AOT puede tener valores de 0,05 (casi un 95% de transmisión) o menor. Cielos con calima o humo pueden tener valores de AOT superiores a 1,0 (aproximadamente un 39% de transmisión).

El porcentaje de transmisión a través de la atmósfera es un modo alternativo de describir el mismo fenómeno. Existe una relación simple entre el AOT y la transmisión expresada en porcentaje:

$$\text{Transmisión (\%)} = 100 \times e^{(-AOT)}$$

Ver la Tabla AT-HA-1 para ver el porcentaje de transmisión para diferentes valores de AOT. Cualquier calculadora científica debería tener una función e^x . Intentar reproducir uno o más ejemplos de esta tabla para comprobar si se sabe como usar la calculadora para convertir el AOT a porcentaje de transmisión.

13. ¿Qué es la Ley de Beer?

August Beer fue un físico alemán del siglo diecinueve que trabajó en el campo de la óptica. Desarrolló el principio conocido como Ley de

Beer, que explica cómo la intensidad de un rayo de luz se reduce cuando pasa a través de diferentes medios. Otros físicos del siglo diecinueve estudiaron también esta ley y la aplicaron a la transmisión de la luz solar a través de la atmósfera. De aquí, que la ecuación utilizada para describir como trabaja un fotómetro solar haga referencia a la ley Beer/Lambert/Bouguer. Cuando se aplica al fotómetro solar, la Ley de Beer es

$$V_o = V(r/r_o)^2 \exp\{-m[AOT + \text{Rayleigh}(p/p_o)]\}$$

Donde r/r_o es la distancia entre la Tierra y el Sol en unidades astronómicas, m es la masa relativa del aire, AOT es el espesor óptico de aerosoles, Rayleigh es el espesor óptico debido a la dispersión Rayleigh, y p/p_o es la relación entre la presión atmosférica actual y la presión atmosférica estándar (1013,25 mbar). Es necesario manejar las funciones exponenciales y logarítmicas antes de utilizar la fórmula para calcular el espesor óptico de aerosoles. Además, se necesitará conocer las constantes de calibración del fotómetro solar:

- Un valor de V_o para cada uno de los dos canales, y los coeficientes Rayleigh correspondientes a cada longitudes de onda.

Si se quieren realizar estos cálculos, se necesitará obtener las constantes de calibración y los coeficientes Rayleigh de GLOBE.

14. ¿Qué es la masa relativa de aire (m)?

La masa relativa de aire (m) es una medida de la cantidad de atmósfera que atraviesa rayo de luz solar. En cualquier lugar o altitud, la masa de aire relativa es 1 cuando el sol se encuentra justo encima de nuestras cabezas al mediodía solar. (Nota: En cualquier latitud superior a 23,5 grados, norte o sur, el sol nunca está totalmente sobre nosotros, por lo que el sol nunca se puede observar a través de una masa relativa de aire de 1).

Una fórmula simplificada para esta masa relativa del aire es:

$$m = \frac{1}{\text{sen}(\text{altitud})}$$

donde “altitud” es el ángulo que forma el sol con el horizonte. Este cálculo es suficientemente preciso para masas relativas hasta un valor de 2. Valores superiores requieren una fórmula más complicada que corrija la curvatura de la superficie terrestre.

15. ¿Qué es la dispersión Rayleigh?

Las moléculas de aire dispersan la luz solar. Las moléculas de aire dispersan las longitudes de onda ultravioleta y azul mucho más que las longitudes de onda correspondientes al rojo e infrarrojo. (Esta es la razón por la que el cielo es azul). Este proceso se describió por primera vez en el siglo diecinueve por el físico inglés ganador del Premio Nobel John William Strutt, tercer Barón de Rayleigh.

16. ¿Qué precisión tienen las mediciones de aerosoles realizadas con el fotómetro solar GLOBE?

La precisión de las mediciones del fotómetro solar ha sido estudiada durante décadas por científicos de la atmósfera, y sigue siendo un tema en debate. Existen algunas limitaciones inherentes a la medición de aerosoles atmosféricos desde la superficie de la Tierra, y también limitaciones propias del diseño de los fotómetros solares GLOBE.

Las mediciones realizadas cuidadosamente siguiendo los protocolos deberían obtener un error inferior a 0,02 unidades de AOT. En cielos muy despejados, con valores de AOT inferiores a 0,05, este error es muy significativo. Sin embargo, incluso los fotómetros solares “profesionales” proporcionan precisiones no superiores a 0,01 unidades de AOT. Por ello, las mediciones realizadas cuidadosamente con fotómetros solares GLOBE son comparables a las mediciones realizadas con otros fotómetros solares.

A diferencia de otras mediciones GLOBE, no existen estándares fácilmente accesibles con los que comprobar la exactitud de los cálculos de AOT. Las mediciones GLOBE de aerosoles serán revisadas por el Equipo de Científicos de GLOBE y otros en un futuro inmediato. Sin embargo, se puede decir que las mediciones GLOBE de aerosoles son suficientemente precisas como para ser de gran utilidad a la comunidad científica que estudia la atmósfera.

17. ¿Estarán los científicos realmente interesados en nuestras mediciones de aerosoles?

La respuesta es un “Sí” rotundo. Se usan muy pocos fotómetros solares en el mundo. Dado que estudios recientes han demostrado que los aerosoles pueden bloquear una cantidad considerable de luz solar, causando un efecto de enfriamiento en el clima de la Tierra, existe un gran interés en las mediciones del fotómetro solar.

Las misiones futuras de observación de la Tierra de los satélites, se centrarán en las características globales de la atmósfera y sus constituyentes. Es esencial disponer de una base de datos de mediciones en tierra fiables para calibrar los instrumentos de los satélites y verificar sus mediciones.

Los centros GLOBE proporcionan el potencial para establecer una red de supervisión global de aerosoles que de otra manera sería inalcanzable. A escala regional, no existe ningún seguimiento integral de los aerosoles producidos de manera natural por el vapor de agua, o por los incendios naturales de bosques y arbustos, el polvo, el polen, los gases emitidos por plantas y árboles, la sal del mar y las erupciones volcánicas. Ocurre lo mismo con el seguimiento de los aerosoles producidos por las emisiones de los vehículos, de las centrales que queman carbón, los incendios intencionados de bosques y de campos, ciertas operaciones industriales y mineras, y polvo de carreteras sin pavimentar y campos agrícolas. Los centros GLOBE, como se ha dicho, proporcionan el potencial para abordar estos asuntos.

Esta es la justificación de ese “Sí”. En la mayoría de casos, las mediciones de aerosoles se deben realizar en el mismo lugar durante varios meses, e incluso años, para ser de interés científico a largo plazo. A veces es difícil tener en mente el valor a largo plazo de realizar mediciones día tras día (no es únicamente un problema de las mediciones de aerosoles, por supuesto). En el caso de los aerosoles, la perseverancia es particularmente importante debido a las grandes escalas de tiempo que se requieren para observar y analizar cambios significativos en la atmósfera.

¿Y qué ocurre con las mediciones de validación en el suelo para las mediciones desde el espacio? En este caso, incluso unas pocas mediciones precisas pueden ser de gran valor. Sin embargo, es aún importante establecer un registro de datos tan grande como sea posible. Esto proporcionará a los científicos confianza en tu trabajo, y establecerá una “línea de referencia” de aerosoles para un lugar de observación, con la que evaluar condiciones inusuales cuando éstas ocurran.

Por lo tanto, la conclusión es: Si se siguen los protocolos y se proporcionan mediciones rigurosas (especialmente en verano), entonces no hay duda de que los científicos valorarán tu contribución ahora y en el futuro.

Protocolo de Aerosoles – Observación de los Datos

¿Son Razonables los Datos?

Quizá lo primero que se podría comprobar para determinar la fiabilidad de los datos serían los voltajes medidos con el fotómetro solar. ¡No es tan fácil como parece! Un fotómetro solar transforma la luz solar en un voltaje; esto es lo que se mide y envía a GLOBE. La relación entre la intensidad de la luz y el voltaje que se produce está determinada por la sensibilidad de los sensores del fotómetro solar (un diodo emisor de luz verde o roja) y el aumento de energía proporcionado por el amplificador de las pilas del fotómetro solar. Esta relación es diferente entre los fotómetros GLOBE, por lo que cada instrumento posee sus constantes de calibrado (una por cada uno de los dos canales) que permite calcular el espesor óptico de aerosoles a partir de los voltajes que se envían.

El fotómetro solar GLOBE produce un pequeño voltaje, incluso cuando la luz solar no está llegando al sensor. Este “voltaje en la oscuridad”, debería ser pequeño, pero ¿Cuán pequeño? GLOBE realiza algunas comprobaciones tanto de los voltajes de la luz solar como en la oscuridad. Sin embargo, los voltajes razonables se sitúan dentro de un margen muy amplio de valores. En algunos casos, el voltaje en la oscuridad puede ser de unas pocas decenas de milivoltios. Si es así podría mostrar un valor de 0 cuando se está utilizando un rango de 2 V (o 2000 mV) en el voltímetro digital.

Por eso, no es fácil predecir cuales son los voltajes “razonables” para un fotómetro solar. Sin embargo, después de realizar el *Protocolo de Aerosoles* varias veces, se sabrá qué voltajes produce el instrumento en la oscuridad y qué voltajes de luz solar se pueden esperar bajo ciertas condiciones del cielo. Recuerde que, en general, estos márgenes diferirán para el canal rojo y el verde a causa de las diferencias en las respuestas del sensor y de los componentes electrónicos.

Es mucho más fácil determinar si el espesor óptico de aerosoles calculado a partir de las mediciones para longitudes de onda del verde y del rojo son razonables. La Tabla AT-AE-2 proporciona algunos rangos típicos para el espesor óptico de aerosoles (AOT).

Tabla AT-AE-2

Condición del Cielo	Canal Verde	Canal Rojo
Muy despejado	0,03-0,05	0,02-0,03
Despejado	0,05-0,10	0,03-0,07
Algo de calima	0,10-0,25	0,07-0,20
Calima	0,25-0,5	0,02-0,40
Mucha calima	>0,5	>0,4

La relación entre estos valores numéricos y la descripción de las condiciones del cielo (necesaria para el envío de datos) es sólo aproximada, y puede variar dependiendo de las condiciones locales.

Se debe tener en cuenta que los valores de AOT en la banda roja son habitualmente menores que los valores AOT para la verde. Esto se debe al hecho de que los aerosoles típicos dispersan la luz verde más eficazmente que la luz roja. (Cuanto mayor sea el AOT, mayor cantidad de luz se está dispersando del rayo de luz directo que llega al sensor del fotómetro solar). Si el AOT rojo es mayor que el verde, no tiene que estar mal necesariamente, pero es un resultado tan inusual que sería conveniente examinar las condiciones bajo las que se han realizado las mediciones.

¿Qué buscan los científicos en los datos?

Como se ha dicho anteriormente, los valores de AOT verde son normalmente más altos que los valores rojos. Cuando el Equipo Científico analice los datos comprobará si la relación entre los dos canales parece razonable.

El *Protocolo de Aerosoles* requiere que se informe al menos de tres grupos de mediciones con el fotómetro solar tomadas en un intervalo de pocos minutos. Suponiendo que se está dirigiendo el fotómetro solar hacia el sol con cuidado y sistemáticamente, las diferencias entre los tres voltajes para cada canal mostrarán únicamente la variación en la atmósfera durante el tiempo de realización de esas mediciones. Si las diferencias son grandes puede ser debido a que las nubes se están desplazando cubriendo el sol mientras se están realizando las mediciones.

Los científicos también analizarán con cuidado la cobertura de nubes, los comentarios, y compararán los valores de AOT calculados a partir de las mediciones de voltaje con la

información sobre el color y la claridad del cielo. De especial atención son los cirros, ya que pueden reducir en gran medida la transmisión de luz solar incluso cuando son casi invisibles.

El AOT tiende a variar con las estaciones. Los días calurosos y húmedos en climas templados y ecuatoriales pueden producir smog fotoquímico, especialmente en áreas urbanas. Por ello, el AOT tiende a ser mayor en verano que en invierno. Este ciclo estacional puede ser difícil de encontrar en los datos GLOBE, ya que muchos centros GLOBE no envían datos el verano. La Figura AT-AE-1 muestra algunos datos de aerosoles del Instituto de Secundaria East Lincoln, Denver, Carolina del Norte, EE.UU. El alumnado hizo algunas mediciones en la primavera del 2000 y otra clase retomó las mediciones en el otoño del mismo año. Algunos valores (especialmente los valores más bajos) parecen ser erróneos. Aunque parece que sea el caso de que el tiempo caluroso produce valores altos de AOT, la falta de mediciones en verano significa que esta conclusión no se puede constatar por esta falta de datos.

Observar también en la Figura AT-AE-1 que hay valores muy altos de AOT registrados en 1999. Existen varias posibles explicaciones. Una posibilidad es, por supuesto, que estos datos representen condiciones reales de mucha calima. Otra posibilidad es que el alumnado en un principio no estuviera familiarizado con el fotómetro solar y registrara voltajes de luz solar que fueran demasiado bajos (que supondría valores de AOT muy altos). Una tercera posibilidad es que hubiera nubes entre el observador y el sol. Los valores de AOT en sí mismos no ayudan a elegir una de estas posibilidades. La información adicional que los científicos necesitan para tomar este tipo de decisiones sobre la calidad de las mediciones del fotómetro solar se obtiene sólo observando todas las mediciones y su metadata.

Una de las oportunidades más emocionantes para el alumnado que ofrece trabajar el *Protocolo de Aerosoles* es comparar las mediciones con otras tomadas en tierra o por satélites. Tales comparaciones pueden servir tanto para comprobar las mediciones GLOBE como para el funcionamiento de otros fotómetros solares. Una fuente de datos sobre aerosoles es la Red Robótica de Aerosoles (AERONET), dirigido por el Centro Goddard Space Flight de la NASA.

Esta red terrestre posee cerca de 100 fotómetros solares operativos en varios lugares del mundo. Los fotómetros solares de la AERONET son instrumentos automáticos y funcionan con energía solar. Su ventaja es que pueden operar de manera autónoma sin supervisión incluso en lugares remotos, transmitiendo los resultados de sus mediciones pre-programadas a satélites, que reenvían los datos a una estación central en tierra para su procesamiento. Su principal desventaja es que no existe ningún observador humano para tomar decisiones sobre si se debe hacer una medición a una hora concreta. Los algoritmos se aplican para “filtrar” las mediciones por contaminación de nubes. Sin embargo, estos algoritmos no son perfectos. Pueden, por ejemplo, sufrir la misma falta de habilidad para distinguir cirros casi imperceptibles, al igual que los observadores en tierra. Así, las comparaciones entre las mediciones manuales y automáticas proporcionan una fascinante y extremadamente importante comprobación del funcionamiento de ambos sistemas.

La Figura AT-AE-2 muestra una comparación de los datos del fotómetro solar con los datos de los fotómetros solares de AERONET (los datos de AERONET están disponibles online). AERONET realiza mediciones cada pocos minutos a lo largo de todo el día. Los datos GLOBE a veces se encuentran cerca del rango inferior de los valores de AERONET de un día. Un examen más minucioso de estos datos en una escala de tiempo más amplia (prestando atención a días completos) esclarecería la relación entre estos dos grupos de datos; este sería un proyecto muy interesante para el alumnado.

La Figura AT-AE-3 muestra las comparaciones entre valores AOT procedentes del satélite MODIS y las mediciones realizadas por el alumnado del Instituto de Secundaria East Lincoln, Denver, Carolina del Norte, EE.UU. (Los puntos de datos de MODIS están unidos mediante líneas continuas, pero esto es únicamente para facilitar su seguimiento; no hay razón para suponer que hay datos MODIS perdidos entre las líneas). Se puede observar que los datos GLOBE tienden de nuevo a agruparse cerca de los valores de AOT más bajos de MODIS.

Algunos de los valores de MODIS de la Figura AT-AE-3 parecen muy altos. La Figura AT-AE-4 ofrece alguna aclaración de porqué podría ser así.

Figura AT-AE-1: Datos del Fotómetro Solar (AOT mínimo de un grupo de tres) del Instituto de East Lincoln, Denver, NC

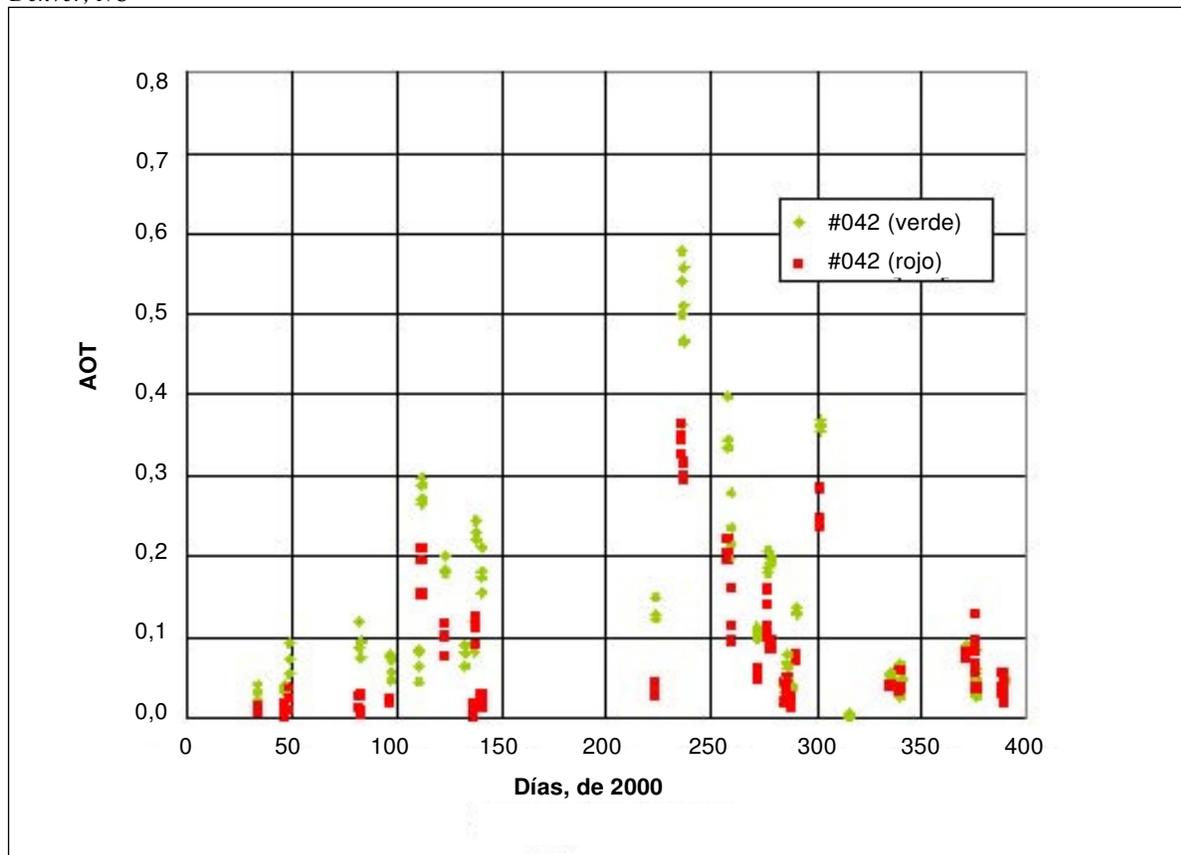


Figura AT-AE-2: Comparación de las Mediciones del Fotómetro Solar GLOBE Realizadas en la Universidad Drexel, Filadelfia, Pensilvania, EE.UU., con un Fotómetro Solar de AERONET

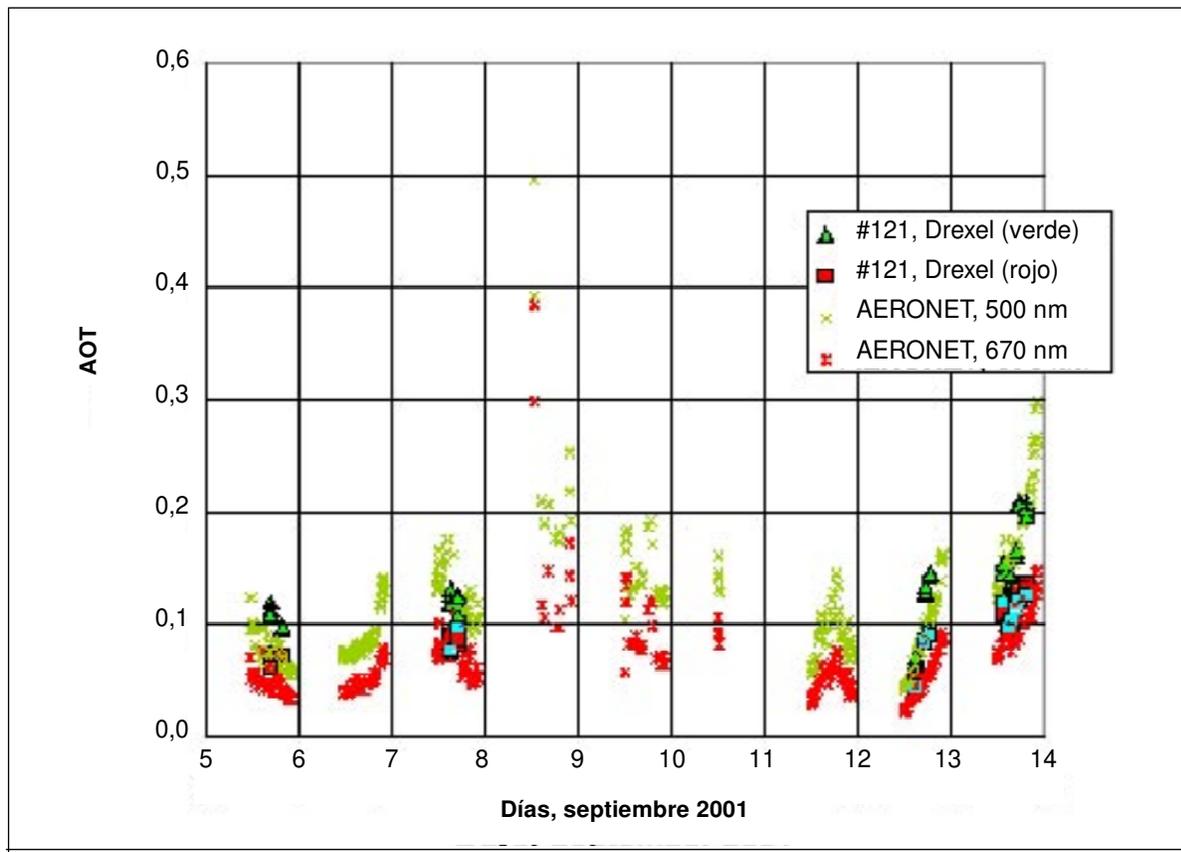


Figura AT-AE-3: Comparación de los Datos de Mediciones de Fotómetros Solares MODIS y GLOBE Realizadas en el Instituto de Secundaria East Lincoln, Denver, NC, EE.UU.

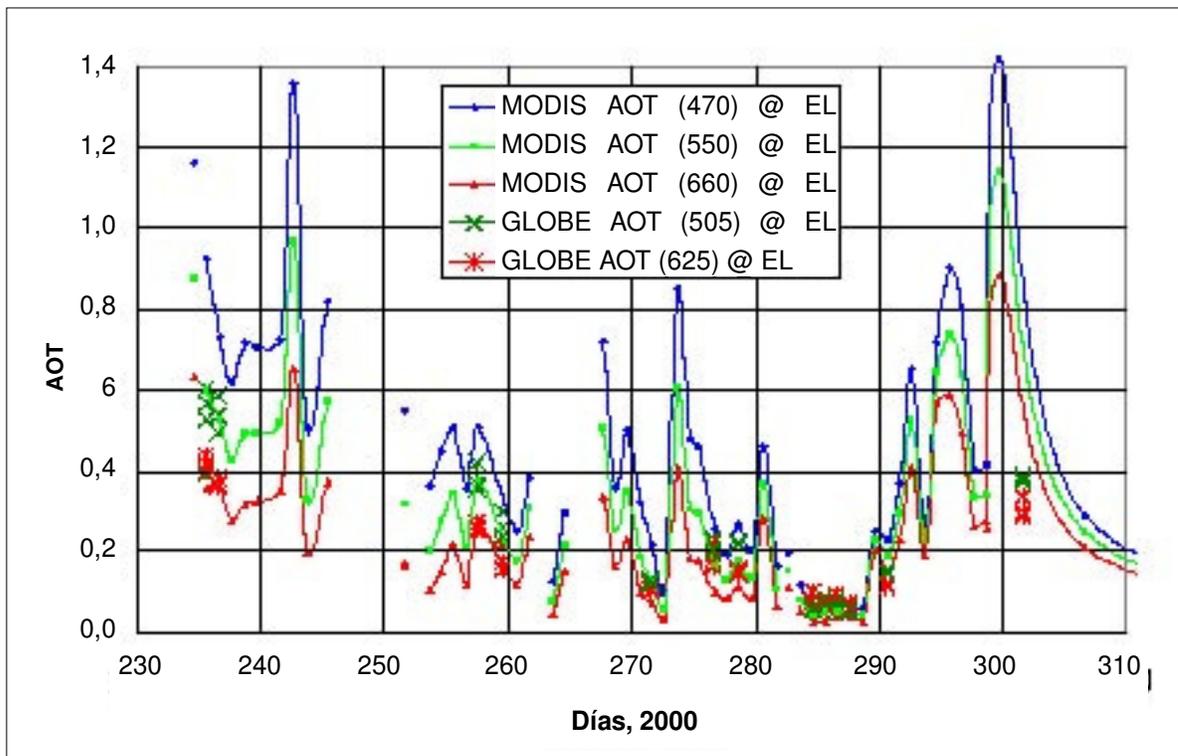
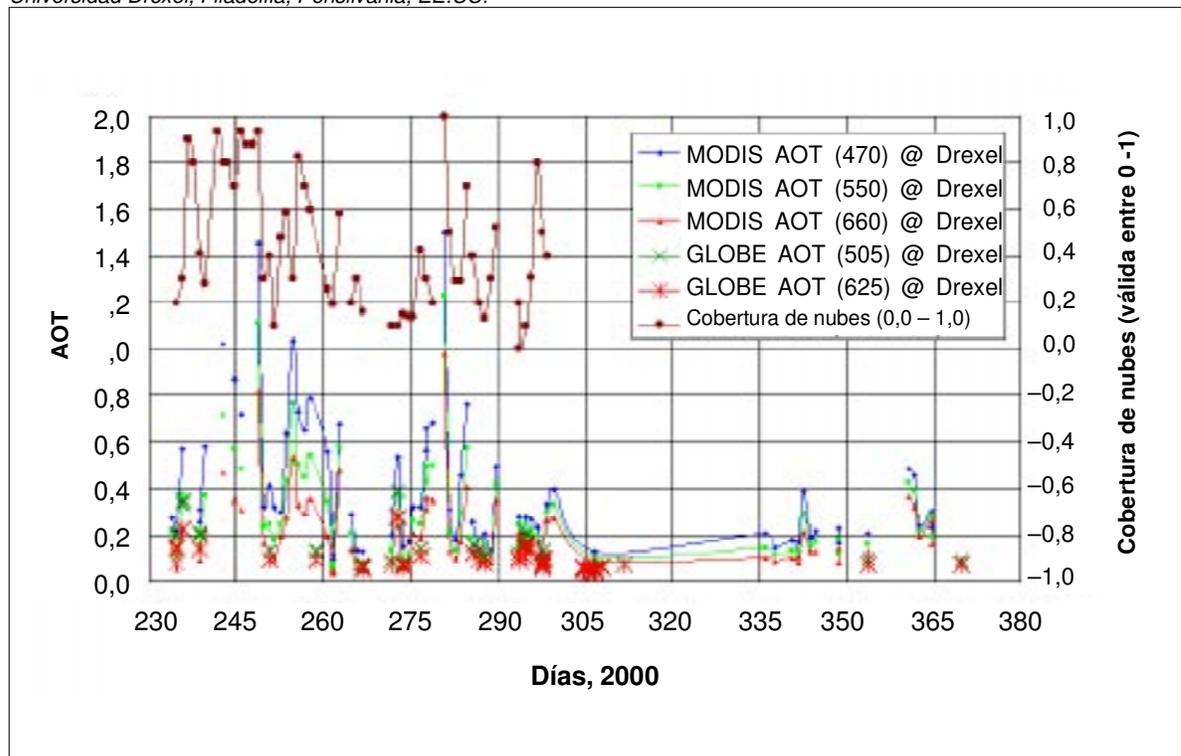


Figura AT-AE-4: Comparación de Datos MODIS, Mediciones de Fotómetros Solares GLOBE, y Cobertura de Nubes en la Universidad Drexel, Filadelfia, Pensilvania, EE.UU.



Las mediciones de la Universidad Drexel incluyen el porcentaje de cobertura de nubes durante el día. Evidentemente, algunos de los valores más altos de AOT de MODIS están asociados con días nublados. La Universidad Drexel está situada en una zona urbana rodeada de agua (dos ríos cruzan Filadelfia), de desarrollo urbano comercial y residencial, y de espacios verdes (un gran parque). Esta superficie tan compleja es la más difícil para el análisis por los algoritmos de reducción de datos, y los resultados que se muestran en la Figura AT-AE-4 pueden indicar problemas con la discriminación de nubes sobre superficies complicadas. Cualquiera que sea la explicación, las Figuras AT-AE-3 y AT-AE-4 muestran claramente la importancia de un informe riguroso de metadatos que definan las condiciones en las que se realizan las mediciones con el fotómetro solar.

Cuando el alumnado GLOBE realiza las mediciones con el fotómetro solar cuidadosamente, los datos tales como los mostrados en la Figura AT-AE-2, AT-AE-3 y AT-AE-4 pueden proporcionar una información muy valiosa para los científicos implicados en el conocimiento de la distribución global de aerosoles. La capacidad de los observadores humana para clasificar las circunstancias y la calidad de las mediciones proporciona información que los instrumentos automáticos y los satélites no pueden igualar.

Localmente, el espesor óptico de aerosol puede estar influido por la calidad del aire, por la estación, por la humedad relativa, por causas naturales o humanas, como volcanes, incendios forestales y combustión de biomasa, por la actividad agrícola, por el polvo transportado por el viento y por la bruma marina. Todas estas variables proporcionan numerosas posibles fuentes para proyectos de investigación del alumnado.

Cálculo del Espesor Óptico de Aerosoles (Sólo para alumnado avanzado)

Cuando se comunican las mediciones del voltaje del fotómetro solar a GLOBE, se calcula el espesor óptico de aerosoles (AOT) y se envía. Este cálculo es demasiado complicado para que lo realicen por sí mismos la mayoría de los estudiantes GLOBE. Sin embargo, si se está familiarizado con logaritmos y ecuaciones exponenciales, se puede calcular el AOT utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{AOT} = \frac{[\ln(V_o/R^2) - \ln(V - V_{\text{oscuridad}}) - a_R (p/p_o)m]}{m}$$

Donde:

ln es el logaritmo neperiano (base e)

V_o es la constante de calibración del fotómetro solar. Cada canal, (rojo y verde) posee su propia constante, que se puede obtener de la Web de GLOBE.

R es la distancia entre la Tierra y el Sol expresada en unidades astronómicas (UA). La distancia media entre la Tierra y el Sol es 1 UA. Este valor varía en el transcurso de un año porque la órbita de la Tierra alrededor del sol no es circular. Una fórmula aproximada para R es:

$$R = \frac{(1 - \epsilon^2)}{[1 + \epsilon \cos (360^\circ \cdot d/365)]}$$

Donde ϵ es la excentricidad de la órbita de la Tierra, aproximadamente igual a 0,0167, y d es el día del año. (La excentricidad mide cuánto difiere la órbita terrestre de una órbita circular). Observe que esta ecuación pronostica un valor mínimo para R a principios de año. El valor mínimo real de la distancia Tierra-sol se produce, de hecho, a principios de enero, pero no el día 1 de enero.

V y $V_{\text{oscuridad}}$ son el voltaje de la luz solar y el voltaje en la oscuridad del fotómetro solar.

a_R es la contribución al espesor óptico de la dispersión molecular de la luz (Rayleigh) en la atmósfera. Para el canal rojo a_R es aproximadamente 0,05793 y para el verde es aproximadamente de 0,13813.

p es la presión en la estación existente (la presión barométrica real) a la hora de la medición.

p_o es la presión atmosférica estándar a nivel del mar (1013,25 milibares).

m es la masa relativa del aire. Su valor aproximado es:

$m = 1/\sin(\text{ángulo de elevación solar})$

El ángulo de elevación solar se puede obtener a partir de la *Actividad de Aprendizaje Construcción de un Reloj Solar*, o utilizando un clinómetro.

Cuando GLOBE calcula el AOT, utiliza una serie de ecuaciones para calcular con más precisión la distancia Tierra-Sol. Para la masa relativa del aire, utiliza las mismas ecuaciones astronómicas que para calcular la posición solar a partir de la longitud y la latitud, y la hora a la que se hizo la medición. A continuación utiliza el ángulo de elevación solar calculado para hallar la masa relativa del aire utilizando una ecuación que tiene en cuenta la curvatura de la atmósfera de la Tierra y la refracción (curvatura) de los rayos de luz al atravesar la atmósfera.

Como consecuencia de la utilización de estas ecuaciones más complicadas, los valores de GLOBE del AOT no coinciden exactamente con el cálculo descrito. Cuanto menor sea AOT, mayor puede ser la diferencia. Considera este ejemplo:

Fecha: 7 de julio, 1999

Constante de calibración del fotómetro solar (V_o): 2,073 V

Ángulo de elevación solar: 41°

Presión de la estación: 1016,0 milibares

Voltaje en la oscuridad: 0,003 V

Voltaje de la luz solar: 1,389 V

Canal del fotómetro solar: verde

7 de julio de 2001, es el día 188 del año, por ello:

$$R = (1 - 0,0167^2) / [1 + 0,0167 \cdot \cos(360^\circ \cdot 188/365)] = 1,0166$$

La masa relativa del aire es:

$$m = 1/\sin(41^\circ) = 1,5243$$

Por tanto, el espesor óptico de aerosoles es:

$$AOT = [\ln(V_o/R^2) - \ln(V - V_{oscuridad}) - a_R (p/p_o)m]/m$$

$$\ln(V_o) = \ln(2,073/1,0166^2) = \ln(2,00585) = 0,6960$$

$$\ln(1,389-0,003) = \ln(1,386) = 0,3264$$

$$a_R (p/p_o)m = (0,1381)(1016/1013,25)(1,5243) = 0,2111$$

$$AOT = (0,6960 - 0,3264 - 0,2111)/1,5243 = 0,1040$$

El valor calculado por GLOBE para estos datos es de 0,1039, una diferencia suficientemente pequeña como para poder ser ignorada en estas mediciones.

En algunos casos, el valor de AOT puede no coincidir de esta manera con el valor de GLOBE. Por ejemplo, si el ángulo de elevación solar que se observa con el gnomon solar es diferente del valor calculado por GLOBE, entonces la masa de aire relativa calculada a partir del ángulo de elevación solar no será precisa. Esto causará un error en el cálculo del AOT.

El AOT se puede expresar como el porcentaje de luz solar a una determinada longitud de onda que alcanza la superficie de la Tierra después de pasar a través de una masa relativa de aire de 1.

Para este ejemplo con el canal verde,

$$\% \text{ de transmisión} = 100 \cdot e^{-AOT} = 100 \cdot e^{-0,1040} = 90,1\%$$

Protocolo de Vapor de Agua



Objetivo General

Medir el vapor de agua precipitable total (la columna de vapor de agua) en la atmósfera sobre un punto de observación.

Visión General

El alumnado dirige el instrumento GLOBE/GIFTS hacia el sol y anota las lecturas de voltaje del voltímetro digital. El alumnado observa las condiciones del cielo cerca del sol y realiza los *Protocolos de Nubes*.

Objetivos Didácticos

Comprender cómo la atmósfera evita que parte de la luz solar llegue a la superficie de la Tierra, la relación entre las mediciones de vapor de agua y el ciclo hidrológico, y el papel que los gases de efecto invernadero, tales como el vapor de agua, juegan en el tiempo y el clima.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El tiempo se puede describir mediante cantidades medibles.

El tiempo cambia de un día para otro.

El tiempo cambia a lo largo de las estaciones.

La atmósfera cambia a lo largo del tiempo.

Las nubes que se forman por condensación del vapor de agua influyen en el tiempo y en el clima.

El agua circula por la biosfera, la litosfera, la atmósfera y la hidrosfera (ciclo del agua).

Los patrones globales de circulación atmosférica influyen en el tiempo local.

Los océanos tienen efectos reguladores sobre el clima global.

La energía solar dirige la circulación atmosférica y oceánica.

Ciencias Físicas

La luz / radiación interactúa con la materia.

El sol es la fuente principal de energía para los cambios sobre la superficie de la Tierra.

Geografía

La concentración de vapor de agua varía significativamente de un lugar a otro, y depende de la latitud, el clima y la altitud.

Habilidades de Investigación Científica

Usar un instrumento para medir el contenido en vapor de agua en la atmósfera.

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y predicciones a partir de la experiencia.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos, descripciones y pronósticos.

Tiempo

15-30 minutos para recoger los datos

Nivel

Medio y secundaria

Frecuencia

Cada día que el tiempo lo permita.

Materiales y Herramientas

Instrumento de vapor de agua GLOBE/GIFTS calibrado.

Reloj, preferiblemente digital (o receptor GPS)

Carta de nubes GLOBE.

Termómetro

Higrómetro digital o psicrómetro giratorio (opcional).

Barómetro (opcional).

Hoja de Datos de Vapor de Agua

Preparación

Determinar una fuente online para valores de presión barométrica (si no se están usando los protocolos GLOBE).

Requisitos Previos

Protocolos de Nubes, *Opcional de Presión Barométrica* (opcional) y *Humedad Relativa*.

Saber medir la temperatura actual del aire.

Observaciones de nubosidad y color del cielo como se describen en el *Protocolo de Aerosoles*.

Protocolo de Vapor de Agua – Introducción

Antecedentes

El vapor de agua en la atmósfera varía considerablemente en tiempo y forma de un lugar a otro. Estas variaciones están relacionadas con el tiempo y el clima. Las nubes se forman a partir del vapor de agua. El vapor de agua es el principal gas de efecto invernadero que ayuda a controlar las temperaturas en la baja atmósfera. Las interacciones del vapor de agua con otros componentes de la atmósfera son complejas y de ámbito global.

Utilizando el *Protocolo de Humedad Relativa*, se mide la cantidad de vapor de agua cerca de la superficie de la Tierra, pero ¿qué cantidad de vapor de agua hay en toda la columna de aire sobre usted? Con este protocolo podrá responder esta pregunta. También ayudará a los científicos a responder a las siguientes preguntas:

¿Cómo se distribuye el vapor de agua en el mundo?

¿Cómo varía a lo largo del tiempo?

¿Está cambiando la cantidad total de vapor de agua en la atmósfera y su distribución?

Los cambios en la cantidad de vapor de agua y en su distribución influirían en la formación de nubes, el tiempo y el clima.

A pesar de su importancia, no se conoce bien la distribución global y la variabilidad del vapor de agua. Al igual que con otras mediciones globales, los científicos usan sistemas basados en satélites para estudiar el vapor de agua de la atmósfera. Una motivación principal para realizar este protocolo es proporcionar mediciones que ayuden a apoyar el GIFTS (Geosynchronous Imaging Fourier Transform Spectrometer), parte del satélite del Programa Nuevo Milenio de la NASA IOMI (Indian Ocean METOC Imager). GIFTS observará patrones meteorológicos, temperatura atmosférica, contenido y distribución del vapor de agua, y concentración de otros gases atmosféricos. Desde su órbita geoestacionaria muy alejada de la Tierra, GIFTS proporcionará detalles sin precedentes de la variabilidad especial y temporal de estas cantidades.

Las mediciones de campo son necesarias, aunque las mediciones de satélite sirven para mejorar el

entendimiento de la distribución global del vapor de agua. Por ejemplo, cuando GIFTS visualiza el sistema Tierra / atmósfera desde el espacio, su resolución espacial (un píxel) es de unos 4 km x 4 km. Con este nivel de resolución los científicos pueden hacer un seguimiento de los sistemas de frentes, ya que los grandes sistemas tienen dimensiones del orden de cientos o miles de kilómetros. Sin embargo, los fenómenos de menor escala, como nubes de tipo cúmulo individuales, no se pueden apreciar. Las mediciones de campo proporcionan un medio para estudiar estos fenómenos de escala mucho menor, complementando las observaciones de satélite. Las observaciones de campo también ayudan a los científicos al permitir comparaciones de las propiedades atmosféricas calculadas independientemente a partir de satélites y datos de campo.

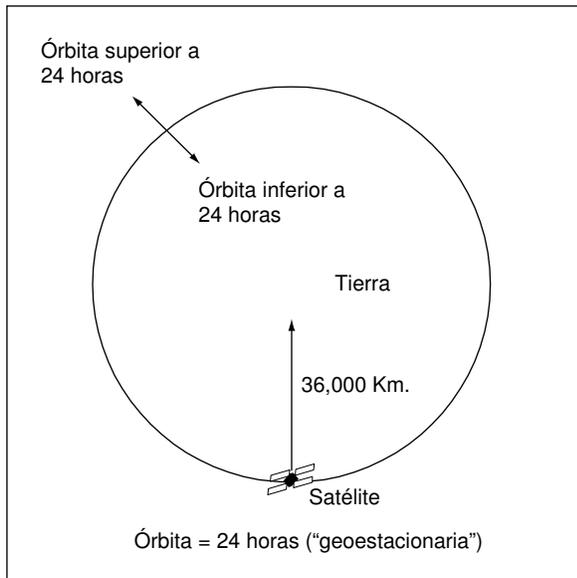
Investigación del Vapor de Agua

Enviando las mediciones de vapor de agua regularmente, proporcionará a los científicos algunos de los datos que necesitan para comprender mejor la distribución global del vapor de agua, y aprenderá sobre el vapor de agua que hay sobre el sitio de observación. Aunque todos los datos de vapor de agua son beneficiosos, los datos que pueden compararse directamente con las mediciones de satélite son especialmente valiosos. En algunos casos, las mediciones de campo se deberán programar para que coincidan con el paso de los satélites de observación de la Tierra sobre su sitio. Esto es cierto para los satélites del programa de la NASA Earth Observing System (EOS), por ejemplo, dado que están en una órbita casi polar heliosíncrona y pasan sobre o cerca virtualmente de todos los sitios de la superficie de la Tierra cada día, a horas específicas y previsible.

Instrumentos como GIFTS están en órbitas geoestacionarias alrededor del ecuador. La altitud de estas órbitas circulares (aproximadamente de 36,000 km sobre la superficie de la Tierra) se determina de manera que los periodos orbitales sean de 1 día. Si un satélite orbita en el plano ecuatorial, mantiene una posición fija sobre el mismo lugar en el ecuador terrestre (de ahí el nombre de “geoestacionario”). La Figura AT-VA-1 muestra una órbita geoestacionaria. El diámetro de la órbita está aproximadamente a escala con el diámetro de la Tierra.

Una posición estratégica sobre el Ecuador de la Tierra permite a los satélites realizar virtualmente mediciones continuas de una porción específica de la superficie de la Tierra y de la atmósfera. Algunas mediciones requieren que la región observada reciba luz solar, pero otras mediciones se pueden realizar a cualquier hora. Si hay un satélite geoestacionario observando su zona, será casi siempre útil realizar mediciones de campo a cualquier hora durante el día. Debido a la variabilidad estacional del vapor de agua, es importante crear un registro de datos de vapor de agua que abarque varias estaciones. Los registros de largo plazo tienen más valor para los científicos, y le proporcionarán una mayor comprensión de su propio ambiente local.

Figura AT-VA-1: Satélite Orbitando la Tierra en Órbita Geoestacionaria



Apoyo al Profesorado

Entendiendo las Mediciones de Vapor de Agua

Imagine una columna de atmósfera sobre un sitio de observación (ver Figura AT-VA-2). Esta columna contendrá todos los componentes atmosféricos, incluyendo el vapor de agua. Ahora imagine que se recoge todo el vapor de agua de la columna, transformándolo a estado líquido, y bajándolo al suelo. El espesor de la capa de agua es generalmente de unos pocos centímetros y se llama agua precipitable (AP). La unidad para expresar el AP es cm (de agua).

Una manera de medir el vapor de agua es comprobar cómo influye en la transmisión de luz solar a través de la atmósfera. El vapor de agua (moléculas de H_2O en estado gas) absorbe la luz solar en longitudes de onda específicas, incluyendo dos bandas del infrarrojo cercano del espectro solar. Esta absorción reduce la cantidad de luz solar que llega a la superficie de la Tierra en esas longitudes de onda.

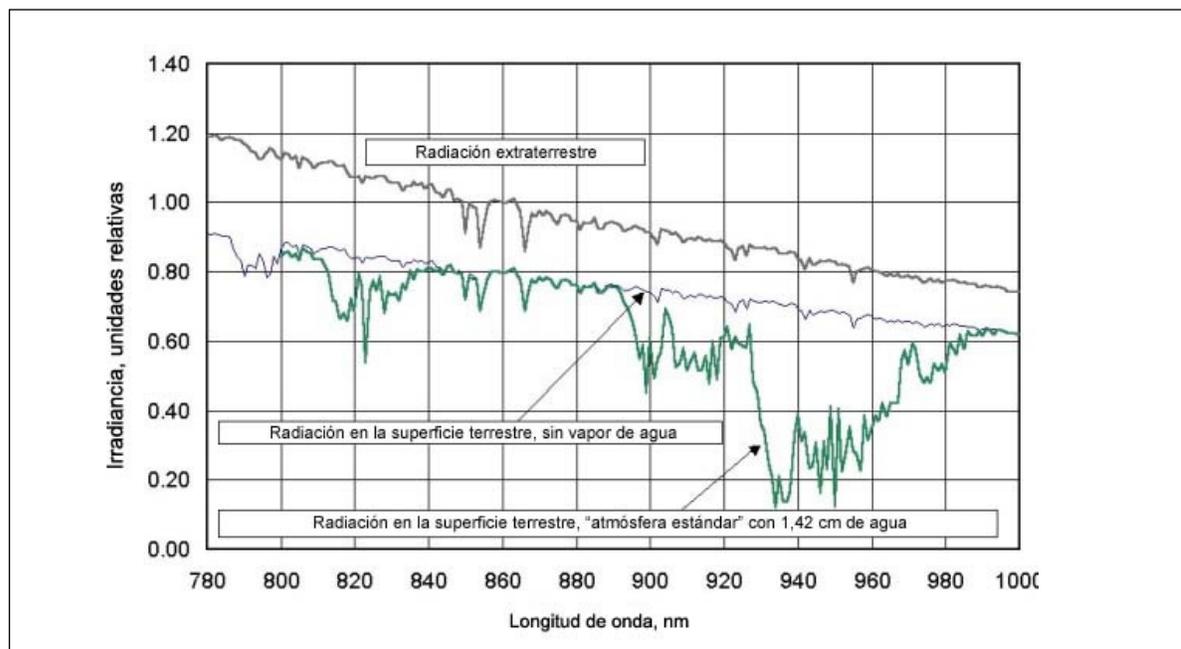
La Figura AT-VA-3 muestra tres conjuntos de datos. Uno es la distribución de energía solar como función de la longitud de onda fuera de la atmósfera terrestre.

Figura AT-VA-2: Columna Sobre el Observador



El segundo es la distribución de la energía solar en la superficie de la Tierra suponiendo una atmósfera sin vapor de agua. El tercero es la distribución de energía solar en una "atmósfera estándar" conteniendo una cantidad media de AP. Según aumenta la cantidad de AP, la cantidad de luz solar que llega a la superficie terrestre en estas longitudes de onda disminuye. Ahora suponga que dos detectores responden a la luz solar en diferentes longitudes de onda – uno en

Figura AT-VA-3: Radiación en la Parte Superior de la Atmósfera y en la Superficie de la Tierra, en el Infrarrojo Cercano del Espectro Solar



una longitud de onda dentro de la banda de absorción del vapor de agua (a unos 940 nm) y otro justo fuera de esta banda (a unos 870 nm). Suponiendo que la posición relativa del sol respecto del observador no cambia, la cantidad de luz apreciada por el detector para la longitud de onda fuera de la banda no cambiará si la cantidad de vapor de agua cambia. Sin embargo, el detector en la longitud de onda dentro de la banda sí responderá a los cambios en la cantidad de vapor de agua. Por ello, la respuesta a estos detectores cambiará con la cantidad de vapor de agua, y se podrá utilizar como una medida de la cantidad de vapor de agua.

El AP está relacionado con otras propiedades de la atmósfera, incluyendo las que se describen en los *Protocolos GLOBE de Atmósfera*. Varía horaria, diaria, estacional y geográficamente. Por ello, es útil considerar el vapor de agua como una parte de una mayor discusión sobre la atmósfera y sus propiedades. Idealmente, las mediciones de vapor de agua se podrían realizar a lo largo de un período de tiempo más extenso para observar los efectos estacionales. Las mediciones tendrán más sentido si se combinan con otras observaciones GLOBE de atmósfera, incluyendo los protocolos meteorológicos básicos y aerosoles. De hecho, algunos de estos protocolos se pueden utilizar para

proporcionar los metadatos que se deben enviar junto con los datos del instrumento de vapor de agua.

El Instrumento GLOBE/GIFTS de Vapor de Agua

El instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua se basa en el mismo principio que el fotómetro solar GLOBE para el control de aerosoles. Ambos usan diodos que emiten luz (LEDs) para medir la fuerza de la luz solar en determinadas longitudes de onda. Mientras el fotómetro solar GLOBE detecta luz visible en la región verde y roja del espectro, el aparato de vapor de agua detecta infrarrojo en lugar de luz visible. El concepto del aparato se desarrolló y describió en la literatura científica por un miembro del Equipo Científico del *Protocolo de Vapor de agua* [Mims, Forrest M. III, fotómetro solar con diodos que emiten luz como detectores espectralmente selectivo, *Óptica Aplicada*, 31, 6965-6967, 1992]. Desde ese momento, Mims ha recogido regularmente datos de vapor de agua en el Observatorio Geronimo Creek de Seguin, Texas, EEUU [Mims, Forrest M. III, un fotómetro solar LED asequible y estable para medir la columna de vapor de agua sobre el sur de Texas desde 1990 a 2001, *Geophys, Research Letter*, 29, 13 pp, 20-1-20-4, 2002].

Figura AT-VA-4: Instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua

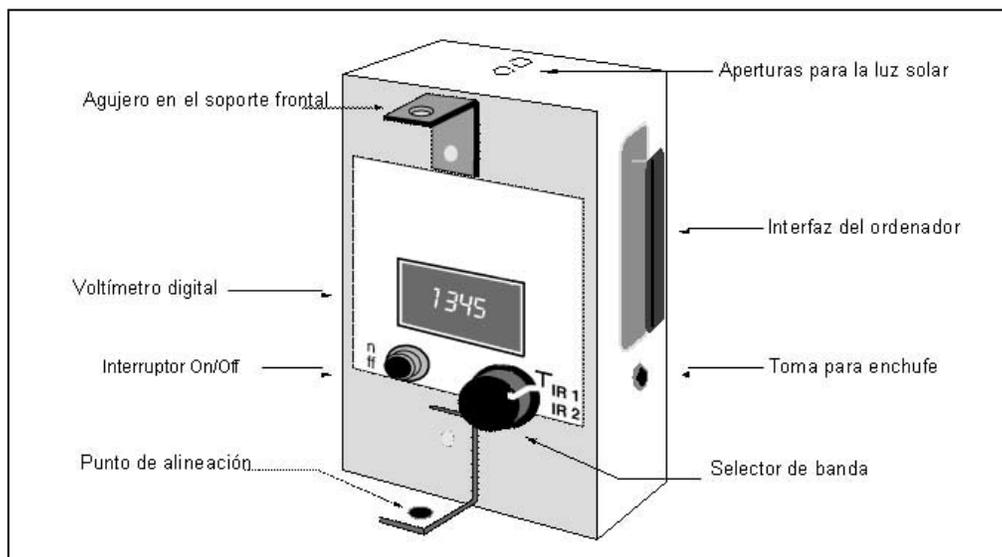
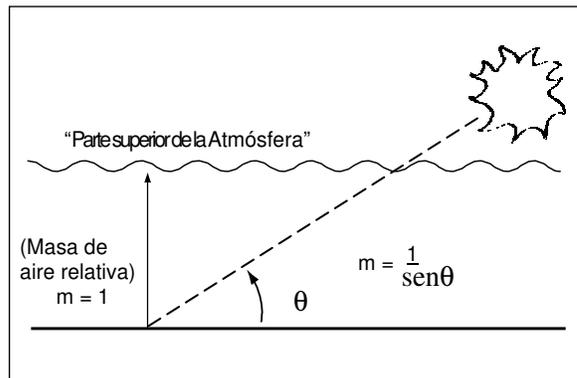


Figura AT-VA-5: Observación del Sol a Través de la Atmósfera



Las mediciones realizadas con el instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua están en unidades de voltios. Estos valores se deben convertir a AP usando los datos de calibración que se han determinado para cada instrumento. Las calibraciones requieren el acceso a equipamientos y datos especializados que no pueden reproducir los alumnos en el laboratorio o en el campo. Los cálculos de AP se realizan por el servidor de datos GLOBE cuando se envían los datos y se devuelven a los alumnos los valores calculados para su uso.

La unidad estándar para medir el vapor de agua es cm. de agua en una columna vertical de la atmósfera directamente sobre el observador. Sin embargo, en cualquier área fuera de los trópicos, el sol nunca está directamente vertical. Por ello, en general, el aparato verá el sol a través de una trayectoria inclinada, como se muestra en la Figura AT-VA-5. La relación entre la trayectoria inclinada y la distancia más corta entre usted y la parte más alta de la atmósfera (directamente sobre la cabeza) se llama masa de aire relativa (m). Cuanto menor sea el ángulo de elevación solar, θ , mayor será la trayectoria inclinada y mayor la masa de aire relativa. Una relación aproximada entre el ángulo de elevación solar y la masa de aire relativa, que es válida cuando el sol no está cerca del horizonte, es

$$m = \frac{1}{\sin\theta}$$

Para compensar el hecho de que el aparato está midiendo el vapor de agua en una porción mayor de la atmósfera con la trayectoria inclinada, el vapor de agua detectado por el aparato (el vapor de agua de la trayectoria inclinada) se divide por la masa de aire relativa para calcular la cantidad de vapor de agua en la columna vertical de la atmósfera

(directamente en la vertical, AP, conforme a la fórmula:

$$AP = \frac{\text{(trayectoria inclinada AP)}}{m}$$

Este proceso supone que la distribución de vapor de agua con la altura a lo largo de la trayectoria inclinada es el mismo que en la columna directamente sobre su cabeza.

Cuándo y Cómo Realizar Mediciones de Vapor de Agua

El lugar lógico para realizar las mediciones de vapor de agua es el mismo lugar que los Protocolos de Nubes (y, si puede ser, el Protocolo de Aerosoles, también). Si realiza las mediciones en algún otro lugar, necesitará definirlo con un sitio de estudio adicional de Atmósfera.

Las condiciones meteorológicas básicas para usar el instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua son las mismas que para el fotómetro solar GLOBE: Debe tener una visión despejada del sol, que no esté oculto por nubes. También, deberá tener una visión global del cielo que permita realizar observaciones razonables del tipo de nubes y su cobertura, el color del cielo y nubosidad. Si su visión del cielo está bastante obstaculizada (como puede ocurrir en lugares urbanos, por ejemplo), deberá anotar los obstáculos en la definición del Sitio de Estudio.

La decisión sobre cuándo realizar las mediciones de vapor de agua depende de si quiere asociar las mediciones con un satélite en concreto y, si es así, el tipo de órbita del satélite. Para la mayoría de las órbitas, incluyendo la órbita heliosíncrona casi polar de la mayoría de satélites de observación de la Tierra, las mediciones se deben programar para coincidir con el paso de éstos sobre su sitio. Los principales satélites heliosíncronos de la NASA de observación terrestre pasan a media mañana o al comenzar la tarde. La hora precisa a la que pasan sobre su sitio de observación se puede conseguir fácilmente en Internet. Para aparatos en órbitas geoestacionarias (como GIFTS), o si no está asociando sus mediciones con las de un satélite, puede realizar las mediciones a cualquier hora del día. Para lograr un registro a largo plazo de vapor de agua de su sitio de observación, sería conveniente realizar las mediciones aproximadamente a la misma hora cada día.

Cuidado y Mantenimiento de los Instrumentos

El instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua es simple y resistente, sin partes fácilmente rompibles. Sin embargo, tiene que cuidarlo para realizar mediciones precisas. Aquí hay algunas cosas que debe y no debe hacer para asegurar que los instrumentos de vapor de agua funcionen de manera fiable durante largos períodos de tiempo.

1. No dejar caer el aparato.
2. Proteger el instrumento de la suciedad y el polvo guardándolo en una bolsa de plástico de cierre hermético cuando no lo esté usando.
3. No exponer el aparato a temperaturas extremadamente altas o bajas, por ejemplo, dejándolo al sol, en un radiador, o dejándolo fuera.
4. Dejar el aparato apagado cuando no se esté usando.
5. Comprobar las pilas cada pocos meses. Ver *Comprobación y Cambio de Pilas del Instrumento GLOBE/GIFTS de Vapor de Agua*. Este aparato necesita poca energía, por lo que las pilas deberían durar muchos meses haciendo un uso normal del equipo. Si accidentalmente se deja el aparato encendido durante horas o días sin usarlo, comprobar las pilas antes de realizar mediciones, y cambiarlas si es necesario.
6. No modificar de ninguna manera los componentes electrónicos del interior del instrumento de vapor de agua. La calibración del aparato depende críticamente de la permanencia de los componentes originales en la placa base.
7. No agrandar los agujeros de la carcasa a través de los cuales la luz solar entra en el instrumento de vapor de agua. La calibración del aparato y la interpretación de sus mediciones están basadas en el tamaño de estos agujeros. Si se cambian, el aparato no estará calibrado y, aunque se haga una nueva calibración, el instrumento será inútil.

Con pocos cuidados este aparato funcionará de manera fiable durante muchos años. Si parece no funcionar correctamente, consultar a GLOBE antes de hacer nada más.

Comprobación y Cambio de Pilas del Instrumento GLOBE/GIFTS de Vapor de Agua

Cada tres meses, aproximadamente, o si accidentalmente ha dejado encendido el aparato durante un largo período de tiempo, compruebe la carga de las pilas y cámbielas si es necesario. Ver la *Guía de Laboratorio de Comprobación y Cambio de Pilas del Fotómetro Solar GLOBE* (del *Protocolo de Aerosoles*) para obtener las instrucciones. Cambiar la batería no variará la calibración del aparato y las mediciones hechas con la batería antigua estarán bien siempre que ésta se cambie antes de que el voltaje sea inferior a 7,5 V.

Sugerencias para el Alumnado y Preparación de la Clase

Antecedentes de Ciencias

Estas mediciones deberían ser útiles como actividad práctica para cualquier curso que trate sobre atmósfera, tiempo y clima, el ciclo hidrológico o la Tierra como sistema. Antes de implementar este protocolo, sería útil proporcionar una introducción a la radiación electromagnética y al espectro solar, incluyendo la energía ultravioleta, visible e infrarroja del sol (el material del video GLOBE sobre teledetección puede ser útil). Es importante para los alumnos comprender que la luz visible al ojo humano abarca sólo una pequeña porción del espectro solar, y que la luz a otras longitudes de onda tiene efectos significativos sobre las personas y sobre el ambiente.

Si se tiene acceso en el aula a un dispositivo electrónico controlado por un controlador remoto de infrarrojos, puede ser de utilidad practicar con él. ¿Cómo sabemos que hay realmente luz (radiación) infrarroja? ¿Parece comportarse como “luz” incluso si no podemos verla? ¿Qué bloqueará la señal infrarroja hasta el controlador? ¿Qué permitirá su paso?

Se debe dedicar algo de tiempo en el aula a familiarizar a los alumnos con el instrumento de vapor de agua, incluyendo la lectura del voltímetro digital. En el aula, el voltaje mostrado por el voltímetro será menor, sólo unos pocos milivoltios. Si se puede dirigir el aparato hacia el

sol, incluso a través de una ventana cerrada, se obtendrán valores mucho mayores.

Metadatos y Otros Datos Auxiliares

Los datos y metadatos auxiliares del *Protocolo de Vapor de Agua* incluyen los requeridos por el *Protocolo de Aerosoles GLOBE* junto con el de Humedad Relativa. Algunos de ellos se basan en observaciones cualitativas:

- Cobertura y tipo de nubes, incluyendo estelas de condensación
- Color del cielo y claridad

Otras son valores cuantitativos:

- Temperatura actual del aire
- Presión barométrica
- Humedad relativa

Dependiendo de qué protocolos GLOBE esté ya realizando necesitará organizar los recursos para algunas o para todas estas observaciones y mediciones. Los requisitos se describen con detalle en la *Guía de Preparación de la Clase*. En algunos casos, los protocolos GLOBE están disponibles.

Consideraciones Adicionales

1. La presencia de nubes finas y altas (cirros) es un problema para las mediciones de vapor de agua y otras mediciones directas del sol, porque estas nubes son generalmente difíciles de apreciar y pueden influir significativamente en la cantidad de luz solar transmitida a través de la atmósfera. Por ello, los alumnos necesitan adquirir experiencia con las observaciones de nubes.
2. El alumnado debe practicar dirigiendo el instrumento de vapor de agua hacia el sol antes de intentar registrar los datos reales. Se debe confirmar que el máximo voltaje se observa en el voltímetro digital cuando el círculo redondo de luz solar brillando a través del soporte frontal de alineación está centrado con el punto coloreado del soporte trasero. (Si esto no es así, por favor, contactar con el Equipo Científico). Las sesiones prácticas realizadas fuera, y siempre que varios alumnos estén intentando aprender cómo usar los aparatos, tomarán significativamente más tiempo para realizar que el tiempo real necesario para que uno o dos observadores experimentados puedan tomar los datos. Durante este

tiempo, la temperatura en el interior del instrumento de vapor de agua puede aumentar o disminuir varios grados, dependiendo de la temperatura ambiental del aire. Debe evitar enviar los datos colectados durante las sesiones de prácticas.

3. Es importante realizar las mediciones de la manera recomendada y bajo las condiciones del cielo aceptables, ya que los resultados numéricos probablemente tendrán poco significado para los alumnos, al menos hasta que hayan tomado datos durante un tiempo, es especialmente importante seguir los protocolos con cuidado y consultar al Equipo Científico si tiene dudas.

Se proporciona una *Guía de Preparación de la Clase* para ayudarle a preparar la implementación de este protocolo. Esta guía describe en detalle los pasos implicados en el registro de un conjunto completo de mediciones, junto con un comentario de cada paso. Ésta es complementaria a la *Guía de Campo* que sólo recoge los pasos en orden sin ninguna explicación añadida. Como parte de su preparación para este protocolo, los alumnos y maestros deberían estudiar la *Guía de Preparación de la Clase* para asegurarse de que entienden cada paso.

Cuestiones para Investigaciones Posteriores

¿Qué condiciones meteorológicas están asociadas con alta (o baja) AP?

¿De qué manera está el vapor de agua relacionado a otras variables atmosféricas, tales como aerosoles, espesor óptico, temperatura, tipo y cobertura de nubes, precipitación, humedad relativa, temperatura del punto de rocío, presión barométrica o concentración de ozono?

¿Pueden las observaciones de AP mejorar los pronósticos del tiempo?

Protocolo de Vapor de Agua

Guía de Preparación de la Clase

Esta sección incluye un comentario punto por punto sobre cómo recoger datos de vapor de agua, con información y explicaciones de cada paso. Los pasos para tomar datos se muestran en la *Guía de Campo de Toma de Datos del Protocolo de Vapor de Agua*, en la cual aparecen los mismos pasos, pero sin explicación.

Actividades

- Recoger un grupo de lecturas de máximo voltaje obtenidas dirigiendo el instrumento de vapor de agua hacia el sol.
- Anotar la hora exacta de las mediciones.
- Observar y anotar las condiciones meteorológicas, de nubes y del cielo.

Qué se Necesita

- Instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua
- *Hoja de Datos de Vapor de Agua*
- Reloj, preferiblemente digital, o receptor GPS
- Higrómetro digital o psicrómetro giratorio.
- Lápiz o bolígrafo
- Carta de nubes GLOBE
- Barómetro (opcional)
- Termómetro
- *Guías de Campo de los Protocolos de Nubes, Temperatura del Aire, Humedad Relativa (opcional) y Protocolo Opcional de Presión Barométrica (opcional)*

Preparándose para Realizar las Mediciones

Descripción del Sitio (ver el Protocolo de Construcción de Instrumentos, Selección del Sitio y Configuración)

Para enviar mediciones de vapor de agua debe tener definido un sitio de atmósfera en el cual realizar las observaciones. Si su centro escolar no tiene establecido un *Sitio de Estudio de Atmósfera*, tendrá que definir uno siguiendo el *Protocolo de Construcción de Instrumentos, Selección del Sitio y Configuración*.

La descripción del sitio se debe hacer sólo una vez, a no ser, por supuesto, que cambie la ubicación del sitio o se añada un sitio adicional. La interpretación de las mediciones requiere conocer la longitud, latitud y altitud del sitio de observación.

La condición básica para realizar mediciones de vapor de agua es tener una visión del sol sin obstáculos y una visión del cielo que permita hacer estimaciones razonables de la cobertura y tipo de nubes. Estas mediciones se pueden hacer en un sitio urbano.

Metadata

La metadata son datos de los datos y complementan los datos reales. Son importantes porque ayudan a los científicos a interpretar las mediciones. Algunos metadatos (como la presión de estación barométrica) se pueden recoger en la clase justo antes o después de las mediciones.

Tipos de Metadata:

1. Presión barométrica (Protocolo Opcional de Presión Barométrica disponible)

Se necesitan valores precisos de presión barométrica. Las fuentes de presión barométrica son, en orden de preferencia:

1. Datos online o difundidos por estaciones meteorológicas oficiales.
2. Valores impresos de una fuente fiable.
3. Mediciones de un barómetro de clase.

Nota: si usa la opción #1 o la opción #2 no introduzca el valor en el campo “presión barométrica” de la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*, envíe este valor en la sección de *Comentarios* de la *Hoja de Datos*. Si usa la opción #3 debe introducir el valor en el campo “presión barométrica” de la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.

En muchas partes del mundo, valores precisos de presión barométrica están disponibles online, y son, por ello, preferibles.

Muchos periódicos de EE.UU. publican diariamente el almanaque meteorológico que proporciona información meteorológica del día anterior, incluyendo la presión barométrica. Utiliza el valor más cercano a la hora de tu toma de datos. Por ejemplo, si la presión barométrica se da a mediodía, este será el valor para usar en la mayoría de las mediciones de vapor de agua. Dependiendo de si la presión está aumentando, es estable o está disminuyendo, es razonable interpolar entre los valores del mediodía y los de la primera hora de la mañana o la última de la tarde (6:00 a.m y 6:00 p.m. hora local son generalmente proporcionados junto con el de las 12:00 del mediodía).

En los EE.UU., la presión podría necesitar ser convertida de pulgadas de mercurio a milibares (hectopascales), que es la unidad internacional estándar y la de GLOBE:

$$\text{Presión (mbar o hectopascales)} = \text{presión (pulgadas de Hg)} * 33,864 \text{ (mbar/pulgada de Hg)}$$

Es suficiente con enviar la presión barométrica redondeada al milibar más próximo.

2. Temperatura del aire actual (protocolos disponibles)

Dado que los componentes electrónicos del instrumento de vapor de agua GLOBE, y especialmente sus detectores, son sensibles a la temperatura, el Equipo Científico le pide que envíe la temperatura del aire junto con las mediciones de vapor de agua. GLOBE le proporciona cuatro maneras para medir la temperatura actual del aire.

1. *Guía de Campo de Temperatura Digital Multi-día máx/mín y Actual*
2. Pasos 1-5 de la *Guía de Campo del Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima y Actual*
3. Pasos 1-4 de la *Guía de Campo del Protocolo de Temperatura de un Día Máxima y Mínima*
4. *Guía de Campo del Protocolo de Temperatura Actual del Aire*.

3. Temperatura en el interior de la carcasa del instrumento de vapor de agua

En términos de funcionamiento del aparato, lo que realmente interesa no es la temperatura exterior en sí misma, sino la temperatura en su interior. El instrumento de vapor de agua tiene un sensor de temperatura electrónico localizado junto a los detectores de luz solar. Se puede mostrar la lectura de voltaje de este detector seleccionando la posición “T” del interruptor rotatorio. La salida de este sensor es de 10 mV por grado C. Por tanto, la temperatura es 100 veces la lectura “T” de voltaje. Por ejemplo, si la lectura es 0,224 V, entonces, la temperatura en el interior es de 22,4 °C. Se debe anotar este valor una vez al comienzo de un conjunto de mediciones y de nuevo al final.

Para mediciones más precisas, es importante mantener el aire del interior de la carcasa aproximadamente a temperatura ambiente — alrededor de los 20°C. Hay algunos pasos simples que se pueden seguir para minimizar los problemas de sensibilidad a la temperatura. Mantenga el instrumento de vapor de agua en el interior y sáquelo sólo cuando esté listo para realizar las mediciones. En invierno, llévelo hasta el sitio de observación protegido bajo su abrigo o en una bolsa aislante. En verano, transpórtelo en un pequeño refrigerador de almuerzo. Puede construir una caja aislante para el instrumento a partir de láminas rígidas de espuma de poliestireno unidas con cinta de aluminio. Especialmente en verano, mantenga el aparato protegido de la luz solar directa siempre que no esté realizando una medición.

4. Hora

Es importante enviar de manera precisa la hora a la que se realizan las mediciones porque los cálculos de la posición del sol en el sitio dependen críticamente de la hora. El estándar GLOBE para enviar la hora es siempre UT, que se puede calcular a partir de la hora de un reloj local, la zona horaria y la época del año (necesario para zonas que implementan horas de ahorro de luz solar). Es esencial convertir la hora local a UT correctamente. Tenga especial cuidado si cambia a la hora de ahorro de luz solar, o viceversa. Por ejemplo, deberá añadir 5 horas para convertir la hora estándar del Este (EST) a UT, pero sólo 4 horas para convertir la hora de luz diurna del Este (EDT) a UT. Un error de una hora puede dar resultados que parezcan estar bien, pero que son erróneos. Si tiene un receptor GPS puede obtenerla directamente de él.

La hora se debe enviar con una precisión no menor que redondeando a los 30 segundos más cercanos. Un reloj digital o un reloj que muestre segundos es más fácil de usar que uno analógico, pero en cualquier caso se debe poner en hora con un estándar fiable. Incluso un reloj de muñeca analógico se puede leer redondeando a 15 segundos si tiene marcas de minuto en su esfera. Los requerimientos de precisión de hora para éste y para el *Protocolo de Aerosoles* relacionado son más estrictos que para el resto de protocolos GLOBE.

No es difícil configurar su reloj de manera suficientemente precisa para cumplir los estándares requeridos por este protocolo. Puede obtener la hora online o a partir de receptores manuales de GPS. En muchos lugares del mundo se pueden adquirir relojes que se ponen automáticamente en hora detectando una señal de radio de una institución que mantiene un reloj de referencia.

Puede ser tentador usar el reloj de la computadora como estándar. Sin embargo, no es una buena idea, ya que los relojes de las computadoras son generalmente imprecisos, y se deben poner en hora periódicamente conforme a un estándar fiable. Ten en cuenta que los sistemas operativos modernos de los ordenadores adelantarán y atrasarán automáticamente el reloj del ordenador entre la hora estándar y la hora de ahorro de luz solar.

Las mediciones de vapor de agua se pueden tomar a cualquier hora del día. De hecho, resulta un proyecto interesante estudiar la variación de vapor de agua durante el día. Sin embargo, el instrumento de vapor de agua proporcionará mediciones más fiables entre media mañana y media tarde. En latitudes templadas y mayores, con bajos ángulos máximos de elevación solar, debe realizar mediciones tan cerca del mediodía solar local como sea posible, especialmente en invierno.

Si está realizando mediciones coincidentes con el paso de los satélites, entonces las horas de dichos recorridos determinan cuando se deben realizar las mediciones. ¿Cuán cercanas deben ser las mediciones a la hora del paso de un satélite para ser útiles? Esta es una pregunta que debe discutirse con los científicos que trabajan con los instrumentos espaciales. En general, las horas deberían estar en el intervalo de unos minutos. Sin embargo, siempre es mejor recoger datos que no hacerlo, incluso si no puede sincronizar las mediciones con el paso del satélite.

5. Humedad relativa (*Protocolo de Humedad Relativa* disponible)

La humedad relativa se envía como número entero, en porcentaje. La humedad relativa y la temperatura se utilizan para calcular la temperatura del punto de rocío, que está empíricamente relacionada con el AP (Ver *Observando los Datos*). Hay dos opciones para enviar la humedad relativa, siendo preferible la primera:

1. Obtener la humedad relativa haciendo el *Protocolo de Humedad Relativa*. Enviar esta lectura en el campo “Humedad Relativa” de la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.
2. Si no se tiene acceso a un higrómetro digital o psicrómetro giratorio que cumpla las especificaciones GLOBE, se puede obtener la lectura de humedad relativa a partir de una fuente online o de difusión masiva. En este caso no rellene el campo “Humedad Relativa” de la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*. Enviar este valor en la sección de *Comentarios* de la *Hoja de Datos*.

6. Observaciones de nubes (*Protocolos de Nubes* disponibles)

Las mediciones de vapor de agua se pueden interpretar correctamente sólo cuando el sol no está oculto por nubes. Esto no significa que el cielo deba estar completamente despejado, sino sólo que no debe haber nubes en los alrededores del sol. Esto puede no resultar siempre una determinación simple. Es fácil determinar si hay nubes bajas y medias cerca del sol, pero los cirros pueden suponer un reto. Generalmente son finos y puede parecer que no bloquean una cantidad significativa de luz solar. Sin embargo, los cirros pueden afectar las mediciones de AP, aún cuando éstos no sean visibles para el ojo humano. Recordar que el instrumento de vapor de agua detecta la luz en la franja infrarroja del espectro solar, por lo que el hecho de que las nubes de tipo cirro sean apenas visibles al ojo humano, no significa que no estén absorbiendo luz solar infrarroja.

Otra situación difícil se produce con tiempo típico de verano, especialmente cerca de las grandes áreas urbanas. En este ambiente, los cielos contaminados y las condiciones húmedas pueden dificultar la distinción de los límites de las nubes. Es importante describir estas condiciones siempre que envíe mediciones. Observar el cielo (¡lejos del sol!) con gafas de sol anaranjadas o rojas o con un filtro de plástico puede hacer más fácil ver los límites de las nubes.

Siempre que trate de determinar las condiciones de las nubes en los alrededores del sol, debe ocultar el sol con un libro, hoja de papel, edificio, árbol, o cualquier otro objeto. Una buena regla es que si puede percibir sombras tenues en el suelo, no debe intentar mirar directamente al sol. En caso de duda, o si cree que no puede determinar las condiciones del cielo cerca del Sol, entonces no realice la medición.

Recordatorio de seguridad: Nunca mire directamente al sol, incluso con gafas de sol de color o con filtros de plástico. Esto podría dañar seriamente sus ojos.

Los informes sobre condiciones de las nubes deben seguir los *Protocolos de Nubes*. Las categorías que aparecen en la *Hoja de Datos de Vapor de Agua* se describen en estos protocolos.

7. Condiciones del cielo

Las condiciones del cielo incluyen color del cielo y claridad. Estas observaciones son subjetivas, pero con la práctica aprenderá a ser consistente en sus interpretaciones. Por ejemplo, puede aprender fácilmente a reconocer un cielo despejado azul profundo que está asociado a aire limpio y humedad relativa baja. Con más humedad y más contaminación, el color del cielo cambia a un azul más claro. Puede aparecer blanco lechoso más que claro. En algunos lugares, especialmente en zonas próximas a lo urbano, el cielo tiene un tono marrón o amarillento debido a la contaminación del aire (principalmente partículas y NO_2).

Para determinar el color del cielo mira al cielo en una dirección *alejada* del sol. Es decir, tu sombra debe estar directamente enfrente de ti. El color del cielo generalmente es más claro cerca del horizonte. Por esta razón, debe ser constante realizando las observaciones del cielo con un ángulo de elevación de unos 45° sobre el horizonte. Si esta parte del cielo tiene nubes, usa la parte más cercana del cielo de la que pueda determinar el color.

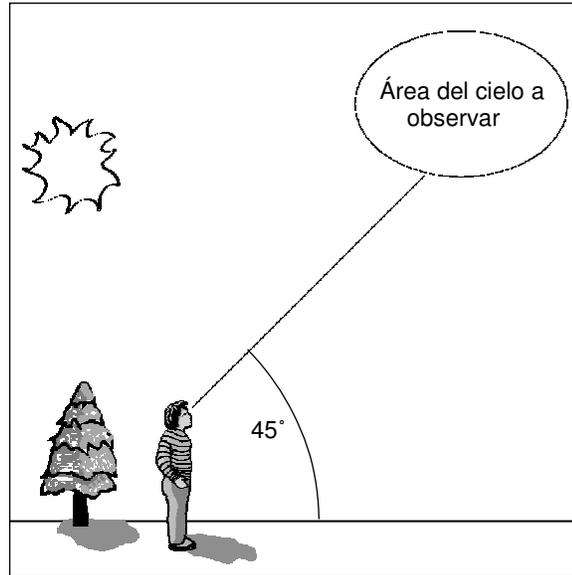
Se puede determinar la claridad del cielo usando un objeto distante – un edificio alto o una cadena montañosa, por ejemplo – como referencia. Cuando este objeto aparece nítidamente definido en sus colores naturales, entonces el cielo está despejado. Según el objeto se distinga peor, entonces probablemente haya más vapor de agua y aerosoles en la atmósfera. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este método de determinación de la nebulosidad está más relacionado con la visibilidad horizontal, lo que no siempre puede ser un indicador preciso de la condición de la atmósfera sobre el sitio.

Cuando hay razones obvias para condiciones del cielo inusuales, los usuarios de los datos deben conocerlas. La contaminación urbana, el polvo y el humo son ejemplos de condiciones que deben ser enviadas en la parte de *Comentarios* de la *Hoja de Datos*.

8. Información del paso de los satélites

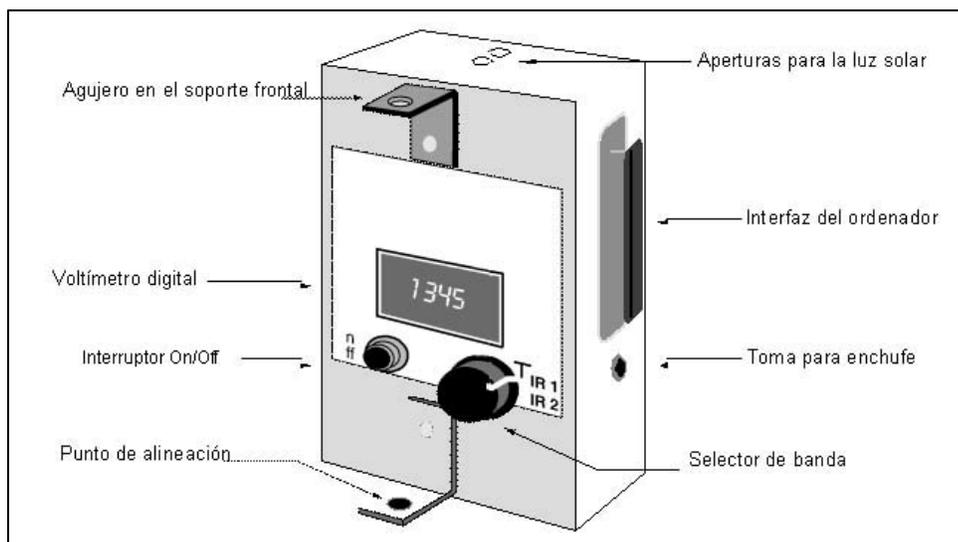
Como parte opcional del *Protocolo de Vapor de Agua*, se pueden recoger datos a las horas que coinciden con la hora a la que el satélite pasa por su sitio de observación. Esto puede ser importante para los satélites en órbitas a baja altitud, pero no para los que están en órbitas geoestacionarias a gran altitud, como el GIFTS. La información sobre el paso de los satélites, incluyendo la hora y el máximo ángulo de elevación del satélite sobre su sitio, se puede obtener online en: <http://earthobservatory.nasa.gov/MissionControl/overpass.html>. Es posible que encuentre información sobre satélites no listados por su nombre en este sitio Web. (Contacte con el Equipo Científico para más información). Dado que la medición del vapor de agua implica mirar el sol, solamente los recorridos que se realizan durante el día son de interés. Para cualquier día, se debe siempre seleccionar el paso diurno que corresponde al mayor valor del ángulo de elevación del satélite. Cuando este valor es de 90° , el satélite está pasando directamente sobre su sitio. Cuando se esté realizando una medición que se corresponde al paso de un satélite, por favor, anote el nombre del satélite, la hora del paso y el ángulo máximo de elevación en la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.

Figura AT-VA-6: Área del cielo a observar



Recogida de datos

Figura AT-VA-7: Partes del instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua



En el Aula

Debe estar familiarizado con las partes del instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua, que se muestran en la Figura AT-VA-7. Asegúrese de que tiene todos los materiales necesarios y, si está trabajando en grupos, que cada miembro del grupo conozca su papel. Esto es especialmente importante si varios alumnos participan en estas mediciones de manera rotativa. La información sobre el uso de la interfaz de la computadora se puede obtener del Equipo Científico.

Se pueden hacer pruebas desde el interior, dirigiendo el instrumento hacia el sol a través de una ventana – incluso si está cerrada. (¡Las mediciones reales no se deben hacer a través de una ventana cerrada!). El aparato de vapor de agua debe estar a temperatura ambiente – unos 20-25°C – antes de recoger datos. Coloque el aparato en un recipiente aislado antes de llevarlo al exterior.

En el Campo

Es más fácil para dos personas recoger estos datos que para una persona trabajando sola. Si no está familiarizado con este protocolo divida las actividades y haga varias prácticas en el exterior antes de empezar a registrar los datos reales con el instrumento de vapor de agua. Recuerde que estas prácticas pueden suponer que el aparato se exponga durante un largo tiempo a tiempo cálido o frío. Antes de realizar las mediciones “reales”, debe asegurarse de que el aparato ha vuelto a la temperatura ambiente, como se describe en el punto 3 de la sección de Metadatos de *Preparación para Realizar Mediciones*.

Explicación de los Pasos de la Guía de Campo para la Recogida de Datos:

1. Encender el aparato.
2. Sujete el aparato enfrente de usted de manera que se pueda leer el voltímetro digital y se pueda mantener cómodamente el punto del sol brillando a través del soporte frontal en línea con el punto de alineación trasero.

Será útil sujetar el aparato con las rodillas, al respaldo de una silla, a una verja o a algún otro objeto fijo.

3. Poner el interruptor rotativo en T, leer el voltaje, multiplicar esta lectura por 100, y anotar el valor bajo “temperatura del interior de la carcasa” en la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.

Esta lectura representa la temperatura del aire cerca de los detectores LED en el interior del instrumento. Para que los resultados sean más precisos, esta temperatura debería estar en el rango de 20-25°C.

4. Poner el interruptor rotativo en IR1.

El *Formulario de Introducción de Datos* pide primero las mediciones de IR1 y después IR2. Realizar siempre las mediciones en este orden.

5. Ajustar la dirección del aparato hasta que el punto de luz solar procedente del soporte frontal de alineación esté centrado con el punto de alineación coloreado del soporte trasero.

Durante los próximos 10-15 segundos, observar el voltaje mostrado en el medidor, y anotar el voltaje máximo en la columna “voltaje de la luz solar” de la *Hoja de Datos*. Los voltajes variarán entre unos pocos milivoltios incluso aunque se mantenga el aparato perfectamente firme. Esto se debe a las fluctuaciones reales de la atmósfera. No intentar hacer la media de estos voltajes fluctuantes. También, hay que asegurarse de anotar todos los dígitos que se muestran en el medidor: 1,732 mejor que 1,73, por ejemplo.

6. Anotar la hora a la que se realiza la medición lo más precisamente posible.

Incluir los segundos. Se requiere una precisión de 15-30 segundos. Esto es posible incluso con un reloj analógico que se haya puesto en hora con un estándar fiable.

7. Mientras se dirige aún el instrumento hacia el sol, cubra las aperturas para la luz solar con el dedo para evitar que la luz entre en la carcasa. Anote esta lectura en la columna “voltaje en la oscuridad” de la *Hoja de Datos*.

8. Seleccionar la banda IR2 y repetir los pasos 5-7.

9. Repetir los pasos 4-8 al menos dos veces y como máximo cuatro veces más.

Esto proporcionará entre tres y cinco pares de mediciones IR1/IR2. Recordar que es importante ser sistemático en el orden de recogida de los datos: IR1, IR2, IR1, IR2, IR1, IR2. El tiempo entre mediciones no es crítico, siempre que se anote la hora de manera precisa. Sin embargo, especialmente con tiempo cálido o frío, es importante minimizar el tiempo total de mediciones para mantener la temperatura del interior del aparato cercana a la temperatura ambiente. Recoger un grupo de cinco pares de mediciones no debe llevar más de 2 o 3 minutos (20-30 segundos por valor de voltaje). La *Hoja de Datos de Vapor de Agua* tiene espacio para un máximo de cinco pares de mediciones; realizar más de tres pares es útil, pero no necesario.

10. Cambiar el interruptor rotativo a T, leer el voltaje, multiplicar esta lectura por 100, y anotar el valor en la columna “temperatura del interior de la carcasa” de la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.

11. Apagar el instrumento de vapor de agua.

12. Anotar cualquier nube que haya en los alrededores del sol en el apartado de *Comentarios* de la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*. Hay que asegurarse de anotar el tipo de nubes, usando la Carta de Nubes *GLOBE*.

13. Hacer los *Protocolos de Nubes* y anotar las observaciones en *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.

14. Leer y anotar la temperatura actual del aire redondeando a 0,5°C siguiendo uno de los protocolos de temperatura del aire. Tener cuidado de no tocar o respirar sobre el termómetro.

Usar uno de los protocolos del punto 2 de la primera parte de esta *Guía de Preparación de la Clase*.

15. Realizar el *Protocolo de Humedad Relativa* y anotar los resultados en la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.

Si no se dispone de un higrómetro digital aceptable o de un psicrómetro giratorio, entonces no completar los campos de “humedad relativa” de la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*. En su lugar, enviar un valor de humedad relativa procedente de una fuente fiable online en el apartado de *Comentarios* de la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.

16. Completar la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.

Esto incluye enviar un valor de presión barométrica (preferiblemente de una fuente online en el apartado de *Comentarios*) como se describe arriba, y rellenar cualquier comentario adicional.

Toma de Datos del Protocolo de Vapor de Agua

Guía de Campo

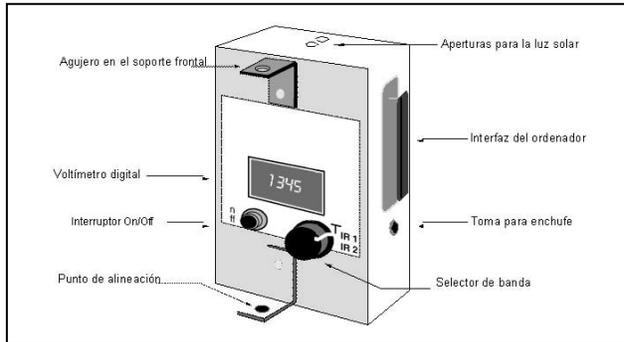
Actividad

- Recoger un conjunto de lecturas de voltaje máximo obtenidas apuntando el instrumento de vapor de agua hacia el sol.
- Anotar la hora precisa de las mediciones.
- Observar y anotar las condiciones meteorológicas, de nubes y del cielo.

Qué se Necesita

- Carta de nubes GLOBE
- Instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua
- *Hoja de Datos de Vapor de Agua*- Reloj, preferiblemente digital, o receptor GPS
- Higrómetro digital o psicrómetro giratorio (opcional)
- Lápiz o bolígrafo
- Barómetro (opcional)
- Termómetro
- *Guías de Campo de los Protocolos de Nubes, Temperatura del Aire, Humedad Relativa (opcional) y Protocolo Opcional de Presión Barométrica (opcional)*

En el campo

1. Encender el instrumento.
2. Sujete el instrumento enfrente de usted en una posición en la que se pueda leer el medidor del panel digital y se pueda mantener cómodamente el punto de sol brillando a través del agujero del soporte frontal alineado con el punto de alineación trasero.

El diagrama muestra un instrumento rectangular con un panel digital en el centro que muestra el número '1.345'. A la izquierda del panel hay un interruptor rotativo etiquetado como 'Interruptor On/Off' y un punto etiquetado como 'Punto de alineación'. A la derecha del panel hay un selector de banda etiquetado como 'Selector de banda' y un puerto etiquetado como 'Toma para enchufe'. En la parte superior del instrumento hay un agujero etiquetado como 'Agujero en el soporte frontal' y una apertura etiquetada como 'Aperturas para la luz solar'. En la parte inferior del instrumento hay una interfaz etiquetada como 'Interfaz del ordenador' y un puerto etiquetado como 'IR 1 IR 2'.
3. Poner el interruptor rotativo en T, leer el voltaje, multiplicar esta lectura por 100 y anotar el valor en “temperatura interior” en la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.
4. Poner el interruptor rotativo en IR1.
5. Ajustar la dirección del instrumento hasta que el punto de luz solar que atraviesa el soporte frontal de alineación esté centrado con el punto coloreado de alineación del soporte trasero. Esperar 2-3 segundos. Después, siempre manteniendo el punto de luz solar centrado en el punto de alineación, observar el voltaje que se muestra en el voltímetro durante los próximos 10-15 segundos y anotar el máximo voltaje en la columna “voltaje de la luz solar” de la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.
6. Anotar la hora a la que se realiza la medición tan exacta y precisamente como sea posible.

7. Mientras se dirige el aparato al sol, cubrir las aperturas para la luz solar con el dedo para evitar que entre luz solar en la carcasa. Anotar esta lectura en la columna “voltaje en la oscuridad” de la *Hoja de Datos*.
8. Ponga el interruptor rotativo en IR2 y repita los pasos 5-7.
9. Repetir los pasos 4-8 al menos dos y no más de cinco veces.
10. Colocar el interruptor rotativo en T, leer el voltaje, multiplicar este valor por 100, y anotar este valor en “temperatura interior” en la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.
11. Apagar el aparato.
12. Anotar cualquier nube en los alrededores del sol en la sección de *Comentarios* de la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*. Hay que asegurarse de anotar el tipo de nubes usando la carta de nubes GLOBE.
13. Realizar los *Protocolos de Nubes* y anotar las observaciones en la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.
14. Leer y anotar la temperatura actual del aire redondeando a los 0,5°C más próximos siguiendo alguno de los protocolos de temperatura del aire. Tener cuidado de no tocar o respirar en el termómetro.
15. Realizar el *Protocolo de Humedad Relativa* y anotar los resultados en la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.
16. Rellenar la *Hoja de Datos de Vapor de Agua*.

Preguntas frecuentes

1. El instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua utiliza diodos emisores de luz (LEDs) como detectores de luz solar. ¿Qué es un LED?

Un diodo emisor de luz es un dispositivo semiconductor que emite luz cuando una corriente eléctrica lo atraviesa. El dispositivo real es un pequeño chip de sólo una fracción de milímetro de diámetro. El chip se encuentra, bien en una pequeña carcasa de metal con una cubierta de cristal plana de unos 5mm de diámetro, o en un cilindro de resina de unos 5mm de diámetro.

El proceso físico que hace que el LED emita luz también funciona a la inversa. Cuando la luz llega a un LED, produce una corriente muy pequeña. Los componentes electrónicos del instrumento de vapor de agua amplifican esta corriente, y la convierten en un voltaje.

Los LEDs se encuentran en una amplia gama de aparatos electrónicos y productos de consumo. Los LEDs más familiares emiten luz visible — roja, amarilla, verde o azul. Los LEDs del instrumento de vapor de agua emiten (y responden) a la luz infrarroja. Esta radiación es invisible para el ojo humano. Los transmisores y detectores LED son de uso común en dispositivos de control remoto familiares, generalmente incluidos en dispositivos electrónicos como los televisores y los equipos de sonido.

2. ¿Qué mide el instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua?

Como se dice en la Pregunta 1, la luz solar que llega a los detectores del aparato provoca el flujo de una pequeña corriente. Cada detector responde a la luz solar en una pequeña franja de longitudes de onda del infrarrojo. Al amplificar la corriente se produce un voltaje que es proporcional a la cantidad de luz que llega al detector en esa franja de longitud de onda. El vapor de agua absorbe la luz solar que recorre la atmósfera en una de las bandas de longitud de onda, pero no en la otra. El aparato está calibrado de manera que la cantidad de vapor de agua en la atmósfera se pueda relacionar con el rango de voltajes de las dos bandas.

3. ¿Qué es el campo de visión del instrumento GLOBE/ GIFTS de vapor de agua y por qué es importante?

El instrumento de vapor de agua es un fotómetro

solar. La ecuación que describe de forma teórica cómo interpretar las mediciones del fotómetro solar requiere



que el aparato reciba sólo luz directa del sol – es decir, luz que siga una trayectoria en línea recta desde el sol hacia el detector de luz. Este requisito sólo se puede cumplir de manera aproximada porque todos los fotómetros solares reciben algo de luz dispersa.

El cono de luz que el detector del fotómetro solar recibe es lo que se conoce como su campo de visión, y lo deseable es que este cono sea tan estrecho como sea posible. El campo de visión del instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua es de unos 2,5 grados, que es el equilibrio razonable entre la precisión deseable y las consideraciones prácticas que surgen al construir un instrumento manual. Cuanto menor sea el campo de visión, más difícil será que el instrumento de dirija de manera precisa al sol. Los fotómetros muy caros, con motores y componentes electrónicos para alinear el detector con el sol, pueden tener campos de visión de un grado o menos. Sin embargo, algunos estudios han mostrado que el error introducido por algunos campos de visión mayores es insignificante para las condiciones en las que se utilizará el instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua.

4. ¿Cuán importante es mantener el instrumento de vapor de agua sin enfriarse o calentarse mientras estoy realizando las mediciones?

Los detectores LED del aparato son sensibles a la temperatura, por lo que la lectura estará ligeramente influida por su temperatura. Por ello, es importante proteger el instrumento de calentarse o enfriarse mucho. Manténgalo lo en el interior, a temperatura ambiente, cuando no esté tomando datos. Nunca se debe dejar el aparato fuera o expuesto directamente a la luz solar durante largos períodos de tiempo. Cuando se estén recogiendo los datos, la temperatura importante no es la temperatura del aire exterior, sino la temperatura en el interior de la carcasa. Se puede controlar la temperatura interior seleccionando la banda “T” en el aparato. (Multiplicar la lectura de voltaje por 100 para obtener la temperatura en grados C). Esta temperatura debe estar entre 20-25 °C. Si la temperatura está en este rango cuando comience a realizar las mediciones, y si trabaja lo más rápido posible, la temperatura en el interior no cambiará en más de un grado o dos, minimizando los efectos indeseables de la temperatura.

5. Se me cayó el instrumento de vapor de agua. ¿Qué debo hacer ahora?

Afortunadamente, los componentes del interior del instrumento de vapor de agua son muy resistentes, por lo que resistirán la caída. Si ha construido una caja protectora aislante para el instrumento, entonces estará bien protegida. Sin embargo, debe comprobar si la carcasa presenta alguna grieta. Incluso si la carcasa está rota, el equipo puede estar bien. Únicamente cierre las grietas usando algo opaco, como una cinta adhesiva plateada o una cinta adhesiva de aluminio. Abra la carcasa y asegúrese de que todo parezca estar bien. En concreto, asegúrese de que las pilas se encuentran aún firmemente unidas a su conector. Si los soportes de alineación se han movido o están sueltos como resultado de la caída, se debería devolver el aparato al Equipo Científico para su recalibración.

6. ¿Cómo puedo saber si mi instrumento de vapor de agua funciona adecuadamente?

Cuando enciende el instrumento de vapor de agua sin dirigirlo hacia el sol, se debería obtener un pequeño voltaje DC no superior a unos pocos milivoltios. Cuando dirija el aparato directamente hacia el sol el voltaje debe aumentar hasta un valor entre 0,5 a 2 V. Si no observa estos cambios de voltaje al dirigir el aparato hacia el sol, entonces es que no está funcionando.

La razón más probable por la que un instrumento de vapor de agua deja de funcionar es que la pila está demasiado gastada como para que funcionen los componentes electrónicos. Como se indica en el procedimiento de cambio de pilas (ver el *Protocolo de Aerosoles*), se debe cambiar la pila cuando su voltaje (con el aparato encendido) es inferior a 7,5 V. Se debe comprobar las pilas tres o cuatro veces al año, a no ser que el aparato se haya quedado encendido sin querer durante un largo período de tiempo.

Cambiar las pilas no influirá en la calibración del aparato. Si se cambia las pilas y el aparato sigue sin funcionar, contactar con GLOBE para pedir ayuda.

7. ¿Puedo construir mi propio instrumento de vapor de agua?

Sí. Puedes adquirir un equipo básico del instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua básico. Construir este dispositivo implica soldar

algunos componentes electrónicos, lo cual es una habilidad que los alumnos deben aprender de alguien que lo haya hecho antes. Puede comenzar a realizar mediciones tan pronto como hayamontado el instrumento. Sin embargo, en algún momento debe enviar su instrumento de vapor de agua al Equipo Científico de GLOBE para su calibración, y que así sus datos puedan ser aceptados en el archivo de datos GLOBE.

8. ¿Cuán precisas son las mediciones tomadas con el instrumento GLOBE de vapor de agua?

Esta es una pregunta difícil cuya respuesta es el objeto de la investigación en marcha. A diferencia de otras mediciones GLOBE, no hay estándares de referencia aceptados con los cuales comparar estas mediciones. Todas las mediciones de contenido de vapor de agua atmosférico están sujetas a errores e incertidumbres. La calibración del instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua depende de las mediciones realizadas con otras técnicas. Por ello, su precisión depende de la precisión de estas otras técnicas. Otras mediciones de vapor de agua basadas en el fotómetro solar no requieren precisiones superiores al 10%. Aunque esto parece un error grande, es suficiente para ser útil en una mejor comprensión de la distribución y transporte del vapor de agua.

9. ¿Cuál es la relación entre el vapor de agua total precipitable y las propiedades atmosféricas medibles en el terreno?

Prácticamente por definición, no es posible inferir el agua precipitable (AP) directamente y de manera precisa a partir de otras mediciones realizadas en el campo. Si esto fuera posible, ¡no sería necesario un instrumento de vapor de agua! Sin embargo, los científicos atmosféricos saben que hay una relación aproximada entre el AP y la temperatura superficial del punto de rocío — la temperatura del aire a la que la humedad relativa sería del 100%. Hace unos 40 años, C. H. Reitan [Punto de rocío superficial y vapor de agua Aloft, *J. Meteorología Aplicada* 2, 776-779, 1963] obtuvieron una relación empírica:

$$\ln(\text{AP}) = 0,1102 + 0,0614T_d$$

donde $\ln(\text{AP})$ es el logaritmo neperiano del agua precipitable en centímetros y T_d es la temperatura del punto de rocío en grados Celsius. Dado que la relación entre AP y la temperatura del punto de rocío es sólo aproximada, no se puede sustituir por una medida real de AP.

Comprobar esta relación es un buen proyecto de investigación para alumnos avanzados de secundaria.

10. ¿Se puede usar el instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua para medir el espesor óptico de aerosoles en longitudes de onda infrarrojas?

Esta pregunta se puede producir si estás haciendo también el *Protocolo de Aerosoles*. El instrumento GLOBE/ GIFTS de vapor de agua no es más que un fotómetro solar que ha sido calibrado de manera particular para determinar el vapor de agua atmosférico. Sin embargo, también se puede calibrar como fotómetro solar para usarse en la determinación del espesor óptico de los aerosoles en dos longitudes de onda del infrarrojo cercano. Puedes seguir usando el mismo aparato para medir el vapor de agua, también. Generalmente, no podrás hacer esta calibración por ti mismo. Si estás interesado en este proyecto, que merece la pena hacer, por favor, contacta con el Equipo Científico.

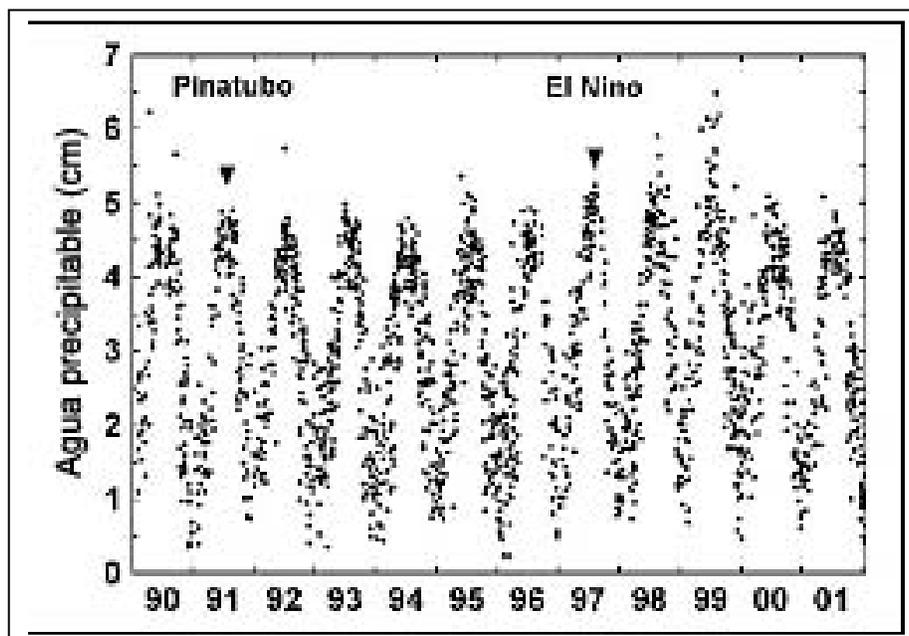
Protocolo de Vapor de Agua – Interpretando los Datos

Las lecturas de voltaje del instrumento GLOBE/GIFTS de vapor de agua deberían estar en un rango de 0,5 a 2,0 V. y las lecturas en la oscuridad deberían ser sólo de unos pocos milivoltios. Grandes diferencias entre un grupo de tres a cinco lecturas de voltaje en IR1 o IR2 pueden indicar que había cirros u otras nubes desplazándose alrededor del sol durante las observaciones.

Generalmente, el agua precipitable (AP) varía entre unas pocas décimas de centímetro y varios centímetros. En lugares a gran altitud de clima árido, el AP puede aproximarse a 0. El AP raramente supera los 6 cm. Valores mucho mayores pueden indicar que había nubes de tipo cirro delante del sol durante la medición. Si un aparato en concreto produce valores de AP fuera del rango normal, esto indica que algo está mal en el instrumento (por ejemplo, es necesario cambiar la pila o el aparato necesita ser recalibrado). Valores negativos de AP son físicamente imposibles e indican serios problemas en el aparato o en el conocimiento del observador de cómo hacer la toma de datos.

En climas templados, la característica principal del AP es su marcado carácter estacional. Esto se puede apreciar en el registro de AP de mediciones de 12 años realizadas con un instrumento basado en LED similar al instrumento GLOBE/GIFTS por Forrest Mims en su observatorio de Seguin, Texas, EEUU. [Ver Mims, Forrest M. III, Un fotómetro solar asequible y estable para medir la columna de vapor de agua sobre el sur de Texas desde 1990 a 2001, *Geofís. Res. Lett.* 29,13, pp 20-1– 20-4,2002.] Parece evidente a partir de la Figura AT-VA-8 que los valores de AP son mayores en verano que en invierno. Las mediciones de AP realizadas por los alumnos en climas templados deben mostrar este ciclo estacional. Tenga en cuenta que grandes erupciones volcánicas, como las del Monte Pinatubo, y episodios de El Niño pueden influir en el ciclo estacional de AP. Las mediciones realizadas en otros climas, como las de regiones tropicales que tengan estaciones húmedas y secas, deberían tener ciclos de AP relacionados con estas estaciones. Los valores de AP de lugares de observación a gran altitud serán menores que los de lugares próximos al nivel del mar. (A diferencia de la presión barométrica, por ejemplo, y como el espesor óptico de los aerosoles, los valores de AP no están normalizados según el nivel del mar, sino que representa la cantidad real de vapor de agua en la atmósfera sobre el sitio de observación.)

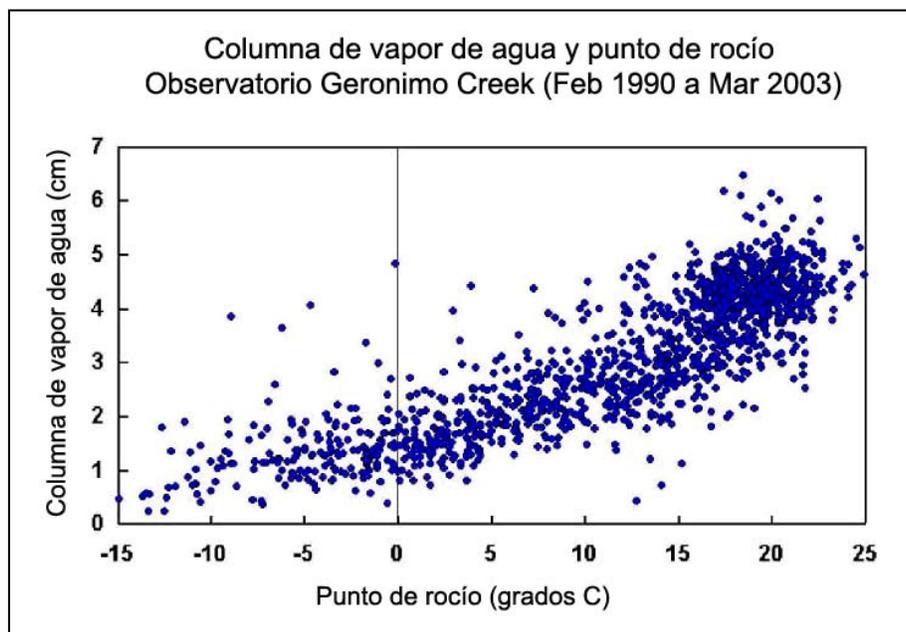
Figura AT-VA-8: Variación Estacional del AP en el Observatorio Geronimo Creek, Seguin, Texas, EEUU



Puede parecer razonable esperar que el AP esté relacionado con la humedad relativa. Realmente, la correlación entre la cantidad de vapor de agua en el conjunto de la atmósfera y la humedad relativa – una medición hecha cerca de la superficie de la Tierra– es bastante pobre. Sin embargo, bajo muchas condiciones, el AP está relacionado a otro parámetro meteorológico de la superficie. Este es la temperatura a la cual la humedad relativa sería 100%. Así, cuando la humedad relativa es inferior al 100%, la temperatura del punto de rocío es inferior a la temperatura del aire. Esto se discute con mayor profundidad en el *Protocolo de Humedad Relativa*. La temperatura del punto de rocío no es generalmente una parte habitual de la información meteorológica “popular”, pero se proporciona en el Sitio Web de GLOBE. La Figura AT-VA-9 muestra el AP versus la temperatura del punto de rocío para datos durante unos 13 años por Forrest Mims en el Observatorio Geronimo Creek, Seguin, TX, EEUU.

Aunque la relación entre AP y el punto de rocío es interesante, parece evidente a partir de la Figura AT-VA-9 que no se puede utilizar el punto de rocío como sustituto de mediciones reales de vapor de agua atmosférico. (Si no, ¿no tendría sentido este protocolo!) La relación entre el punto de rocío y el vapor de agua se rompe en el momento en el que el tiempo está cambiando rápidamente – como cuando un frente frío está pasando, por ejemplo.

Figura AT-VA-9



Protocolo Opcional de Presión Barométrica



Objetivo General

Medir la presión del aire

Visión General

El alumnado anota la presión atmosférica usando un barómetro o un altímetro.

Objetivos Didácticos

Comprender que la presión barométrica o la presión altimétrica varían, y que su aumento o descenso indican un cambio próximo en el tiempo.

Aprender que el aire tiene peso.

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.

Ventajas del Estudio de la Atmósfera

La presión del aire es una medición del peso de la atmósfera por unidad de área.

Los cambios en la presión barométrica se pueden usar para pronosticar el tiempo.

Habilidades de Investigación Científica

Usar un barómetro o altímetro para medir la presión barométrica.

Identificar preguntas y respuestas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y pronósticos a partir de la experiencia.

Compartir procedimientos, descripciones y pronósticos.

Tiempo

5 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Diariamente en el intervalo de una hora del mediodía solar local y aproximadamente a la misma hora que la medición de aerosoles, si se utiliza como valor de presión atmosférica para el *Protocolo de Aerosoles*.

Materiales y Herramientas

Barómetro aneroide o altímetro

Hoja de Datos de Investigación de la Atmósfera

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolo Opcional de Presión Barométrica – Introducción

El aire está compuesto de moléculas de nitrógeno, oxígeno, argón, vapor de agua, dióxido de carbono y otros gases. Debido a que estos gases tienen masa, el aire es empujado hacia el centro de la Tierra por acción de la gravedad. Esta fuerza es la que hace que nosotros tengamos peso, y que el aire también tenga peso. Cuanto más masa de aire haya en una columna de aire sobre un área específico en el suelo, mayor será el peso del aire. La presión se define como la fuerza actuando sobre una unidad de área. La presión atmosférica es el peso (fuerza) del aire empujando sobre una unidad de superficie sobre el suelo. (Una unidad de área podría ser un metro cuadrado o un centímetro cuadrado – en otras palabras, una unidad de medida de área). La presión atmosférica de la Tierra es aproximadamente 1 kg/cm^2 .

¿Qué ocurre con la presión atmosférica o barométrica? Piense en un pequeño cubo de aire sobre la superficie de la Tierra. Sobre él, hay una columna de aire que está siendo empujada hacia la superficie por la gravedad. La fuerza en la parte superior del cubo de aire es igual al peso de la columna de aire que tiene encima. El aire del cubo transmite esa fuerza en todas las direcciones, hacia abajo en la superficie de la Tierra y horizontalmente hacia el aire de alrededor. Ver la

Figura AT-PR-1: A Columna de Aire con Cambios de Presión

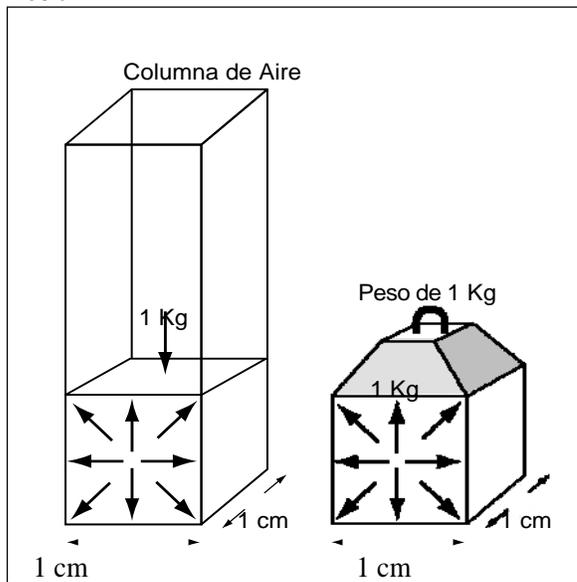


Figura AT-PR-1. Esta es la presión atmosférica o barométrica, que se mide siguiendo este protocolo. Se puede pensar en esto como algo similar al aire en una pelota. Cuando se infla una pelota, se rellena de aire hasta que haya suficiente presión para dar a la pelota el bote deseado. El aire del interior de la pelota presiona sobre la superficie de la misma manera en todas las direcciones. Cuando se añade presión en un lugar de la pelota al golpearla, el aire de su interior expande esta presión en todas las direcciones, también.

Hace cientos de años, científicos como Galileo, Evangelista Torricelli, y Benjamin Franklin se preguntaron cómo varía la presión atmosférica de un día a otro en relación con las variaciones en los patrones meteorológicos que observaban. A Benjamin Franklin, por ejemplo, se le atribuyen observaciones que relacionan el movimiento de sistemas de baja presión (tormentas) a lo largo de la costa noreste de los Estados Unidos, al comparar las observaciones meteorológicas de su diario correspondientes a Filadelfia con las de sus amigos en Nueva York y Boston.

Los meteorólogos saben que altas presiones generalmente se asocian a buen tiempo, y que bajas presiones se asocian a “mal tiempo”, aunque la mayoría de los meteorólogos les gusta más el “mal tiempo” porque es cuando ¡el tiempo es más interesante!

Un descenso en el barómetro se considera generalmente como indicador de empeoramiento en el tiempo. Un ascenso en el barómetro a menudo indica una mejora en el tiempo.

Las observaciones diarias de la presión barométrica serán útiles según si se realizan otras observaciones meteorológicas. Se debe anotar cómo los cambios en las lecturas de presión de un día a otro se relacionan con los tipos de observaciones meteorológicas mencionados anteriormente. En concreto, usted puede comenzar a observar cómo sus observaciones de tipo y cobertura de nubes están relacionadas con los datos de presión, cómo los altos valores de precipitación están relacionados con la baja presión, y que durante los intervalos de tiempo seco, el barómetro mostrará altos valores.

La presión barométrica se expresa generalmente de dos maneras. Una manera es como una presión de estación barométrica, la presión real experimentada en un lugar. Dado que la presión barométrica varía con la altitud, es difícil registrar el movimiento de

los frentes meteorológicos comparando los valores de las estaciones de presión de lugares a diferentes altitudes. Por ello, generalmente las presiones se expresan como presiones a nivel del mar, lo que representa la presión equivalente que se experimentaría si el sitio estuviera a nivel del mar. La conversión a presión a nivel del mar implica la aplicación de una corrección que compensa el efecto de la altitud de un lugar en la estación de presión. Por ello, cuando se comparan presiones a nivel del mar en varios lugares, las altitudes de los lugares no son necesarias y los cambios en la presión son reflejo directo de la influencia de los frentes meteorológicos.

La interpretación de las mediciones de aerosoles, ozono y vapor de agua requiere conocimiento de la presión atmosférica, bien del barómetro o de otra fuente fiable.

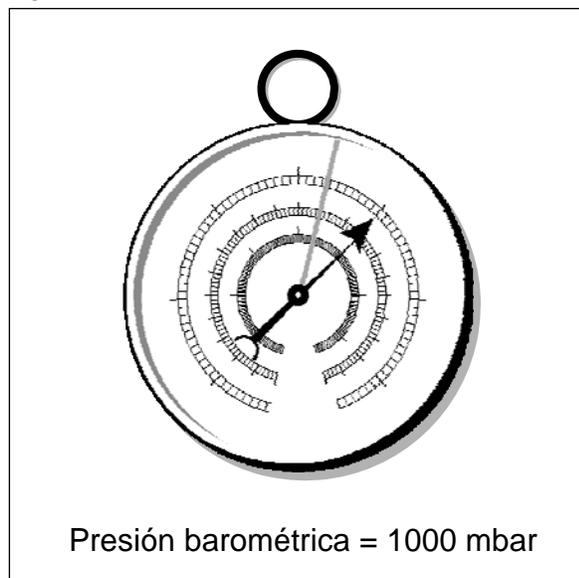
Apoyo al Profesorado

El Barómetro aneroide y Altímetro

Un aparato que se puede usar para medir la presión atmosférica se llama *barómetro*.

La forma estándar de medir la presión es utilizar un barómetro de mercurio muy sensible, pero son caros y el mercurio es tóxico. El *barómetro aneroide* se desarrolló para hacer las mediciones de presión más accesibles. La Figura AT-PR-2 muestra un barómetro aneroide típico.

Figura AT-PR-2: Barómetro Aneroide



El barómetro contiene un muelle expandible. Este muelle cambia de tamaño según varía la presión del aire. Cuando la presión del aire es alta, el muelle se comprime, y cuando la presión es baja, el muelle se expande. Debido a que el muelle está unido a una aguja que se mueve por la escala, la lectura del barómetro varía con los cambios de presión.

La mayoría de los barómetros aneroides estándares serán útiles para centros con altitudes inferiores a 500 m; para mayor altitud, se recomienda un altímetro que también proporciona lecturas de presión barométrica. Los meteorólogos generalmente convierten los valores de presión del aire de estaciones meteorológicas a presión a nivel del mar, de manera que las variaciones horizontales de presión que son importantes para los patrones de viento y tiempo se pueden ver con más facilidad. Se proporciona más información en *Calibración del Barómetro*.

Unidades de Presión Atmosférica

Los científicos que usan barómetros de mercurio hablan de la presión atmosférica como la altura de una columna de mercurio (en mm), con un valor medio a nivel del mar de 760 mm. Otra unidad de medición de presión atmosférica es el Pascal, que hace referencia a la noción de que la presión es una medición de fuerza por unidad de área. La presión estándar a nivel del mar es 101,325 Pascales (Pa), o 1013 hectopascales (hPa) (1hPa = 100 Pa). Hectopascales y milibares (mbar) son unidades de medida equivalentes. La unidad milibar se deriva de la unidad de fuerza dina por centímetro cuadrado. Los valores típicos de presión del aire para lugares cerca del nivel del mar varían entre unos 960mbar para condiciones de baja presión extrema y unos 1050 mbar para condiciones de las altas presiones superiores.

Al ascender en altitud, hay menos aire sobre nosotros. Menos aire supone menos masa y menos peso empujando hacia la superficie. Por ello, la presión atmosférica disminuye según subimos en la atmósfera, y los lugares a mayor altitud tienen valores de presión menores que los lugares a baja altitud. Una buena aproximación de esto es considerar que por cada 100m de ascenso en la atmósfera, la presión desciende unos 10 mbar. Esto se cumple hasta unos 3.000m sobre el nivel del mar. Si tu altitud sobre el nivel del mar fuera 1.000m, el rango normal de presión estaría entre unos 860 y 950 mbar.

Cómo Colocar el Barómetro Aneroide o Altímetro

En GLOBE se utiliza un barómetro aneroide estándar o un altímetro. Se debe colocar de manera segura en una pared del aula, dado que la presión del aire es igual dentro que fuera del edificio. No se debe mover o vibrar hacia delante y atrás. Se debe colocar a la altura de los ojos, de manera que se pueda leer de manera precisa. El barómetro se debe calibrar con un valor estándar, bien llamando a un organismo oficial o siguiendo las instrucciones que se dan en *Calibración del Barómetro*. El barómetro se debe recalibrar al menos cada seis meses.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

Después de anotar las lecturas de presión durante un mes, hacer un gráfico con las observaciones de presión y también con la precipitación diaria. ¿Se encuentra alguna relación entre estas observaciones?

¿Hay alguna relación entre los datos de los *Protocolos de Nubes* y la presión barométrica?

Utilizar los datos de presión de varios centros GLOBE con presión de nivel del mar para ver si se pueden ubicar las áreas de altas y bajas presiones para un día determinado. ¿Cómo se ajustan los hallazgos a los mapas del tiempo del periódico local y de otras fuentes?

Calibración del Barómetro

Cuando se recibe el barómetro, probablemente habrá sido calibrado en la fábrica. Pero es necesario calibrarlo antes de instalarlo. Primero, se debe examinar el barómetro, probablemente tenga dos escalas diferentes, una en milibares (o hectopascales) y otra en milímetros (o centímetros) de mercurio. Todas las mediciones para GLOBE se debe tomar en milibares o hectopascales (recuerde que son equivalentes).

Hay una aguja que se puede ajustar a lectura actual cada día – se debe hacer esto cada día después de tomar la lectura de presión. Cuando se toma la lectura del día siguiente, la aguja del barómetro marcará el valor del día anterior, y se puede comparar instantáneamente para comprobar si la presión es mayor o menor que la

del día anterior.

Para calibrar el barómetro se tendrá que encontrar una fuente local de información meteorológica fiable, que proporcione mediciones de presión. El Instituto Meteorológico, alguna oficina local del mismo, la estación del periódico local, de la radio o de la televisión pueden ser útiles para ello.

Hay que asegurarse de que la lectura se expresa en la presión del nivel del mar. Si las unidades de esta lectura de presión no son milibares o hectopascales será necesario convertir la lectura utilizando los factores que se dan abajo.

Unidades de Conversión de Presión

¿Qué ocurre si mis unidades de presión no están en milibares o hectopascales?

Esto es bastante probable en algunos lugares, dependiendo de la fuente de información para la calibración. Utilice la tabla de abajo para cambiar las unidades de presión a milibares a partir de las unidades dadas.

Convertir de	Multiplicar por este factor
Pulgadas de mercurio	33,86
Centímetros de mercurio	13,33
Milímetros de mercurio	1,333
Kilopascales	10
Pascales	0,01

Una vez obtenida una lectura de presión a nivel del mar en milibares o hectopascales, restablezca el barómetro a esta presión utilizando un destornillador pequeño para la parte trasera del barómetro (¡esto lo debe hacer únicamente el profesor!).

El barómetro ya mostrará la presión a nivel del mar de su lugar de manera precisa, dentro de los límites de la escala del barómetro. Si se mueve el barómetro a un lugar con diferente altitud, se deberá volver a calibrar el barómetro en función de la presión a nivel del mar del nuevo lugar.

Protocolo Opcional de Presión Barométrica

Guía de Campo

Actividad

Medir la presión barométrica

Ajustar la “aguja” a la presión barométrica del día.

Qué se Necesita

- Un barómetro aneroide o un altímetro correctamente colocado.
- *Hoja de Datos de Investigación de la Atmósfera, Hoja de Datos de Aerosoles, Hoja de Datos de Ozono u Hoja de Datos de Vapor de Agua*
- Lápiz o bolígrafo

En el Aula

1. Anotar la fecha y la hora en la *Hoja de Datos de Atmósfera*. (Saltar este paso si se están usando las hojas de datos de *Aerosoles, Ozono o Vapor de Agua*).
2. Dar golpecitos con cuidado sobre la cubierta de cristal del barómetro aneroide para estabilizar la aguja.
3. Leer el barómetro redondeando al 0,1 milibar más cercano (o hectopascal).
4. Anotar esta lectura como presión actual.
5. Ajustar la “aguja” a la presión actual.



Preguntas Frecuentes

1. Si no se tiene la lectura de presión barométrica para un día o más (del fin de semana, vacaciones, días festivos, etc.), ¿se puede tomar la presión de hoy?

Sí, sólo estás enviando la presión de hoy, por lo que envíala tan frecuentemente como sea posible, por favor.

2. No comprendo la diferencia entre la presión de la estación barométrica y la presión a nivel del mar

Dado que las estaciones meteorológicas están dispersas por todo el mundo a diferentes altitudes, y dado que la presión disminuye rápidamente con la altitud, los meteorólogos necesitan una manera de mostrar patrones de presión horizontal haciendo referencia a altitudes constantes. La manera más fácil es convertir todos los valores de presión observados a presión a nivel del mar. En GLOBE las presiones barométricas se envían como presiones a nivel del mar, pero se pueden consultar y visualizar tanto a nivel del mar como presiones en la estación, ya que la base de datos es capaz de hacer correcciones para compensar los cambios de altitud.

3. En la versión de 2002 del Protocolo Opcional de Presión Barométrica se nos pidió enviar valores de presión a GLOBE como presiones de la estación- ¿Por qué ha cambiado?

GLOBE inicialmente pidió los valores de presión como presión de la estación, ya que ésta es la forma en la que se utilizan para analizar los datos de Aerosoles. Sin embargo, nos dimos cuenta de que esto invalida los beneficios educativos de la observación de las presiones a nivel del mar, que son indicadores directos del movimiento de los sistemas de frentes. La utilización de presiones de estación también dificulta la obtención de lecturas para calibración, dado que estas lecturas se expresan generalmente como presiones a nivel del mar. Por ello, se ha cambiado a presión a nivel del mar como la manera estándar de expresar la presión barométrica en GLOBE.

4. ¿Qué ocurre si quiero pasar de presión a nivel del mar a presión de la estación?

Para convertir la presión a nivel del mar a presión de la estación necesitará conocer su altitud a nivel del mar (ver el Protocolo GPS) y la temperatura actual de su zona. La temperatura se puede calcular si no se dispone de mediciones de ella.

Esta conversión está relacionada con una de las primeras lecciones de ciencias de la atmósfera, concretamente con el concepto de que la presión disminuye exponencialmente con la altitud y que esta disminución se caracteriza por una distancia llamada gradiente de altitud. Algunos alumnos/as avanzados querrán continuar con esto utilizando libros de texto de ciencias de la atmósfera. A continuación se muestra la fórmula para la conversión y la constante implicada, que es el gradiente de altitud.

$$\text{Presión de la estación} = \frac{\text{Presión a nivel del mar}}{e^{\frac{\text{altitud}}{29,263} \times \text{temperatura}}}$$

Donde:

Presión de la estación = presión barométrica a tu altitud en milibares (hectopascasles)

Presión a nivel del mar = presión equivalente a nivel del mar en milibares (hectopascasles)

Altitud = la altitud de la estación en metros

Temperatura = temperatura actual en grados Kelvin (o K)

Temperatura (o K) = temperatura (o °C) + 273.15

La constante 29,263 está en unidades de metros por grado Kelvin (metros/°K)

$$29,263 \left(\frac{m}{K} \right) = \frac{1000 \left(\frac{g}{Kg} \right) \times R}{M_{air} \times g}$$

R es la constante molar del gas (= 8,314 Joules por mol por grado Kelvin)

1000 es para convertir kilogramos a gramos (1 Julio = 1 kg m²/sec)

M_{air} es el peso molecular del aire (= 28,97 gramos por mol)

g. es la aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra (= 9.807 kg por segundo y por segundo)

Si se multiplica esta constante (29,263) por una temperatura en °C, se obtiene un valor de 7993 metros o aproximadamente 8km. Este es el gradiente de la atmósfera de la Tierra para condiciones medias.

Una conversión simplificada, que se debe usar sólo para estaciones a altitudes inferiores a unos pocos cientos de metros es:

$$\text{Presión de la estación} = \text{Presión a nivel del mar} \\ - (\text{altitud}/9,2)$$

El factor de corrección de 9,2 en la fórmula anterior es muy cercano al cambio en altitud (verticalmente) que correspondería a un cambio de 1 milibar en la presión.

5. ¿Por qué hay que volver a ajustar la “aguja” cada día?

La aguja se utiliza para identificar la lectura previa de presión. Usándola, se puede comparar en el momento la presión actual con la anterior. Por ejemplo, si la presión es inferior hoy a la del día anterior, se preguntará ¿está el tiempo más tormentoso?

6. ¿Cuál es la precisión de estas lecturas de presión, en comparación con las que se podrían haber tomado con barómetros de mercurio?

Los barómetros aneroides de hoy en día no son tan precisos, en general, como los barómetros de mercurio buenos. Hay algunos barómetros electrónicos que proporcionan mediciones muy buenas, pero los aparatos asequibles que cumplen los requisitos GLOBE tienen todos, la precisión necesaria para nuestras mediciones de presión (unos 3 a 4 mbar).

7. ¿Por qué siempre disminuye la presión con la altura en la atmósfera?

Porque la presión es una medida de la masa de atmósfera sobre nosotros (¡el aire tiene masa!), y según aumenta la altitud hay menos aire sobre nosotros, por lo que la presión es inferior.

8. ¿Por qué los centros GLOBE a gran altitud tienen que usar un altímetro?

La mayoría de los barómetros aneroides están diseñados para ser usados a nivel del mar. Los altímetros son barómetros aneroides especiales diseñados para ser utilizados a mayores altitudes (incluso en aviones). A una altitud de 500 m sobre el nivel del mar, la presión atmosférica no debería ser superior a 1000 mbar ni inferior a 900 mbar en tormentas intensas. La mayoría de los barómetros aneroides, sin embargo, tienen 950 mbar como mínima medición posible.

Protocolo de Humedad Relativa



Objetivo General

Medir la humedad relativa en un Sitio de Estudio de Atmósfera.

Visión General

Psicrómetro Giratorio: El alumnado comprobará que el bulbo de uno de los dos termómetros del psicrómetro giratorio se moja con agua, mientras leen la temperatura del bulbo seco en el otro termómetro. Después, giran el termómetro durante unos 3 minutos y leen la temperatura del bulbo húmedo. La humedad relativa se determina a partir de las lecturas del bulbo húmedo y seco usando una tabla o una calculadora.

Higrómetro Digital: El alumnado coloca el higrómetro digital en la caseta meteorológica y regresa para leer el valor después de, al menos, 30 minutos.

Objetivos Didácticos

Los estudiantes aprenden a cuantificar la humedad y que hay un límite en la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener.

Los estudiantes ganan comprensión acerca de por qué se forman las gotas de lluvia y los copos de nieve, y por qué se produce la precipitación.

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.

El vapor de agua contenido en la atmósfera está limitado por la temperatura y la presión.

El vapor de agua pasa a la atmósfera por evaporación desde la superficie de la Tierra y por la transpiración de las plantas.

La precipitación se produce por la condensación del vapor de agua de la atmósfera.

La condensación y la evaporación influyen sobre el balance energético de la atmósfera.

Ciencias Físicas

Existen diferentes estados de agregación de la materia.

Geografía

El vapor de agua en la atmósfera influye en las

características del sistema físico y geográfico.

Habilidades de Investigación Científica

Usar un higrómetro o un psicrómetro giratorio para medir la humedad relativa.

Usar un termómetro para medir la temperatura.

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

5 minutos (higrómetro digital)

10 minutos (psicrómetro giratorio)

Nivel

Todos

Frecuencia

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

Materiales y herramientas

Higrómetro digital

Caseta meteorológica

Reloj

Hoja de Datos de Investigación de la Atmósfera

Psicrómetro giratorio

Caseta meteorológica

Termómetro de calibración

Tabla psicrométrica

Botella de agua destilada

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolo de Humedad Relativa – Introducción

La atmósfera está compuesta por una mezcla de gases, uno de los cuales es vapor de agua. El vapor de agua pasa a la atmósfera a partir de la evaporación y la transpiración, y se elimina cuando se condensa o precipita. La *humedad* es la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera. La *humedad relativa (HR)* hace referencia a esta cantidad en relación con la cantidad de vapor de agua en la atmósfera cuando el aire está *saturado*.

El aire está saturado cuando la forma líquida y gaseosa del agua están en equilibrio a una temperatura dada. En saturación, la humedad relativa es 100%. Cuando la humedad relativa supera el 100%, el aire está *sobresaturado* y el vapor de agua se condensará o congelará para formar gotas de agua líquida o cristales de hielo.

$$HR = \frac{\text{cantidad de vapor de agua en el aire}}{\text{Cantidad de vapor de agua en el aire en saturación}}$$

La cantidad de vapor de agua que puede estar presente en el aire en saturación depende de la temperatura del aire. La cantidad de vapor de agua que puede existir en el aire en saturación aumenta con el aumento de temperatura. La Tabla AT-HR-1 muestra la relación entre la temperatura, la saturación y la humedad relativa. A partir de este ejemplo se puede ver que la temperatura cambia la humedad relativa aún cuando la cantidad de vapor de agua en el aire continúe igual.

Tabla AT-HR-1

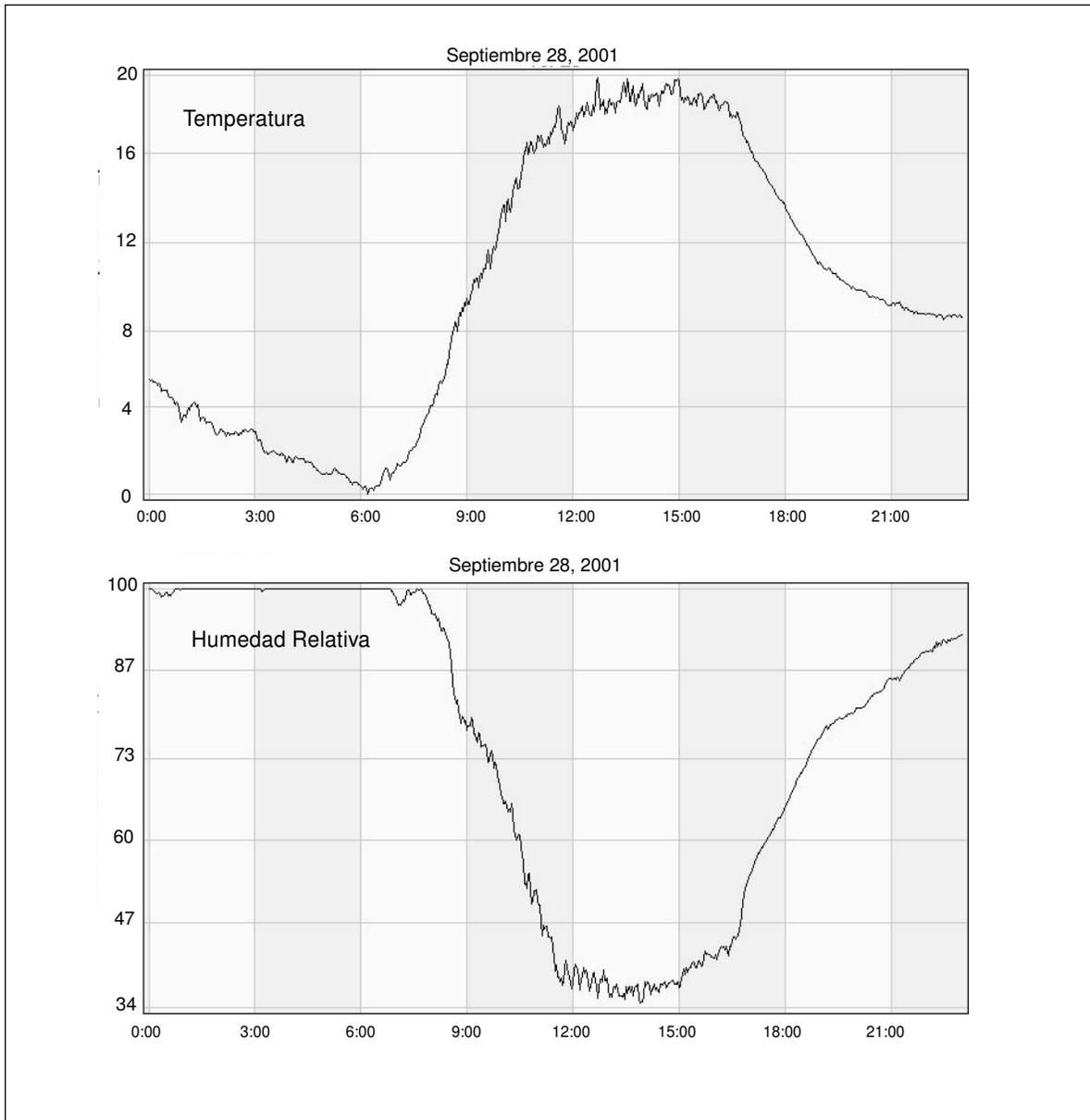
Temperatura del aire (°C)	Vapor de agua presente en el aire (g/m ³)	Vapor de agua presente en saturación (g/m ³)	Humedad relativa
30	9	30	9 / 30 * 100 = 30%
20	9	17	9 / 17 * 100 = 53%
10	9	9	9 / 9 * 100 = 100%

En un día tranquilo y despejado, la temperatura del aire tiende a aumentar desde el amanecer hasta la media tarde y después a disminuir hasta el siguiente amanecer. Si la cantidad de humedad en el aire permanece prácticamente constante durante el curso del día, la humedad relativa variará inversamente con la temperatura. Es decir, la humedad relativa disminuirá desde la mañana hasta la tarde, y aumentará de nuevo al anochecer. Ver Figura AT-HR-1.

El vapor de agua en la atmósfera es una parte importante del ciclo hidrológico, y realizar mediciones de humedad relativa ayuda a comprender la rapidez con la que el agua pasa de la superficie de la Tierra a la atmósfera y de nuevo a la superficie. Midiendo el vapor de agua en la atmósfera, el clima de un lugar determinado se puede clasificar como árido (seco) o húmedo. La humedad relativa influye en la formación de las nubes y la precipitación, por ello conocer la cantidad de agua presente en la atmósfera es importante para determinar el tiempo y el clima de una zona.

La humedad relativa también influye en el calentamiento y el enfriamiento del aire. Dado que el agua tiene un *calor específico* muy superior al del aire, pequeñas cantidades de vapor de agua pueden provocar cambios considerables en la velocidad con la que una masa de aire cambia su temperatura. Esto explica el rápido enfriamiento por la noche en el desierto, donde la humedad relativa es baja, y el enfriamiento relativamente lento durante la noche en zonas más húmedas.

Figura AT-HR-1



Apoyo al Profesorado

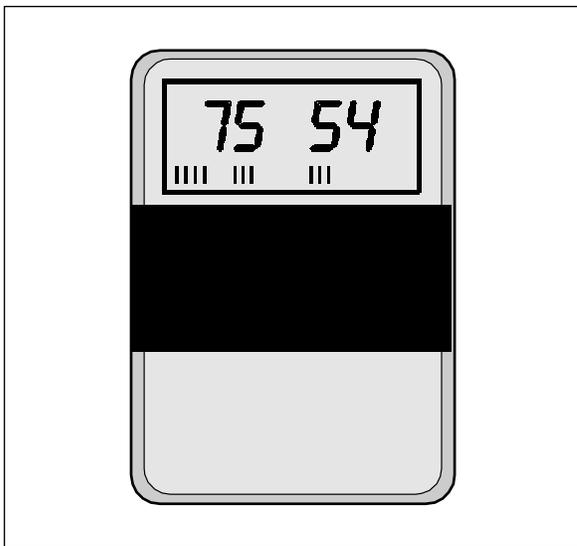
Higrómetro Digital

El higrómetro es un instrumento meteorológico con una larga historia. Los higrómetros iniciales usaban cabellos humanos u otros, los cuales, se envuelven o recogen, respondiendo sensiblemente a la humedad de la atmósfera (¡quizá alguno de ustedes lo haya experimentado!). Usando compuestos de cerámica o metálicos, los higrómetros digitales que miden la resistencia eléctrica también pueden medir la humedad en un amplio rango, siendo así instrumentos ideales para centros escolares que no pueden salvar las dificultades del uso del psicrómetro giratorio para las observaciones de humedad. Independientemente del instrumento que se utilice, las observaciones de humedad relativa serán útiles para los científicos.

Se debe tener cuidado de evitar la exposición a la condensación. Si se produce condensación o está previsto que se produzca durante el tiempo que el instrumento estará expuesto al ambiente en la caseta meteorológica, no dejarlo fuera. Mejor, enviar una lectura de 100% e introducir como comentarios “se está produciendo condensación” en los metadatos, lo que indicará una deducción, más que una medición, de humedad relativa. En la Figura AT-HR-2 se muestra un ejemplo de higrómetro digital.

La mayoría de los higrómetros digitales no se deben dejar en la caseta meteorológica durante períodos de condensación (lluvia o niebla). Por ello, el instrumento se tendrá que colocar en la caseta al menos 30 minutos antes de que

Figura AT-HR-2: Higrómetro Digital



comiencen las observaciones del mediodía solar local. Si también se está llevando a cabo el protocolo de ozono, un momento oportuno para colocar el higrómetro en la caseta puede ser la hora a la que se expone fuera la tira de ozono (que es una hora antes de hacer la observación de ozono).

Algunos higrómetros tienen posiciones que pueden ser usadas para colocar el instrumento en el techo de la caseta meteorológica. Algunos higrómetros pueden ser sondas que se unen a dispositivos electrónicos externos; en este caso, coloque la sonda en la caseta de tal modo que la parte del sensor no esté en contacto con los lados de la caseta. Después de que el higrómetro haya estado en la caseta al menos 30 minutos, lea el valor de humedad relativa redondeando a la unidad de porcentaje más cercana. Asegúrese de que los indicadores “máx” o “mín” no están iluminados, porque esto indicaría que el instrumento está configurado para mostrar el valor máximo o mínimo, y no el valor real. Introduce la lectura en la *Hoja de Introducción de Datos* a la vez que se envían los datos de las observaciones de nubes, temperatura y precipitación a GLOBE.

No es necesario calibrar el instrumento hasta que el certificado que lo acompaña caduque. Por favor, enviar el aparato a la fábrica para su recalibración en el momento recomendado por el fabricante (generalmente dos años).

Logística de las Mediciones

El higrómetro digital se puede estropear con la condensación. Por esta razón, no se debe dejar en la caseta meteorológica, excepto en lugares y estaciones extremadamente secas. Se debe guardar en el interior en condiciones secas, y dejarse fuera sólo el tiempo suficiente para obtener una buena medición. Si en vuestro centro no se controla la temperatura, guarde el instrumento en un recipiente hermético, como arroz, granos de trigo u otra cosa que absorba fácilmente el agua del aire y mantenga el aire del recipiente seco. No se debe olvidar cambiar la sustancia absorbente periódicamente.

El instrumento requiere algún tiempo (unos 30 minutos) para ajustarse a las condiciones exteriores. Esto presenta un reto logístico. Generalmente las mediciones diarias de temperatura, precipitación y nubes se pueden realizar todas en 15 minutos, de manera que el higrómetro necesitará ser colocado fuera en una visita al sitio de estudio de atmósfera y leído en una visita posterior.

Si se están realizando mediciones de ozono, se tendrá una situación similar, en la que el alumnado irá al sitio de estudio de atmósfera y expondrá la tira de ozono y después volverá al sitio una hora después a leer la tira. Una posibilidad sería colocar el higrómetro en la caseta meteorológica cuando se expone la tira de ozono y leerlo cuando se lea la tira de ozono. Se debe realizar una lectura de la temperatura actual cuando se lee el higrómetro digital y también se requiere para la lectura de la tira de ozono, de manera que esta posibilidad permite una única lectura que sea suficiente para la interpretación de las mediciones de ozono y de humedad relativa. Si llueve, hay niebla o esta es inminente, no se debe sacar el higrómetro. En lugar de ello, envíe una lectura de 100% en la Hoja de Introducción de Datos, e Introducir como comentarios que el aire está saturado, por lo que la humedad relativa se ha deducido.

Guardar el Higrómetro

La observación del higrómetro se puede realizar diariamente, pero si el instrumento no se va a usar durante un largo tiempo (como una semana o más), sería deseable quitar las pilas. Asegúrese siempre de que el instrumento no se deje en la caseta meteorológica o cualquier lugar en el que esté expuesto a condensación, o se pueda mojar.

Psicrómetro Giratorio

El psicrómetro giratorio es un instrumento que consta de dos termómetros unidos a una cubierta resistente, que puede hacerse girar manualmente. En un extremo, el termómetro del “bulbo-seco” mide la temperatura del aire. En el otro, el termómetro del “bulbo húmedo” (con una cuerda unida a la parte inferior del termómetro) se usará para medir la temperatura del aire que se está enfriando por evaporación. Ambos termómetros muestran la temperatura descendiendo desde la parte inferior a la superior. El objeto de la medición es encontrar cuánto enfriamiento o evaporación se puede producir en el momento de la observación. Cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura del bulbo seco y la temperatura del bulbo húmedo, más seco está el aire. A partir de la temperatura del aire y la temperatura del bulbo húmedo, la humedad relativa del aire se puede hallar fácilmente. Generalmente hay una escala para determinar la humedad relativa en el instrumento, o quizá necesites usar la tabla psicométrica que viene con

el psicrómetro giratorio. En la Figura AT-HR-3 se muestra un psicrómetro giratorio estándar.

Antes de usar el psicrómetro giratorio hay que asegurarse de que las columnas de líquido coloreado son continuas, porque estas columnas algunas veces se separan en segmentos al transportarlas. Si hay espacios en la columna de líquido, coger el termómetro por la carcasa, asegurándose de que está en posición vertical, y agitarlo hasta que el líquido forme una columna continua. No se debe presionar el tubo del termómetro, ya que se podría romper. Puede ser necesario golpear suavemente la parte inferior del termómetro contra la palma de la mano también. Cada termómetro debería ser calibrado frente al termómetro de calibración antes de su uso, y una vez cada tres meses.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

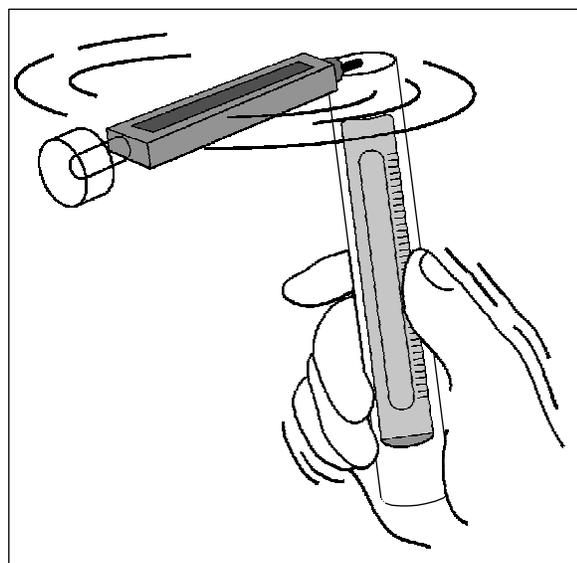
¿Cómo se relacionan las observaciones de humedad relativa con la temperatura del aire?

¿Puede encontrar otros sitios GLOBE a la misma altitud que el suyo, que estén más cercanos o más alejados de grandes cuerpos de agua?

¿Aprecia alguna diferencia sistemática en la humedad relativa entre su zona y las otras?

¿Influye la humedad relativa en algún componente del ambiente local además de la atmósfera? ¿Cómo? ¿A qué hora del día será máxima la humedad relativa normalmente? ¿Y la mínima? ¿Están relacionadas sus mediciones de fenología con la humedad relativa?

Figura AT-HR-3: Psicrómetro Giratorio



Higrómetro Digital

Guía de Campo

Actividad

Hallar la humedad relativa usando un higrómetro digital.

Qué se Necesita

- Higrómetro digital
- Hoja de Datos de Investigación de la Atmósfera u Hoja de Datos de Ozono
- Reloj
- Un termómetro debidamente instalado en la caseta meteorológica

En el Campo

1. Coloque el higrómetro en la caseta meteorológica (a no ser que esté muy seco, ¡no deje el higrómetro en la caseta durante la noche!)
2. Después de, al menos 30 minutos, lea el valor de la humedad relativa y anote el instrumento utilizado.
3. Lea la temperatura actual (si la lectura no se está realizando a la vez que la lectura diaria de temperatura máxima, mínima y actual).
4. Vuelva a llevar el higrómetro al salón de clase, y guárdelo en un lugar seco.

Psicrómetro Giratorio

Guía de Campo

Actividad

Hallar la humedad relativa midiendo las temperaturas de los termómetros de bulbo húmedo y de bulbo seco.

Qué se Necesita

- Psicrómetro giratorio
- Reloj
- Tabla o escala psicrométrica
- *Hoja de Datos de Investigación de la Atmósfera*
u *Hoja de Datos de Ozono*

En el Campo

1. Colóquese suficientemente lejos de otras personas y de la caseta meteorológica, de manera que no los vaya a golpear con el psicrómetro. Sitúese a la sombra, si es posible, con la espalda hacia el sol. Si no hay sombra cerca de la caseta, muévase a un lugar cercano con sombra, pero no demasiado cercano a árboles o edificios.
2. Mantenga el psicrómetro giratorio tan lejos de su cuerpo como sea posible, para evitar que el calor corporal varíe las lecturas de temperatura. Esto es muy importante cuando hace frío. No toque o respire cerca de las partes sensibles a la temperatura del termómetro, ya que esto, también, podría influir en la lectura.
3. Abra la carcasa del psicrómetro giratorio empujando la parte deslizable, que contiene los dos termómetros.
4. Espere tres minutos para dejar que el termómetro lea la temperatura actual del aire y después lea la temperatura actual del bulbo seco redondeando a 0,5°C usando el termómetro sin cuerda. Asegúrese de que sus ojos están a nivel con el instrumento.
5. Anote la temperatura del bulbo seco.
6. Compruebe que hay aún agua destilada en el depósito, y que la cuerda está aún húmeda. Si está seca, añada agua destilada al depósito.
7. Haga girar el psicrómetro durante 3 minutos.
8. ¡Deje que el psicrómetro deje de girar por sí mismo! No lo pare con la mano u otro objeto.
9. Lea la temperatura del bulbo húmedo redondeando a 0,5 °C (en el termómetro con la cuerda).
10. Anote la temperatura del bulbo húmedo.
11. Determine la humedad relativa usando una tabla de psicrómetro o la escala deslizable que se encuentra en la carcasa de algunos psicrómetros. También puede dejar esto en blanco, ya que GLOBE puede calcular la humedad relativa a partir de las temperaturas del bulbo seco y del bulbo húmedo.
12. Cuando haya terminado con el instrumento, ciérrelo y devuélvelo a la caseta adecuadamente.



Preguntas Frecuentes

1. ¿Por qué hay dos métodos diferentes para medir la humedad relativa?

Se utilizan dos métodos para intentar proporcionar una alternativa al profesor y al alumnado, principalmente por el tiempo que se desea emplear en realizar las observaciones. Uno es más complejo (y divertido) que el otro. Las observaciones de cada método son igualmente valiosas para el programa GLOBE y los científicos, en general.

2. ¿Por qué se debe llevar al interior el higrómetro cada día y sacarlo a la caseta meteorológica 30 minutos antes de hacer las observaciones del mediodía solar local?

Los componentes electrónicos sensibles del higrómetro no se deben exponer a la condensación durante largos períodos de tiempo, por lo que es mejor evitar esta situación. Si hay niebla o lluvia persistente durante el momento de la observación, es mejor no sacar el higrómetro fuera, y que el observador envíe una humedad relativa de 100% y además inserte un comentario en los metadatos de que la observación se ha inferido a partir de la condensación visible en el aire (lluvia o niebla).

3. A partir de las definiciones de bulbo húmedo y bulbo seco; ¿cuál es la temperatura del punto de rocío?

La temperatura del punto de rocío es la temperatura a la que el aire se tiene que enfriar el aire para alcanzar la saturación (humedad relativa = 100%) dado su contenido de agua actual. El punto de rocío es una medida del contenido real de vapor de agua. En días sin viento seguidos por noches sin viento, la temperatura disminuirá rápidamente hasta el punto de rocío. Si no se forma rocío, si la temperatura del aire alcanza el punto de rocío, se puede formar niebla. Una vez formados el rocío o la niebla, la temperatura del punto de rocío disminuirá, porque hay menos vapor de agua en el aire.

4. ¿Por qué no se puede utilizar el psicrómetro giratorio por debajo del punto de congelación?

La relación entre la tasa de evaporación y la temperatura es más complicada por debajo del punto de congelación que sobre él, por lo que el psicrómetro no será tan útil. Hay modelos más caros que tienen mayores rangos disponibles, pero superan los presupuestos dedicados por los centros escolares a instrumentos. Se recomienda usar un higrómetro en lugares que tienen frecuentemente temperaturas bajo cero.

5. ¿Son precisas estas lecturas de humedad relativa, en comparación con las que se podrían tomar con instrumentos más caros?

El higrómetro mostrará la humedad relativa con un rango de precisión de 2-4%, dentro del deseable 5%. El psicrómetro giratorio muestra la temperatura con una precisión de aproximadamente 0,5°C, siempre y cuando se mantenga la calibración del termómetro, lo que también asegura una precisión un 5% mejor en cualquier rango común de valores de humedad relativa, entre 20-95%.

Protocolo de Humedad Relativa – Interpretando los Datos

¿Son razonables los datos?

Para saber si los datos de humedad relativa que ha recogidos son razonables, es importante que sepa como serían los valores esperados de humedad relativa.

La humedad relativa es inversamente dependiente de la temperatura. Esto significa que, para una masa de aire determinada, según aumenta la temperatura, la humedad relativa disminuye, siempre que la cantidad de vapor de agua que contiene el aire permanezca constante. Si realiza las observaciones de humedad relativa durante el mediodía solar local, cercanas al momento más cálido del día, se estará midiendo la humedad relativa cuando es probable que esté en su valor mínimo del día.

Cuando la humedad relativa alcanza el 100%, se dice que el aire está *saturado*. Para una temperatura y presión del aire determinadas, cualquier vapor de agua adicional añadido al aire se condensará como gotas de lluvia (o se congelará como partículas de hielo si el aire está suficientemente frío). Para que se formen nubes, el aire debe estar saturado.

La temperatura del punto de rocío es otra medida de humedad. El punto de rocío es la temperatura a la que se empieza a producir la condensación para aire con una determinada cantidad de agua y a una determinada presión. Mientras la humedad relativa cambia con la temperatura, el punto de rocío permanece constante porque el contenido en vapor de agua no está variando. Cuando se mire la temperatura del punto de rocío, recuerde que siempre debe ser inferior a la temperatura del aire, a no ser que el aire esté saturado, en cuyo caso serían iguales. Si se mide la humedad relativa varias veces durante el mismo día, la temperatura del punto de rocío debería permanecer constante a no ser que un frente meteorológico haya atravesado la zona.

La determinación de la temperatura del punto de rocío a partir de la temperatura del aire y de la humedad relativa es un cálculo complicado que el servidor GLOBE hará automáticamente para usted de manera que se puedan examinar visualizaciones y tablas de temperaturas del punto de rocío.

Estos puntos se muestran en la Figura AT-HR-4, que muestra valores horarios de temperatura del

aire, temperatura del punto de rocío y humedad relativa para un período de tres días en Tallahassee, Florida, EEUU. La escala de temperatura se muestra en el eje izquierdo.

Estos datos fueron recogidos usando un registrador de datos y una estación meteorológica automatizada en la Universidad Estatal de Florida, un centro GLOBE. El mediodía solar local en Tallahassee es cercano a las 1800 UTC cada día (cerca de la hora de máxima temperatura). Fíjese en que la temperatura (mostrada en rojo) tiene un valor máximo ligeramente superior al del día anterior, y que en cada caso, corresponde a la misma hora a la que la humedad relativa (mostrada en verde) es máxima. La humedad relativa es máxima a principios de la mañana (cerca de las 1200 UTC), cuando la temperatura es mínima. Observe como la temperatura del punto de rocío (mostrada en azul) y la temperatura del aire están muy cercanas a esta hora. Estas observaciones indican que los datos parecen ser razonables.

Los datos de humedad relativa se deben dar siempre como porcentaje entre 0 y 100%. La temperatura del punto de rocío debería ser siempre inferior o igual a las observaciones de temperatura actual y lo que es más importante, a no ser que las observaciones se hayan tomado durante episodios de niebla o lluvia, la humedad relativa debe ser inferior al 100%.

¿Qué buscan los científicos en los datos?

Los científicos observan las tendencias en la humedad relativa a lo largo de diferentes períodos de tiempo. Por ejemplo, los cambios durante un día pueden deberse a brumas marinas en zonas costeras. En GLOBE, la humedad relativa se toma generalmente una vez al día, cerca del mediodía solar local. De esta manera, con los datos GLOBE los científicos examinan las tendencias en la humedad relativa durante un período de tiempo

Los científicos usan los cambios en la humedad relativa para pronosticar el tiempo. Por ejemplo, pueden observar la temperatura, la humedad relativa y el punto de rocío para pronosticar la probabilidad de precipitaciones en un día determinado. En la Figura AT-HR-4, se observa que el valor de humedad relativa al mediodía solar local aumentó un poquito cada día. Esto indica un humedecimiento gradual del ambiente. Esa observación se muestra más claramente mediante los valores de temperatura del punto de rocío que tienen una tendencia al alza

durante el período. Observe que, a diferencia de la temperatura y de la humedad relativa, la temperatura del punto de rocío no presenta un ciclo diario marcado.

La Figura AT-HR-5 muestra un gráfico de los datos de temperatura y humedad relativa del Colegio Norfolk en Arkansas, EEUU. Estos datos varían considerablemente de un día para otro. Intentemos comprender mejor los datos primero fijándonos en los ejes. En el eje de abscisas, eje de las X, el tiempo comienza el 1 octubre del 2000 y finaliza en septiembre del 2001, de manera que aproximadamente se ha representado un año de datos. Hay datos disponibles de cada día, faltando pocas observaciones; ¡incluso los fines de semana están incluidos! Ahora observe las ordenadas, o eje y (hay dos). En la izquierda se observa una escala para la temperatura, y a la derecha la escala de humedad relativa.

Es difícil apreciar aquí la relación entre temperatura y humedad relativa, antes descrita, pero se pueden suavizar los datos para mostrar la relación. La siguiente figura (AT-HR-6) muestra un gráfico suavizado usando las medias de los datos de 5 días consecutivos. Para calcular esta media, se halla el promedio de los valores de hoy, de los dos días anteriores y de los dos días siguientes.

Ahora la relación se puede apreciar más claramente. En invierno, con temperaturas frías a mediodía, la humedad relativa es generalmente superior al 60%, pero en verano la humedad relativa raramente supera el 60%. Esto también se puede usar para comprobar la consistencia, que ayude a asegurar que los datos son razonables. Estas observaciones también se pueden usar para comprobar la influencia de la temperatura en la humedad relativa, cuando el contenido de vapor de agua no cambia demasiado.

También se puede observar la progresión de la temperatura a lo largo del año, con las temperaturas más frías en diciembre y enero. Observe cómo la humedad relativa está próxima al máximo en muchos de estos días de invierno. Por supuesto, puede haber días secos durante los meses de invierno también, y los científicos se basan en la monitorización de la humedad relativa para clasificar las masas de aire. Estas identificaciones de masas de aire ayudan a los meteorólogos a identificar y seguir sistemas de frentes para proporcionar pronósticos del tiempo útiles.

Los climatólogos también utilizan la humedad relativa para clasificar climas de varias zonas.

Uno de los principales reguladores del clima que los científicos reconocen es la proximidad de una zona a un gran cuerpo de agua, como un mar o un océano. Observemos los datos de humedad de dos centros GLOBE para comprobar si se reconoce esta relación. Se utilizará la temperatura del punto de rocío en lugar de la humedad relativa aquí, para comprobar únicamente la influencia del contenido en vapor de agua. La humedad relativa, recuerde, incluya tanto el efecto del vapor de agua como el de la temperatura.

La Figura AT-HR-7 muestra las observaciones de dos centros en Europa, el Instituto Técnico Industrial Fermi, en Nápoles, Italia, y el colegio Hermann Lietz Haubinda en Alemania. Recuerde que la temperatura del punto de rocío mostrará sólo el cambio del contenido en vapor de agua en del aire a lo largo del tiempo. El gráfico muestra las observaciones correspondientes a 3 meses del invierno del 2001 (enero a marzo), y para cada día en que se realizaron mediciones en estos dos centros, se puede observar cómo la temperatura del punto de rocío en Nápoles, ubicado en el Mar Mediterráneo, era muy superior que el punto de rocío en Haubinda, situado en el interior.

Aunque la altitud, la latitud y el movimiento del aire (el otro regulador importante del clima) pueden ayudar a explicar algunas de estas diferencias, la proximidad de una estación a grandes cuerpos de agua desempeñará un papel importante, en general, debido a la gran cantidad de evaporación que se produce en las regiones costeras. Un proyecto útil para centros costeros GLOBE es comparar los valores del punto de rocío calculados a partir de sus datos con los de otros centros que se encuentren aproximadamente a la misma altitud y latitud, pero hacia el interior y alejados de un cuerpo de agua. ¿Es similar la relación?

Es interesante ver la relación entre humedad relativa y otras variables meteorológicas. Naturalmente, al aumentar la evaporación la humedad relativa aumenta. Así, se puede esperar que exista relación con la cobertura de nubes, dado que las nubes requieren una humedad relativa a su altitud del 100%. Nosotros medimos la humedad relativa cerca del suelo, no en la base de la nube, pero, en general, la humedad relativa aumenta con la altitud hasta

Figura AT-HR-4

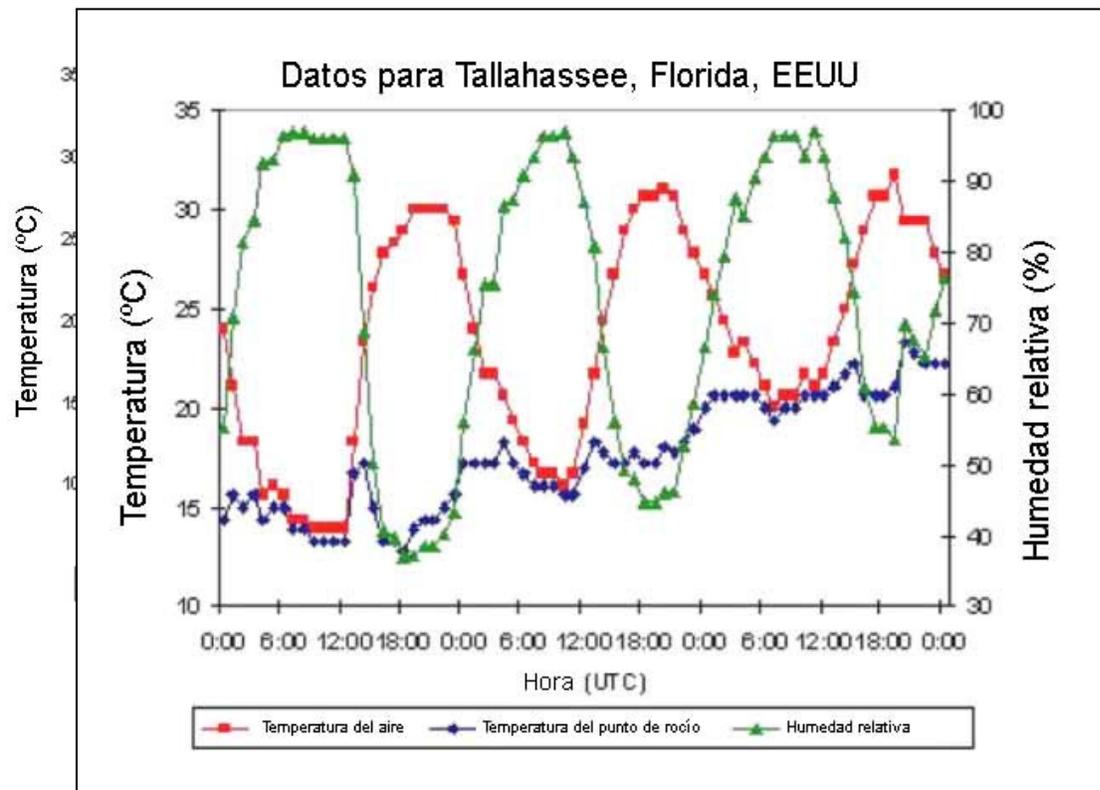


Figura AT-HR-5

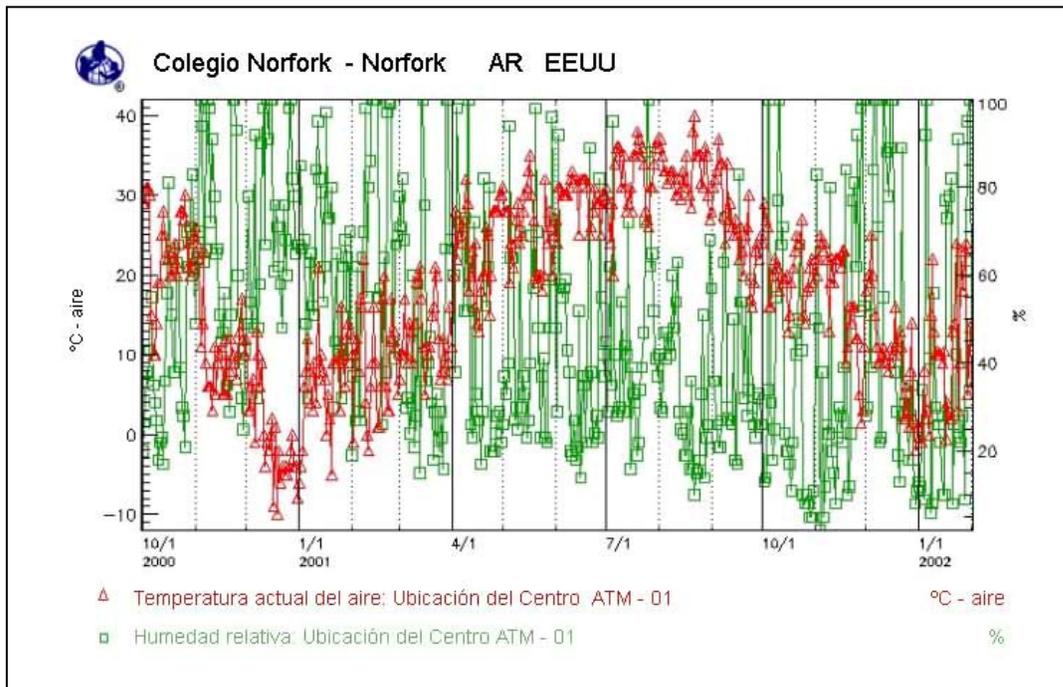


Figura AT-HR-6

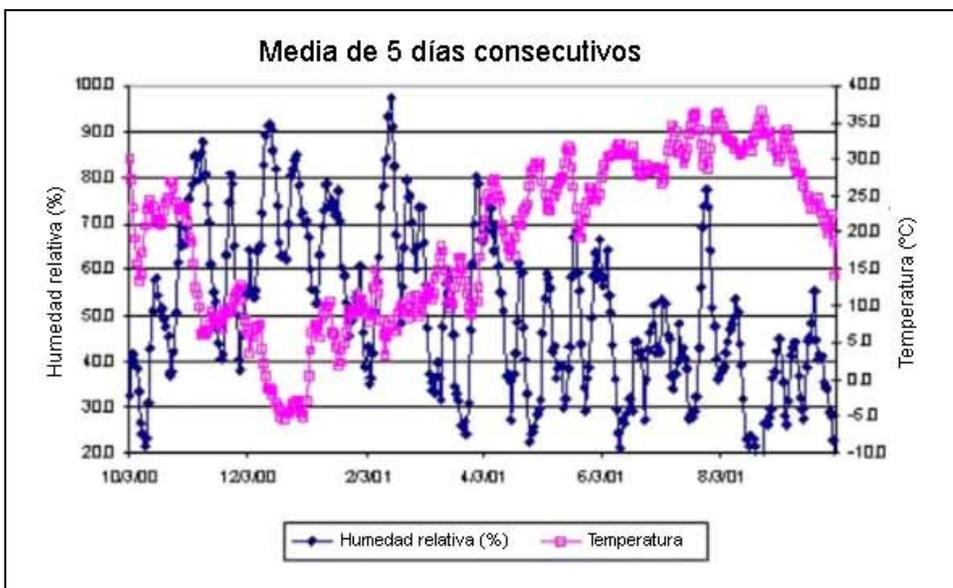


Figura AT-HR-7

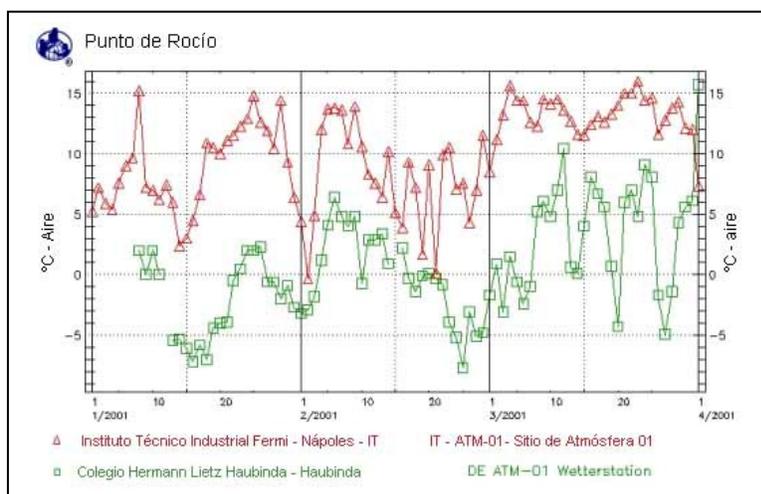
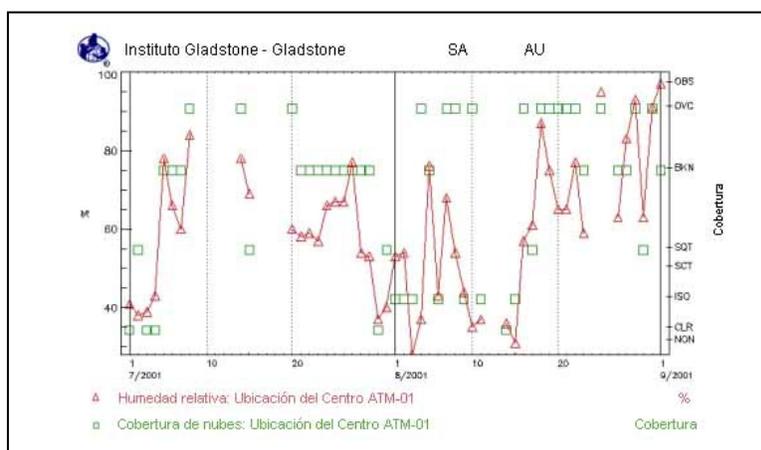


Figura AT-HR-8



un 100% en la base de las nubes. Esto es válido para nubes bajas, en particular. La Figura AT-HR-8 muestra la humedad relativa y la cobertura de nubes del Instituto Gladstone High en el sur de Australia para julio y agosto del 2001 (durante el invierno). Observe que en este gráfico se muestra la humedad relativa en rojo con tramos de líneas unidas, y que la cobertura de nubes se indica mediante un cuadrado individual para la observación de cobertura de nubes de cada día. Hay varios días en los que la humedad relativa es inferior al 50%, y en estos días la cobertura de nubes mostraba un cielo despejado o nubes aisladas. Sólo cuando la humedad relativa es próxima al 60% la cobertura era de nubes dispersas. Hubo cielos rotos y cubiertos sólo cuando la humedad relativa era superior al 50%. La relación no es perfecta, pero para la mayoría de los días está claro que cuando la humedad relativa es alta, es más probable que la cobertura de nubes sea también alta.

Se puede comprobar la hipótesis de que existe una relación entre la cobertura de nubes y la humedad relativa para un centro como Gladstone hallando la media de todos los días para varios tipos de coberturas. Comprobemos la hipótesis de que como media, según aumenta la humedad relativa la cobertura también aumenta. Usando los datos de Gladstone como ejemplo, calcularemos la humedad relativa media para días de cobertura con nubes dispersas y para los días de cobertura con nubes aisladas. Estos cálculos se muestran en el cuadro inferior.

Basándonos en estas limitadas observaciones, nuestra hipótesis ha sido confirmada. En general, los científicos querrían utilizar un número igual de días para comprobar tales pruebas y

comparaciones, asimismo, querrán usar al menos 30 observaciones para cada uno. Podría hacer esto para todas las observaciones de cobertura de nubes y de humedad relativa para comprobar si esta relación se cumple para su zona.

Un Ejemplo de Investigación del Alumnado

Diseñando una Investigación

Heikki, un alumno de Juuan Lukio/Poikolan Koulu en Juuka, Finlandia ha estado realizando mediciones de humedad relativa junto con otros alumnos de su centro. Al estudiar el clima, su profesor mencionó el efecto regulador en la temperatura del aire de grandes cuerpos de agua cercanos. Cuando pregunta cómo sucede esto, su profesor comenta que la evaporación del agua provoca altos niveles de humedad relativa, y que ello supone más energía para calentar o enfriar el aire húmedo que el aire seco.

Heikki decide que esto sería una buena investigación. Se pregunta si los valores de humedad relativa de los centros del interior serán inferiores, como media, a los valores de centros costeros. Después de observar el archivo GLOBE, selecciona tres centros del interior y un centro en la costa. También decide sólo observar los datos de finales de primavera y principios de verano, cuando no hay hielo cubriendo el cuerpo de agua. La Tabla AT-HR-2 muestra los datos que encontró para estos cuatro centros.

Cobertura nubes dispersas

$38 + 68 + 41 + 62 + 64 = 54,6\%$ de humedad relativa media para días con nubes dispersas.

5

Cobertura nubes aisladas

$54 + 55 + 27 + 42 + 43 + 36 + 31 = 41,1\%$ de humedad relativa media para días con nubes aisladas

7

Tabla AT-HR-2. Humedad Relativa de los Centros GLOBE de la Muestra de Heikki

Fecha	Juuka Interior	Ammansaari Interior	Utajarvi Interior	02600 Espoo Costero
5/10/01	32	77	49	39
5/11/01	39	57	39	32
5/12/01	46	57	50	32
5/13/01	68	94	65	48
5/14/01	77	80	42	35
5/15/01	33	78	61	49
5/16/01	30	53	33	33
5/17/01	30	45	38	97
5/18/01	46	98	83	96
5/19/01	56	97	87	83
5/20/01	56	98	89	71
5/21/01	54	85	81	81
5/22/01	41	70	54	39
5/23/01	95	100	74	78
5/24/01	39	65	58	41
5/25/01	39	80	50	46
5/26/01	41	66	49	37
5/27/01	43	74	50	52
5/28/01	51	88	74	38
5/29/01	50	73	63	50
5/30/01	53	52	40	45
5/31/01	32	45	33	38
6/1/01	23	35	29	42
6/2/01	28	33	32	52
6/3/01	—	38	31	58
6/4/01	33	46	70	36
6/5/01	51	88	85	53
6/6/01	25	48	49	38
6/7/01	30	51	44	38
6/8/01	46	60	71	73
6/9/01	57	97	63	97
6/10/01	90	92	84	70
6/11/01	41	62	67	65
6/12/01	72	63	77	96
6/13/01	84	87	89	97
6/14/01	48	92	67	90
6/15/01	32	74	47	56
6/16/01	43	77	63	52
6/17/01	39	67	42	97
6/18/01	49	74	50	63
6/19/01	47	57	41	97
6/20/01	39	44	29	97
6/21/01	85	61	52	97
6/22/01	78	59	64	90
6/23/01	41	35	39	58
6/24/01	29	39	33	46
6/25/01	34	55	34	—
6/26/01	46	57	46	48
6/27/01	39	55	38	66
6/28/01	33	60	37	56
6/29/01	39	53	36	63
6/30/01	37	76	66	65
7/1/01	33	51	58	76
7/2/01	65	85	65	61
7/3/01	41	60	65	47
7/4/01	38	53	49	44
7/5/01	39	99	89	41
7/6/01	35	62	47	58
7/7/01	46	—	56	47
7/8/01	51	70	52	60
7/9/01	41	59	59	48
7/10/01	51	92	63	58
7/11/01	62	89	75	69
7/12/01	54	70	62	60
7/13/01	82	68	65	53
HRMedia	47,3	67,6	56,0	60,0
Días con máxima	2	35	5	21

Recogida y Análisis de Datos

Heikki calcula la humedad relativa media para cada uno de estos centros sumando todos los valores enviados para este período de tiempo desde cada centro y divide la suma por el número de días en los que se han enviado datos. Sus resultados se muestran en la penúltima línea de la Tabla AT-HR-2.

Heikki le pregunta a una alumna más pequeña si podría afirmar que un centro costero tiene una humedad relativa superior a la de los centros del interior. Ella decide comprobar qué centro envió el mayor valor de humedad relativa cada día y contar cuántos días cada centro tuvo el valor más alto. Se da cuenta de que algunos días sólo tres centros enviaron datos, por lo que omite estos días. Sus resultados se muestran en la última línea de la Tabla 1.

Heikki está bastante sorprendido al darse cuenta de que tanto el enfoque de la alumna más pequeña como el suyo muestran que uno de los centros del interior tiene la humedad relativa *más alta* durante este período de tiempo. El centro costero tuvo la segunda humedad relativa más alta.

Heikki concluye que hay claras excepciones a la regla general sobre cómo varía la humedad relativa entre los centros costeros y los centros del interior. Su profesor le pregunta qué más podría hacer para investigar este hecho. Heikki le indica que podría buscar más centros de Finlandia con datos relevantes, buscar grupos de centros interiores y costeros de otros países, o intentar averiguar algo más sobre la geografía del centro que tenía una humedad relativa superior que el centro costero objeto de su estudio.

El profesor destaca que la investigación de Heikki no tiene en cuenta el efecto regulador de la humedad relativa en la temperatura del aire, ni incluye los efectos de la altitud. Deciden que Heikki hará un estudio como parte de un grupo de investigación con varios compañeros de clase. El grupo discute el concepto que van a estudiar, y decide que compararán la diferencia entre la temperatura máxima y mínima del aire de cada día en los que hay datos de humedad

relativa. Dado que las temperaturas máximas y mínimas del aire corresponden a un período de 24 horas que comienza en un día y termina en el siguiente, el grupo decide que harán la comparación de la humedad relativa media de cada dos días. Estas comparaciones de datos se muestran en la Tabla AT-HR-3.

Tabla AT-HR-3

Fecha (2001)	Juuka		Ammansaari		Utajarvi		02600 Espoo	
	HR Media de 2 días (°C)	Amplitud Term. (%)	HR Media de 2 días (°C)	Amplitud Term. (%)	HR Media de 2 días (°C)	Amplitud Term. (%)	HR Media de 2 días (°C)	Amplitud Term. (%)
10-May		17,0		10,5		0,7		
11-May	35,5	9,0	67,0	9,0	44,0	8,8	35,5	15,1
12-May	42,5	5,1	57,0	4,0	44,5	2,2	32,0	18,0
13-May	57,0	5,0	75,5	6,0	57,5	1,5	40,0	8,5
14-May	72,5	5,0	87,0	5,5	53,5		41,5	18,3
15-May	55,0	10,2	79,0	6,0	51,5		42,0	16,6
16-May	31,5	14,9	65,5	10,0	47,0	1,7	41,0	19,9
17-May	30,0	18,1	49,0	14,0	35,5		65,0	12,5
18-May	38,0	8,0	71,5	12,5	60,5	12,2	96,5	10,5
19-May	51,0	5,5	97,5	2,5	85,0	5,1	89,5	8,7
20-May	56,0	5,5	97,5	6,0	88,0	7,0	77,0	7,5
21-May	55,0	9,0	91,5	4,0	85,0	3,6	76,0	5,6
22-May	47,5	4,0	77,5	3,5	67,5	6,9	60,0	14,9
23-May	68,0	10,0	85,0	6,0	64,0	7,4	58,5	16,9
24-May	67,0	9,6	82,5	7,5	66,0	9,0	59,5	12,3
25-May	39,0	7,2	72,5	7,5	54,0	5,8	43,5	9,6
26-May	40,0	6,2	73,0	4,5	49,5	3,5	41,5	15,7
27-May	42,0	8,1	70,0	4,0	49,5	8,5	44,5	14,5
28-May	47,0	9,6	81,0	4,5	62,0	7,8	45,0	12,2
29-May	50,5	4,9	80,5	4,0	68,5	3,4	44,0	8,1
30-May	51,5	6,3	62,5	4,0	51,5	8,9	47,5	12,0
31-May	42,5	12,0	48,5	10,5	36,5	14,0	41,5	14,4
1-Jun	27,5	15,4	40,0	8,0	31,0	15,3	40,0	19,3
2-Jun	25,5	16,3	34,0	12,0	30,5	11,4	47,0	17,4
3-Jun			35,5	9,0	31,5	16,8	55,0	9,9
4-Jun		14,9	42,0	10,0	50,5	9,7	47,0	17,5
5-Jun	42,0	10,4	67,0	10,5	77,5	7,4	44,5	17,2
6-Jun	38,0	16,8	68,0	14,5	67,0	13,6	45,5	16,8
7-Jun	27,5	12,4	49,5	8,5	46,5	7	38,0	16,8
8-Jun	38,0	9,8	55,5	6,5	57,5	10,0	55,5	
9-Jun	51,5	8,0	78,5	7,0	67,0	7,0	85,0	5,3
10-Jun	73,5	10,1	94,5	7,5	73,5	6,1	83,5	10,9

Fecha (2001)	Juuka		Ammansaari		Utajarvi		02600 Espoo	
	HR Media de 2 días (%)	Amplitud Term. (°C)	HR Media de 2 días (%)	Amplitud Term. (°C)	HR Media de 2 días (%)	Amplitud Term. (°C)	HR Media de 2 días (%)	Amplitud Term. (°C)
11-Jun	65,5	9,6	77,0	9,5	75,5	10,6	67,5	11,0
12-Jun	56,5	6,1	62,5	6,0	72,0	5,2	80,5	6,7
13-Jun	78,0	5,6	75,0	8,5	83,0	6,8	96,5	5,0
14-Jun	66,0	12,5	89,5	8,5	78,0	6,8	93,5	4,7
15-Jun	40,0	15,5	83,0	8,5	57,0	11,5	73,0	16,8
16-Jun	37,5	13,5	75,5	7,0	55,0	12,0	54,0	18,2
17-Jun	41,0	12,8	72,0	9,0	52,5	14,0	74,5	12,3
18-Jun	44,0	6,7	70,5	8,5	46,0	8,4	80,0	12,3
19-Jun	48,0	8,2	65,5	9,0	45,5	8,8	80,0	2,4
20-Jun	43,0	9,6	50,5	9,5	35,0	10,5	97,0	2,5
21-Jun	62,0	7,3	52,5	9,0	40,5	7,9	97,0	3,7
22-Jun	81,5	4,1	60,0	7,0	58,0	3,2	93,5	10,7
23-Jun	59,5	9,2	47,0	8,0	51,5	6,7	74,0	
24-Jun	35,0	14,8	37,0	10,5	36,0	14,5	52,0	
25-Jun	31,5	13,0	47,0	7,5	33,5	16,6		
26-Jun	40,0	15,5	56,0	12,0	40,0	14,5		
27-Jun	42,5	15,2	56,0	9,5	42,0	13,1	57,0	14,7
28-Jun	36,0	12,9	57,5	6,5	37,5	11,5	61,0	13,8
29-Jun	36,0	9,7	56,5	9,0	36,5	10,3	59,5	14,4
30-Jun	38,0	9,0	64,5	9,0	51,0	5,2	64,0	9,5
1-Jul	35,0	14,6	63,5	10,5	62,0	8,2	70,5	10,8
2-Jul	49,0	11,2	68,0	9,0	61,5	7,8	68,5	6,3
3-Jul	53,0	10,4	72,5	7,5	65,0	11,3	54,0	14,1
4-Jul	39,5	8,0	56,5	6,5	57,0	7,1	45,5	15,4
5-Jul	38,5	16,0	76,0	10,5	69,0	7,2	42,5	10,5
6-Jul	37,0	13,2	80,5	9,0	68,0	13,1	49,5	14,0
7-Jul	40,5	18,8			51,5	14,2		
8-Jul	48,5	10,1		8,5	54,0	15,7		
9-Jul	46,0	12,4	64,5	8,5	55,5	13,2	54,0	12,0
10-Jul	46,0	15,1	75,5	9,5	61,0	9,9	53,0	2,5
11-Jul	56,5	5,7	90,5	7,5	69,0	6,5	63,5	6,3
12-Jul	58,0	9,0	79,5	6,5	68,5	8,3	64,5	5,0
13-Jul	68,0	12,3	69,0	10,0	63,5	8,4	56,5	7,9

Figura AT-HR-9: Amplitud Térmica Media Mostrada como Función de la Humedad Relativa para los Centros de la Muestra Bajo Estudio

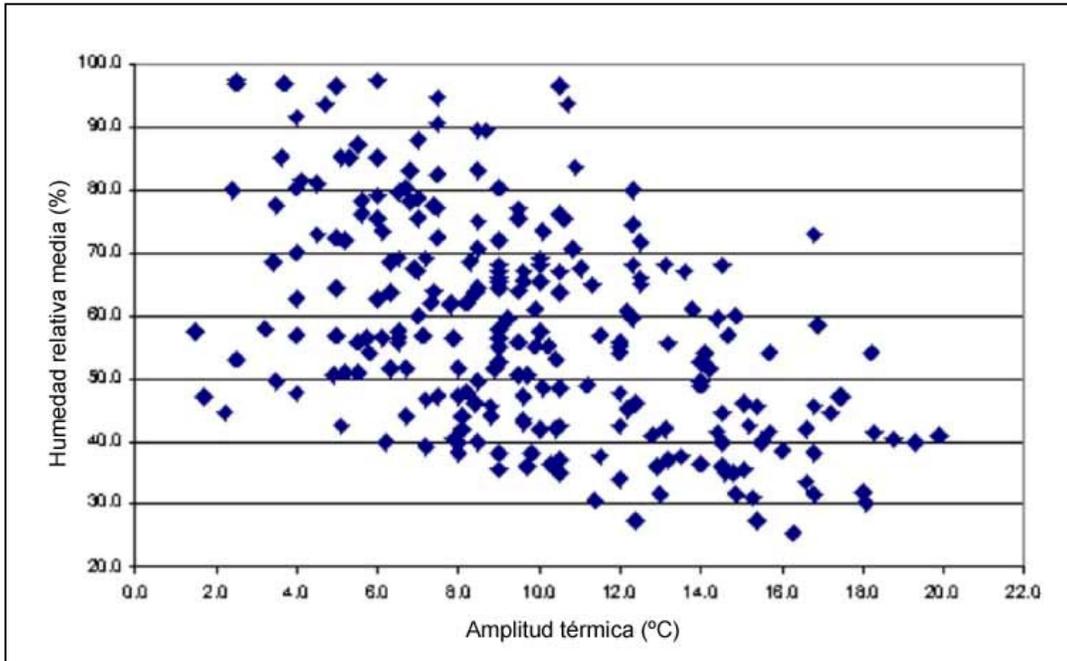
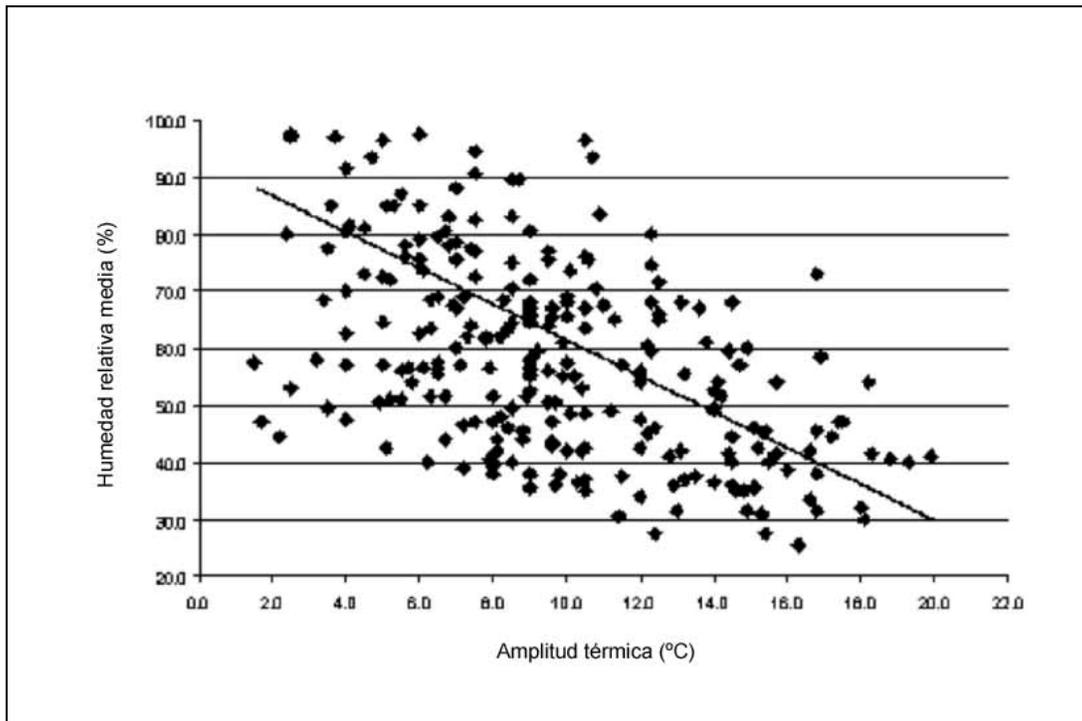


Figura AT-HR-10



Compartiendo los Resultados

El alumnado calcula el rango de temperatura para cada día y para cada centro, y después hacen un gráfico mostrando todos los puntos, con la amplitud térmica en el eje y la humedad relativa en el eje x. La Figura AT-HR-9 muestra el resultado.

El alumnado puede observar que para amplitudes térmicas bajas (por ejemplo, inferior a 4°C), la humedad relativa media enviada es normalmente superior al 45%, y según aumenta la amplitud térmica, los valores enviados de humedad relativa son menores. De hecho, para amplitudes térmicas elevadas (superiores a 16°C), sólo se ha enviado una observación que supera el 70%, el resto de las observaciones son menores de 60%. Por ello, parece existir una buena relación entre estos grupos de datos.

Esta relación es inversa, porque al aumentar una variable, la otra tiende a disminuir. Si tratáramos de interpolar una línea que se ajustara lo más posible a los datos, lo que podría utilizarse para pronosticar la humedad relativa a partir de la amplitud térmica, podría ser como la que se muestra en la Figura AT-HR-10. Esta línea es un ajuste por mínimos cuadrados, que es la mejor “línea recta” para representar los datos que se muestran.

Investigaciones Posteriores

Los resultados son tan alentadores que Heikki decide investigar a continuación los efectos de la altitud, para comprobar si puede explicar los sorprendentes resultados de su primer experimento, y mirar en otras áreas geográficas para comprobar si las conclusiones coinciden con las suyas. Espera con ilusión los resultados de estas investigaciones y las posibles colaboraciones internacionales a las éstas le pueden llevar.

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

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

Requisitos Previos

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

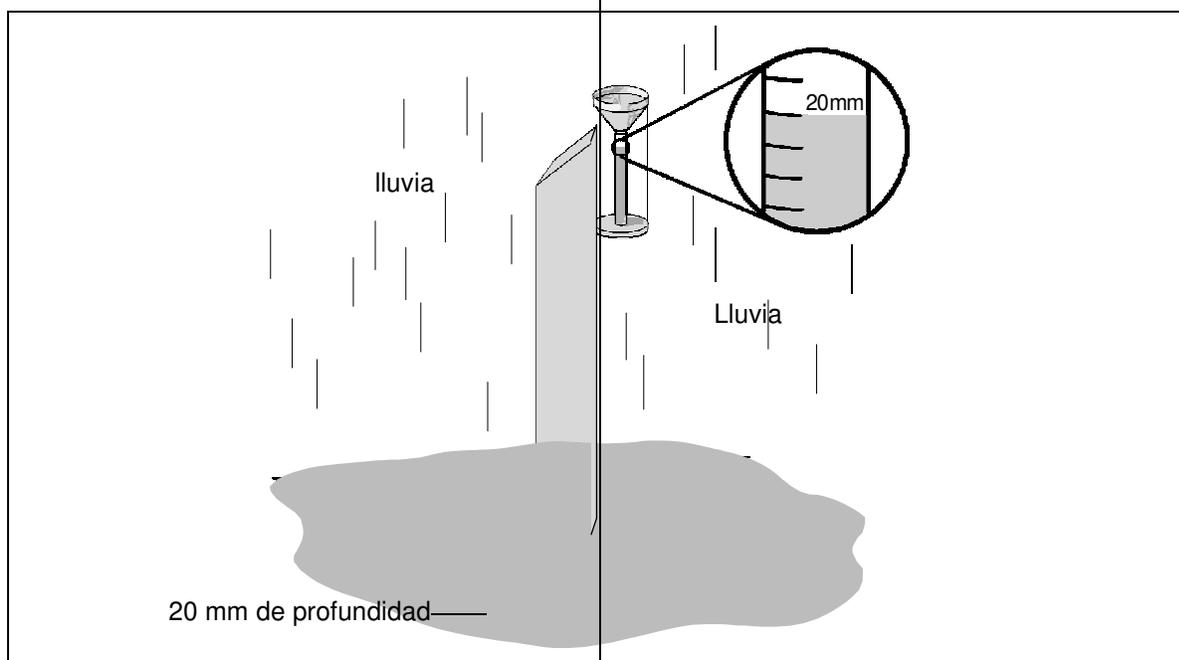
Los científicos que modelizan el ciclo hidrológico necesitan conocer la cantidad total o volumen de agua que llega a la superficie terrestre desde la atmósfera. Cuando los meteorólogos y otros miden la precipitación, miden la profundidad de lluvia o nieve que ha caído en una determinada cantidad de tiempo. 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 (CO₂) 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 aluminio 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

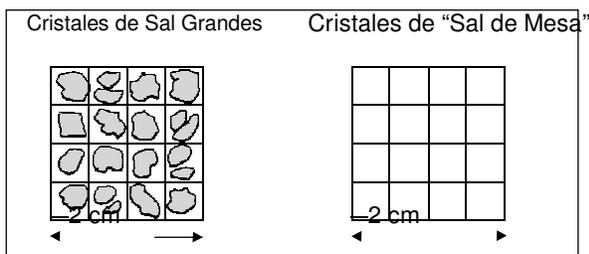
Tipo de evento	Enviar a GLOBE el # de días desde su última medición y
No llueve	0
Lluvia > 0,5 mm sin problemas en la lectura del pluviómetro	La cantidad de precipitación en el pluviómetro
Muy poca cantidad de lluvia < 0,5 mm	T (de Traza)
Pluviómetro vertido antes de que se pudiera realizar la medición,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

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



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-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

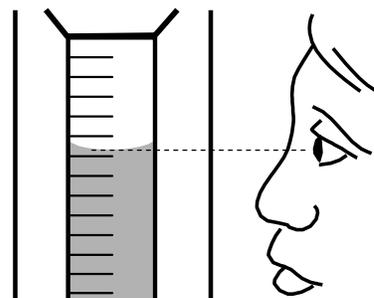
Guía de Campo

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)
- Un recipiente para la muestra del equivalente en lluvia del bloque de nieve.
- Tabla medidora de nieve
- Algo plano y limpio para colocar bajo los recipientes boca abajo.
- Un recipiente con los lados rectos
- *Hoja de Datos de la Investigación de la Atmósfera*
- Tubo para evaluar el rebosamiento del pluviómetro
- Lápiz o bolígrafo
- Dos vasos limpios de muestreo con tapa para las muestras de pH
- 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 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 Sal*: si la muestra de lluvia o de nieve derretida es de 40-50 ml, utilizar el círculo grande de 5mm de la *Carta*. 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 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*: si la muestra de lluvia o de nieve derretida es de 40-50 ml, utilice el círculo grande de 5mm de la *Carta*. 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 *Carta 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 sobre 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 vacíe 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:

$$\text{Radio} = \text{Diámetro} / 2$$

$$\text{Área (cm}^2\text{)} = \pi \times (\text{radio})^2$$

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

$$\text{Área (cm}^2\text{)} = \text{Ancho (cm)} \times \text{Largo (cm)}$$

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

Volumen de agua derretida

$$\text{Profundidad (mm)} = ((\text{ml} = \text{cm}^3) / \text{Área (cm}^2\text{)}) \times 10 \text{ (mm/cm)}$$

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-

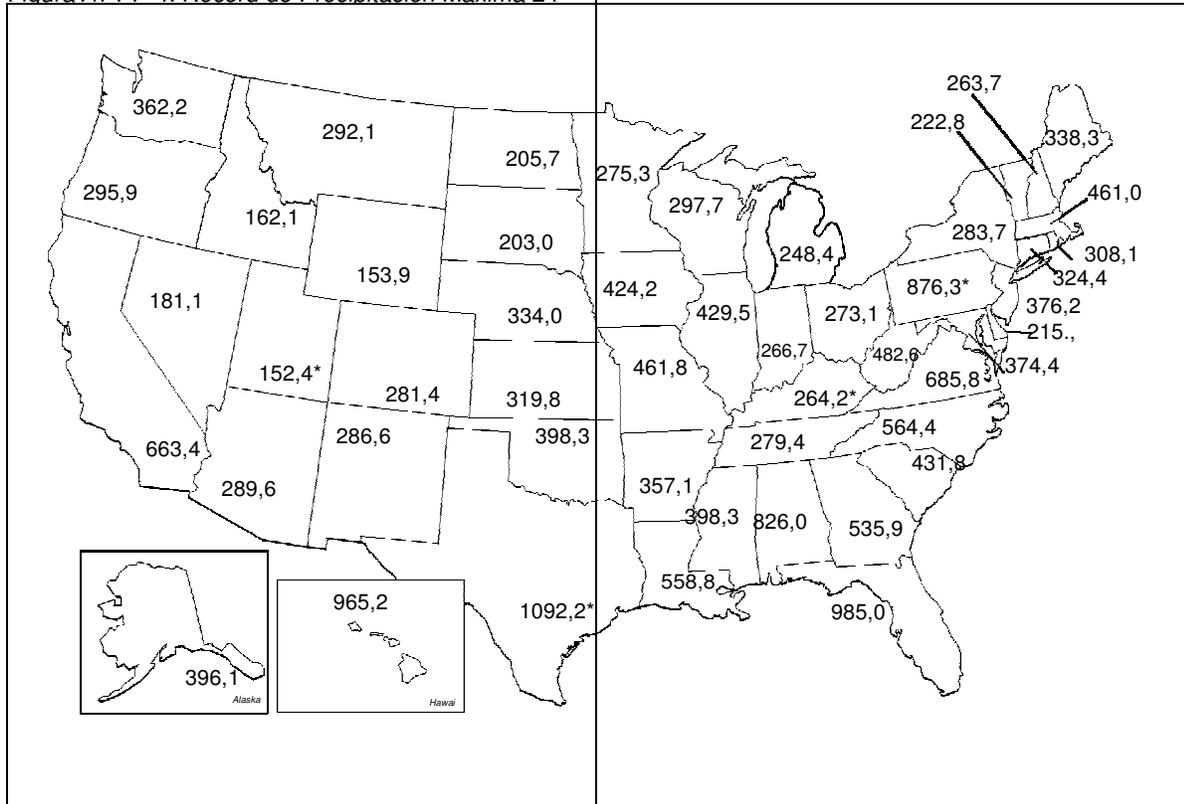


Tabla AT-PP-2

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

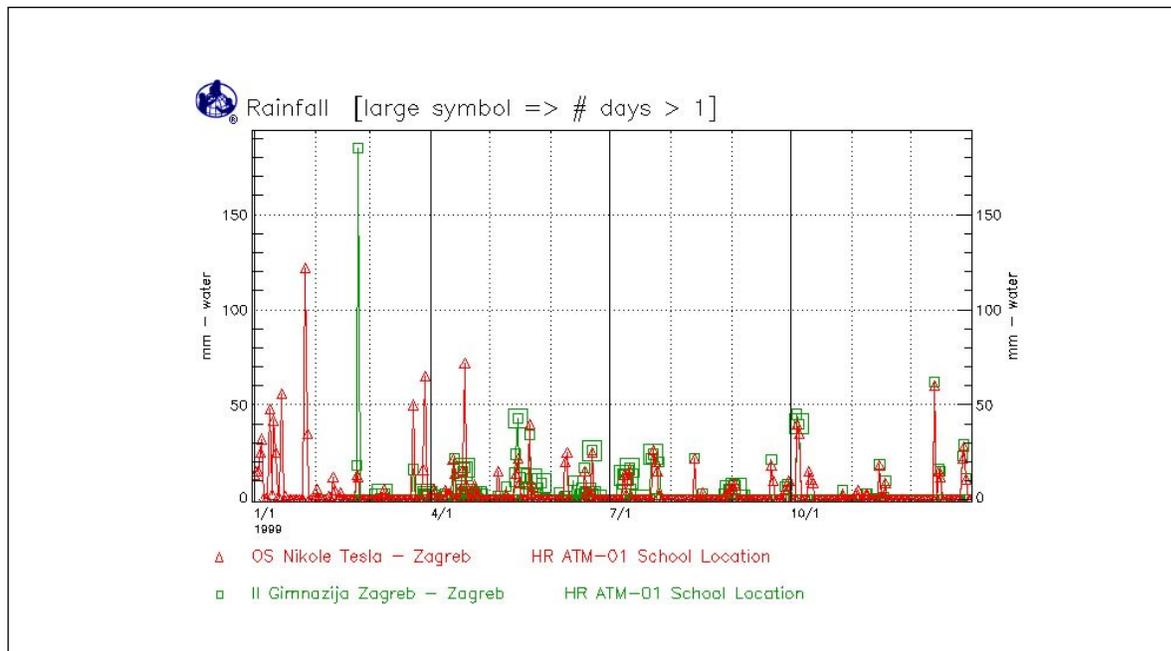


Figura AT-PP-6

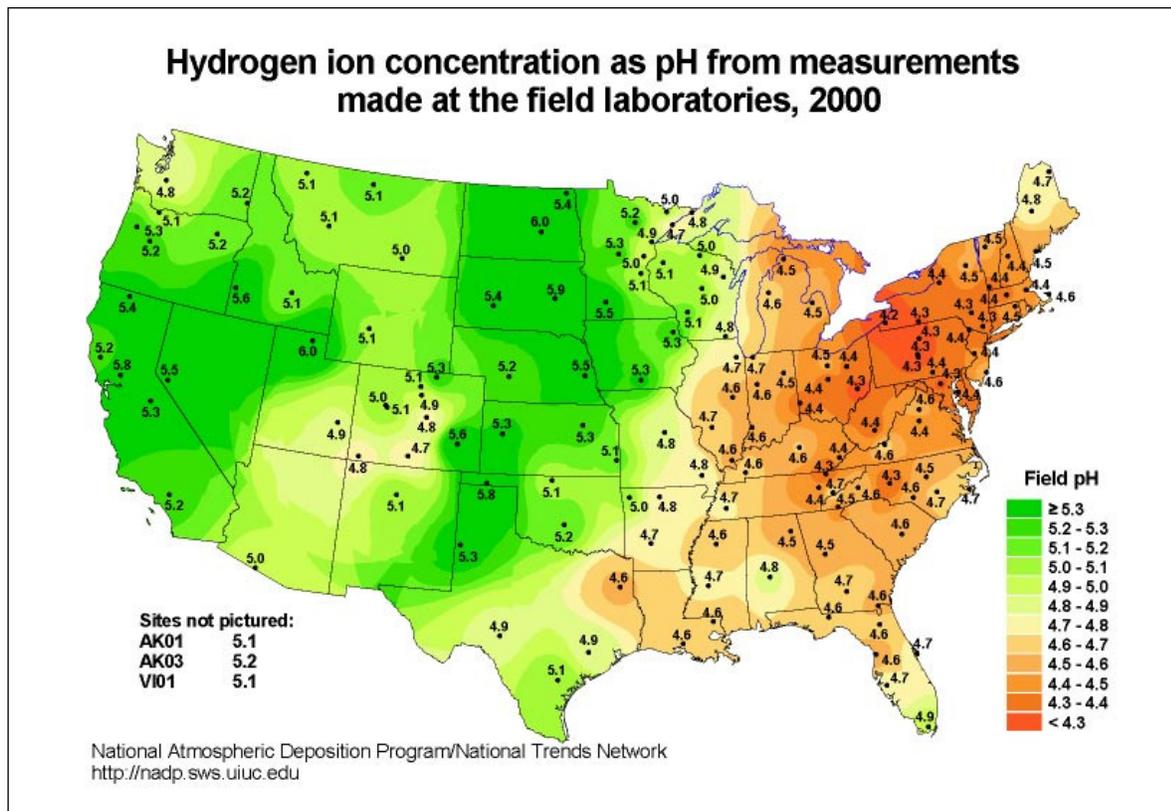


Figura AT-PP-7

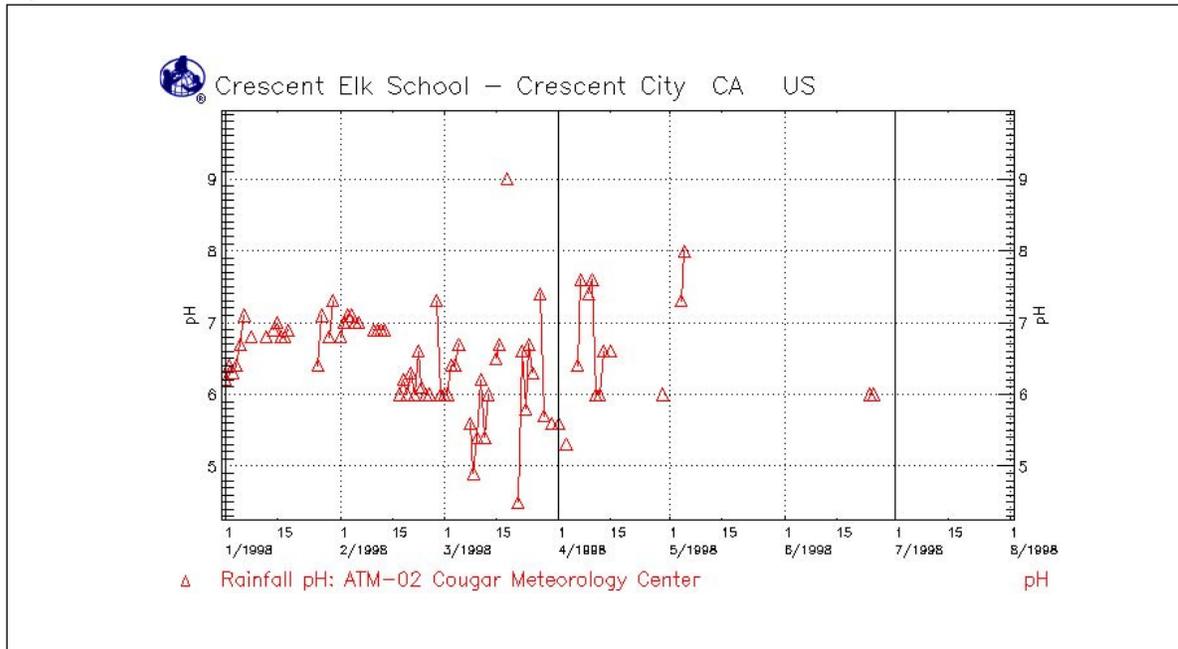
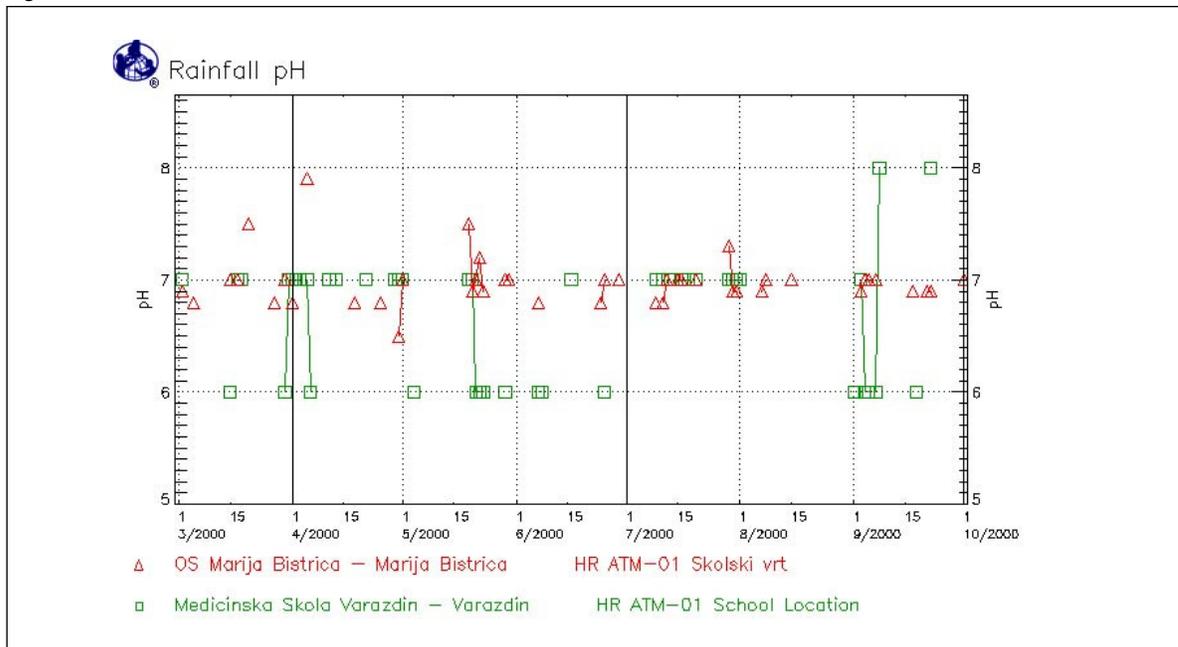


Figura AT-PP-8



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 Athenaeum 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 Athenäum 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

$$0 + 0 + 0 + 3,0 + 0 + 7,7 + 0,2 + 12,0 + 0 + 0 + 0,8 = 23,7 \text{ mm}$$

Para Konigliches Athenäum Eupen, Eupen, Bélgica

$$0 + 0 + 0 + 0 + 0,2 + 0 + 1,2 + 1,6 + 0,4 = 3,4 \text{ mm}$$

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

$$\text{Cantidad liberada (mm)} = R_{\text{Nueva}}(\text{hoy}) + R_{\text{Bloque}}(\text{ayer}) - R_{\text{Bloque}}(\text{hoy})$$

Así, para el 18 de diciembre, la cantidad liberada indicada como el equivalente a la profundidad de 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 querían 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 comparando mediciones 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

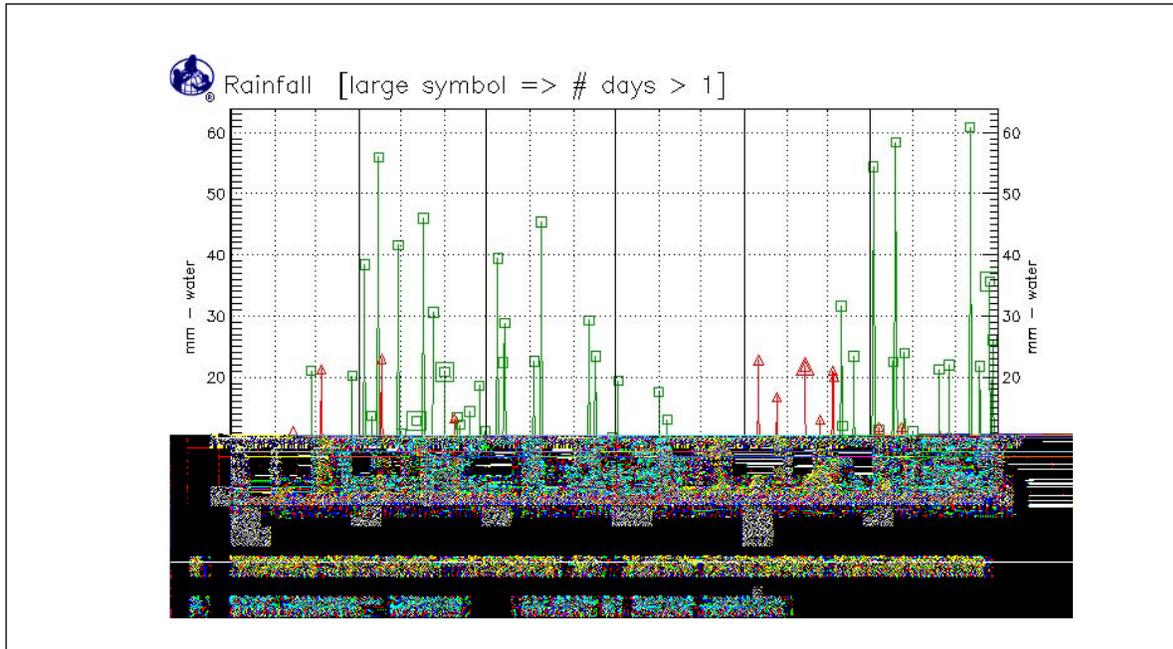


Figura AT-PP-10

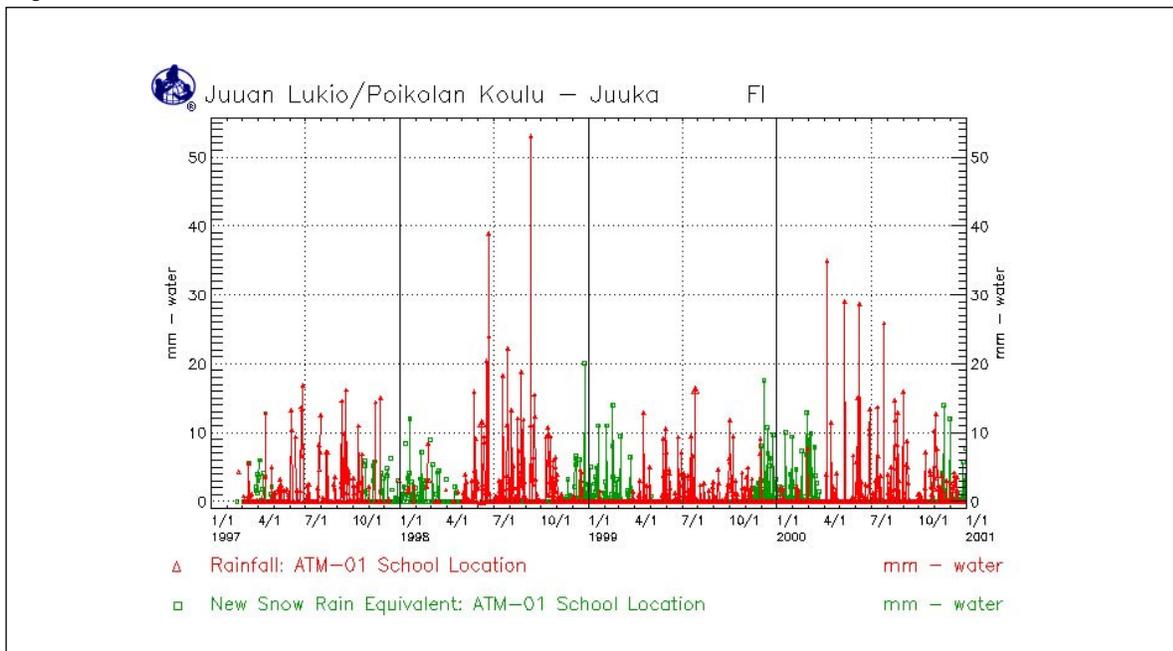


Figura AT-PP-11

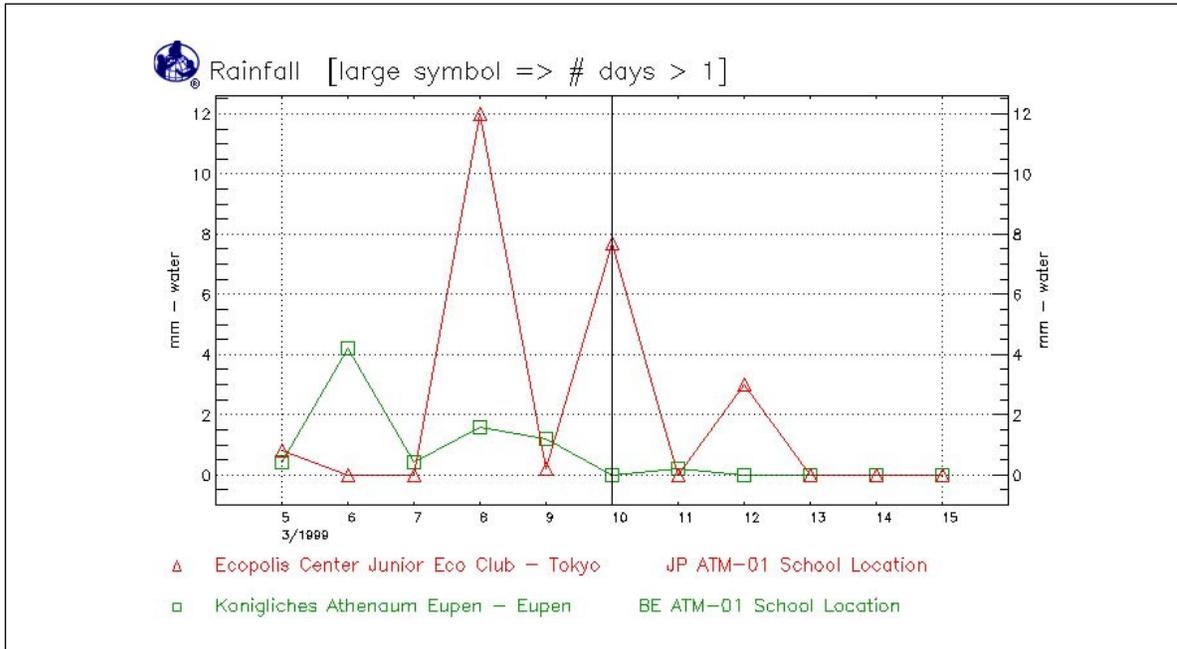


Figura AT-PP-12

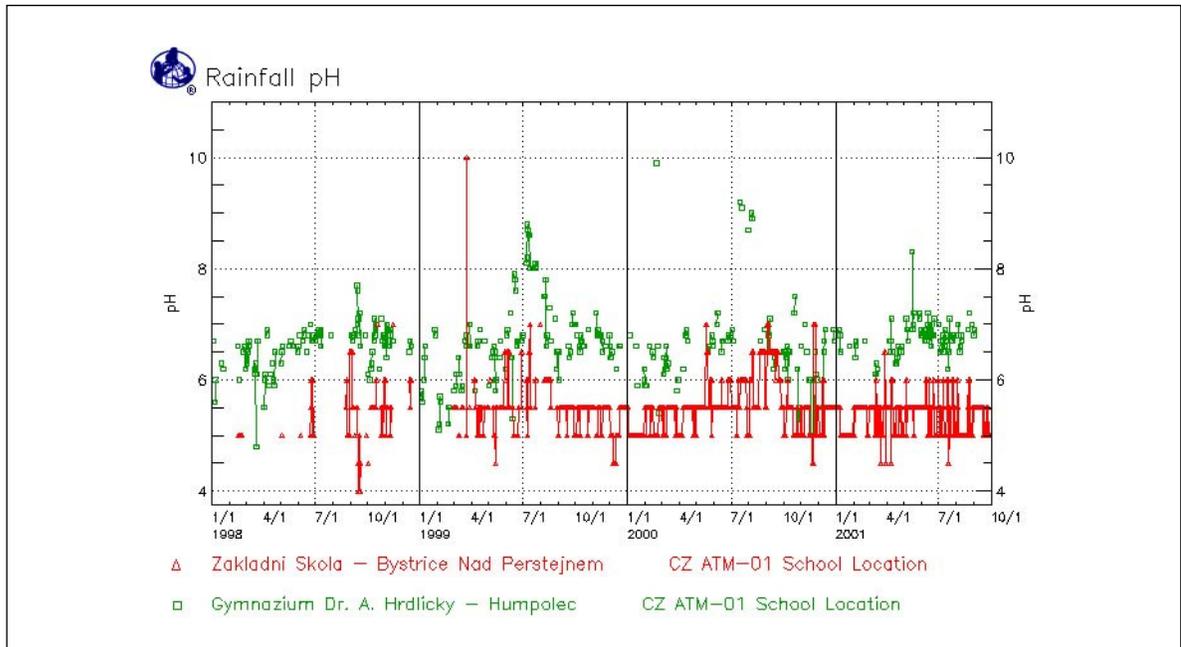


Figura AT-PP-13

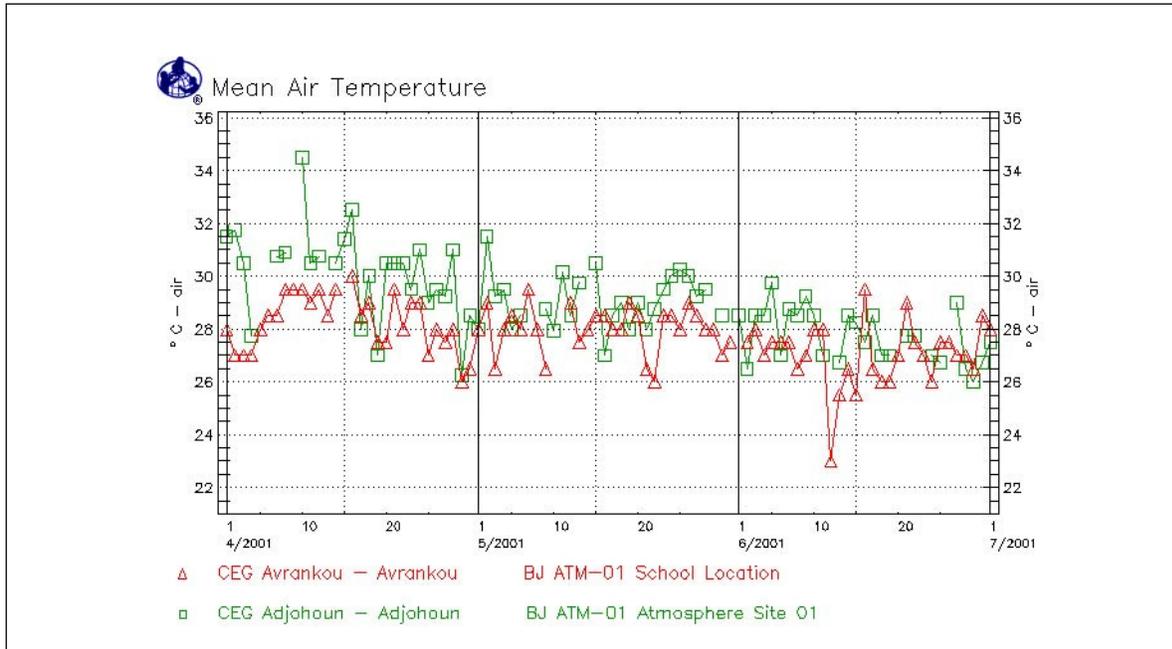


Figura AT-PP-14

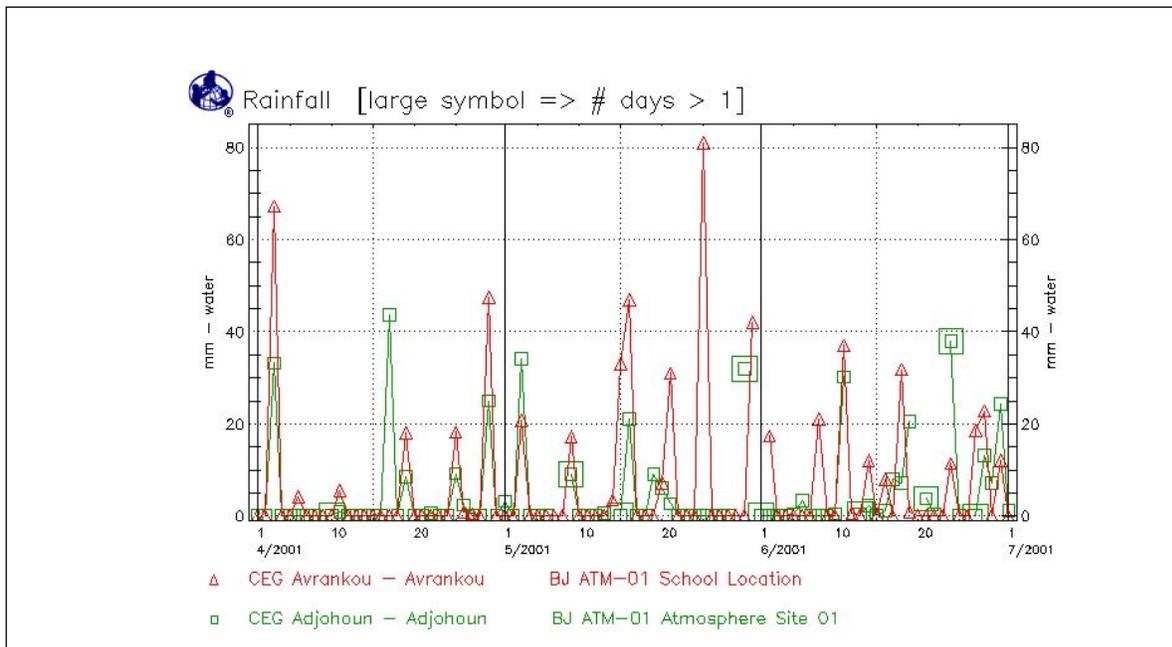
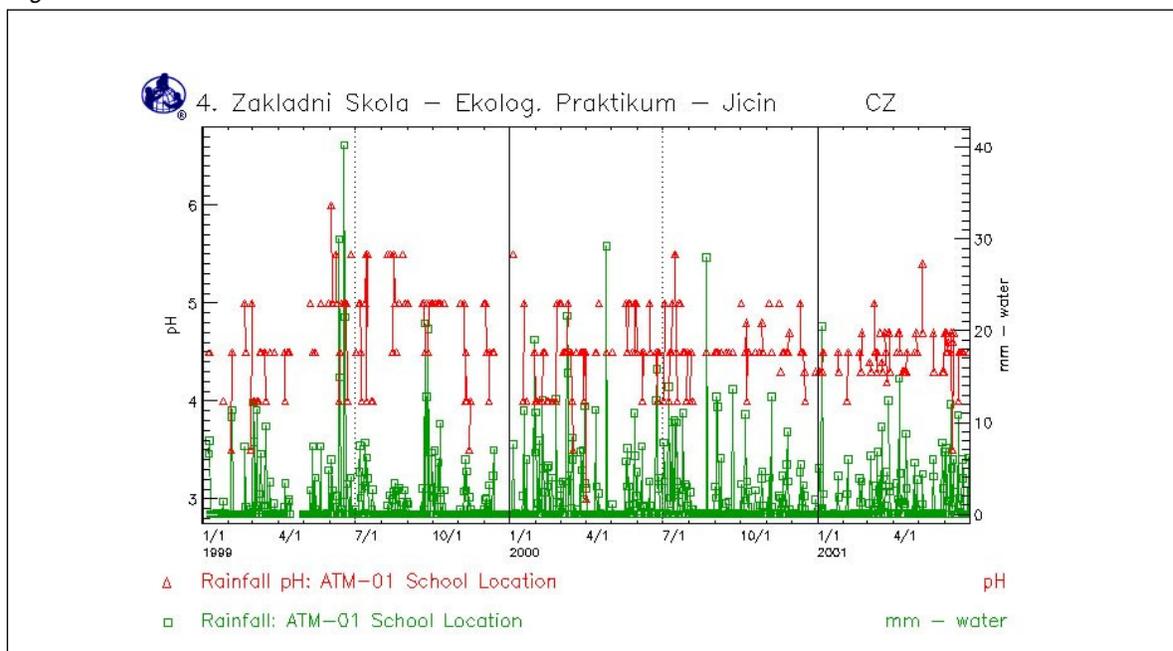


Figura AT-PP-15



Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima, y Actual



Objetivo General

Medir la temperatura del aire (y, opcionalmente, la del suelo) en el intervalo de una hora desde el mediodía solar local, así como la temperatura máxima y mínima del aire de las 24 horas anteriores.

Visión General

El alumnado lee la temperatura actual, máxima y mínima en un termómetro y después pone a cero los índices de máxima y mínima para iniciar un nuevo período de mediciones de 24 horas.

Objetivos Didácticos

Aprender a medir las temperaturas mínima, máxima y actual utilizando un termómetro en forma de U; comprender las variaciones diarias y anuales de la temperatura y reconocer los factores que influyen en las temperaturas atmosféricas.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El tiempo se puede describir con 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.

Geografía

La variabilidad de la temperatura de una zona influye en las características del sistema físico geográfico de la Tierra.

Habilidades de Investigación Científica

Utilizar un termómetro para medir la temperatura.

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Utilizar 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

5 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

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

Materiales y Herramientas

Caseta meteorológica.

Termómetro instalado de máximas/mínimas.

Termómetro de calibración.

Hoja de Datos de la Investigación de la Atmósfera

Preparación

Instalar la caseta meteorológica.

Calibrar e instalar el termómetro de máximas/mínimas.

Revisar cómo leer el termómetro de máximas/mínimas.

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima y Actual – Introducción

Temperatura y Tiempo Meteorológico

¿Se ha dado cuenta de que los pronósticos diarios del tiempo no siempre son correctos? Esto es en parte debido a que los científicos están todavía intentando saber más sobre cómo funciona la atmósfera. Las mediciones de la temperatura del aire, particularmente de cómo cambia la temperatura del aire tras una tormenta, son importantes para ayudar a los científicos a comprender mejor nuestra atmósfera. Este conocimiento permitirá a los meteorólogos pronosticar el tiempo para el día siguiente de manera precisa, o incluso para la semana siguiente.

Las mediciones de la temperatura del aire también son importantes para comprender la precipitación. Que la precipitación se produzca en forma de lluvia, aguanieve, nieve o granizo depende de la temperatura del aire. La temperatura del aire también influye sobre la cantidad de agua que se evapora y en la humedad relativa del aire. El agua evaporada de la tierra y de los cuerpos de agua que pasa a la atmósfera contribuye a alimentar las tormentas e influye en gran medida en el tiempo.

Temperatura y Clima

¿Es un año inusualmente cálido? ¿Se está calentando la Tierra según algunos científicos pronosticaron? ¿Está cambiando la temperatura media de su centro escolar por cambios locales en la cobertura terrestre? Para responder a estas y otras preguntas sobre las mediciones del clima de la Tierra se necesitan las temperaturas máximas y mínimas diarias del aire y del suelo, mes a mes, y año tras año.

Generalmente, las ciudades son más cálidas que las áreas que las rodean. Según van creciendo las ciudades, las temperaturas se pueden hacer más cálidas debido a la expansión de las áreas asfaltadas y edificios de hormigón. La comprensión de las variaciones locales de calentamiento y enfriamiento ayuda a los científicos a determinar si hay un cambio global en la temperatura media del aire superficial. Los

datos de las observaciones en muchos ambientes diferentes, tanto en el campo como en las ciudades, son necesarios para estudiar estos cambios en el clima de la Tierra.

Los científicos que estudian el clima de la Tierra están buscando patrones de cambios de temperatura en diferentes latitudes y longitudes. Es decir, ¿se están calentando y enfriando todos los lugares de la Tierra al mismo ritmo? Los modelos informáticos predicen que si el clima de la Tierra está variando debido al efecto de los gases invernadero sobre la temperatura del aire, se producirá un mayor calentamiento en las regiones polares que en los trópicos (aunque las regiones polares permanecerán más frías que los trópicos). Los modelos también predicen que las temperaturas medias nocturnas se incrementarán más que las temperaturas medias diarias, y que el incremento de las temperaturas será más evidente en invierno que en verano.

La evaluación de modelos de predicción del clima cambiante de la Tierra requiere una enorme cantidad de datos tomados en muchos lugares de la Tierra y a lo largo de grandes períodos de tiempo. Las mediciones de la temperatura máxima y mínima de la atmósfera por los centros GLOBE de todo el mundo pueden ayudarnos a todos nosotros a mejorar nuestra comprensión sobre el clima.

Temperatura y Composición Atmosférica

Muchas de las reacciones que se producen entre los gases traza de la atmósfera se ven influidas por la temperatura. En algunos casos, tales como algunas de las reacciones implicadas en la formación del ozono, la tasa de reacción depende de la temperatura. La presencia de vapor de agua, gotitas de agua y cristales de hielo también juega un papel importante en la química de la atmósfera.

Para comprender el tiempo, el clima y la composición de la atmósfera, son necesarias mediciones de la temperatura de la superficie y del aire. Las mediciones GLOBE de la temperatura del aire cerca del suelo son particularmente útiles, ya que estos datos son difíciles de obtener si no es mediante la lectura de termómetros cuidadosamente ubicados.

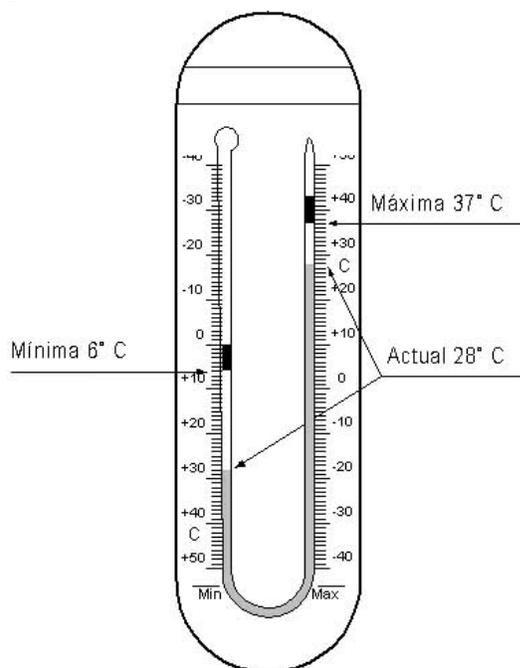
Apoyo al Profesorado

Termómetro de Máximas/Mínimas

Hay dos instrumentos disponibles para realizar mediciones diarias de la temperatura máxima y mínima. Uno es un termómetro con líquido en su interior, y el otro es un termómetro digital. Hay termómetros digitales que también tienen una sonda para el suelo que puede ser enterrada en el suelo de manera que también se puedan medir las temperaturas del suelo. El uso de estos instrumentos se describe en este protocolo. Hay otro tipo de termómetro de máx/mín, llamado termómetro digital multi-día máx/mín, que registra temperaturas durante seis días, que se describe en el *Protocolo de Temperaturas Digitales Multi-día Máx/Mín y Actual del Aire y del Suelo*.

El termómetro con líquido en su interior de máximas y mínimas es un tubo en forma de herradura con dos índices que muestran las temperaturas máxima y mínima que se han alcanzado desde que se pusieron en la estación. Ver Figura AT-MM-1. En el lado de la máxima, la temperatura aumenta en la escala desde la parte inferior a la superior (como en los típicos de casa). En el lado de la mínima, por el contrario, la escala muestra un descenso de temperatura desde la parte inferior a la superior.

Figura AT-MM-1: Termómetro de Máxima/Mínima



La mayor parte del líquido del termómetro está en el bulbo de la parte superior del lado de la mínima. Según aumenta la temperatura, la dilatación del líquido del bulbo empuja hacia abajo el mercurio en la parte de la mínima y hacia arriba en el lado de la máxima. El índice de la parte superior de la columna de mercurio en el lado de la máxima temperatura en el termómetro es empujado hacia arriba. Cuando la temperatura desciende, la columna de mercurio se mueve en dirección opuesta, pero el índice del lado de la máxima permanece en el mismo lugar, indicando la temperatura más alta alcanzada. Según desciende la temperatura, la columna de mercurio asciende en el lado de la mínima hasta alcanzar el índice. Después, si la temperatura continúa disminuyendo, empuja el índice hacia arriba. Cuando la temperatura de nuevo asciende, el índice del lado de la mínima permanece en el mismo lugar para indicar la mínima temperatura alcanzada.

El termómetro con líquido en su interior de máximas/mínimas es diferente del tipo de termómetro más familiar para la mayoría de alumnos/as. Por ello, es conveniente practicar la lectura en este tipo de termómetro antes de tomar datos en el campo. Esta práctica se puede realizar de varias maneras. Se puede colocar el termómetro de máximas/mínimas en la clase durante un tiempo y pedir al alumnado que lo lea cada vez que lleguen al salón. Otra posibilidad es copiar la imagen del termómetro de máximas/mínimas que se da en el *Apéndice*, dibujar la columna de mercurio y los dos índices (que debe tener una longitud equivalente a unos 8°C) y pedir al alumnado que lea las temperaturas actual, máxima y mínima que se indiquen en cada dibujo.

En esta misma línea, se puede pedir al alumnado que haga sus propios dibujos mostrando las temperaturas: actual, mínima y máxima dadas.

El termómetro digital toma y muestra las temperaturas en incrementos de 0,1°C. El sensor para leer la temperatura del aire se encuentra dentro de la caja protectora del instrumento. Este termómetro también está disponible con un segundo sensor opcional unido a un cable de 3 metros de largo. Este segundo sensor puede enterrarse en el suelo para medir la temperatura del suelo. Si se van a realizar ambas mediciones, de aire y de suelo, es importante indicar en la

pantalla correctamente las secciones que corresponden a cada sensor. Esto se puede hacer pegando dos trocitos de cinta marcados como 'AIRE' y "SUELO" en la cubierta de plástico del termómetro a la derecha de la pantalla.

Mantenimiento del Instrumento

La caseta meteorológica se debe mantener limpia, tanto por dentro como por fuera. Se debe quitar del interior de la caseta el polvo, la suciedad y las telas de araña con un paño limpio y seco. La parte exterior de la caseta se puede lavar ligeramente con agua para eliminar la suciedad, pero se debe tratar de evitar que entre demasiada agua en la caseta. Si la parte externa se ensucia mucho, debe volver a pintarse de blanco.

Calibración del Termómetro

Si se está utilizando el termómetro de máximas/mínimas con líquido en su interior, se debería comprobar la calibración cada tres o cuatro meses con el termómetro de calibración. Si no marcan lo mismo, entonces se debe recalibrar el termómetro. Aproximadamente una vez por semana se debe comprobar que ambos lados del termómetro de máximas/mínimas marcan lo mismo. Si no es así, se debe recalibrar el termómetro.

Si se está usando un termómetro digital, es importante calibrarlo utilizando un termómetro de calibración. Esta calibración se hace comparando las lecturas de los dos termómetros y calculando la compensación que corresponda por la diferencia entre las lecturas del termómetro digital y la temperatura real. Cuando el instrumento se monta por primera vez, tanto los sensores de aire como los de suelo se calibran según la *Guía de Campo de Calibración del Sensor del Termómetro Digital de Un-día de Máx/Mín*. Cada seis meses se hace una comprobación para ver si el sensor del suelo está funcionando correctamente comparando las temperaturas que muestra con un termómetro de sonda para suelo siguiendo la *Guía de Campo de Comprobación del Error del Sensor del Termómetro de Un-día de Máx/Mín del Suelo*. Si la diferencia entre las lecturas digitales del sensor del suelo y del termómetro de sonda del suelo es superior a 2°C se debe desenterrar el termómetro

digital y recalibrar tanto el sensor de suelo como el de aire. Si la diferencia es de 2°C o superior, la sonda se puede dejar enterrada y recalibrar únicamente el sensor del aire.

Consejos Útiles

Recuerde al alumnado que el mercurio empuja la parte inferior de los índices hasta que se alcanzan la temperatura máxima o mínima. Por ello, deben leer las temperaturas máxima y mínima en la parte inferior (el extremo más cercano a la columna de mercurio) de los índices. Recuerde a los alumnos/as que deben leer el punto más alto alcanzado por el mercurio desde que los índices se pusieron a cero.

Si el termómetro tiene escala Fahrenheit, indíquelo sobre ella para evitar que el alumnado la lea por error. Uno de los errores más comunes en los datos de temperatura de la base de datos GLOBE es el envío de lecturas de temperatura en grados Fahrenheit en lugar de Celsius. Antes de usar el termómetro de máximas/mínimas, asegúrese de que la columna de mercurio es continua. A veces la columna de mercurio puede estar separada en segmentos. Si esto ocurre, entonces sigue las instrucciones que se dan en la sección *Preguntas Frecuentes*.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Cuándo cambia más la temperatura de un día para otro?

¿Cuáles son las latitudes y altitudes de otros centros GLOBE con datos de temperatura atmosférica similares a los suyos?

¿Cómo reacciona la vegetación de su zona ante los cambios de temperatura?

¿Su ambiente local se ve influido más por la temperatura media o por las temperaturas extremas?

Calibración del Termómetro

Guía de Laboratorio

Actividad

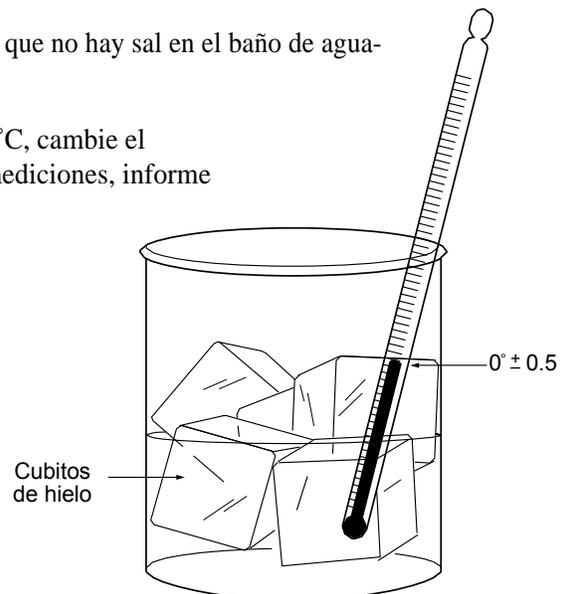
Comprobar la calibración del termómetro de calibración.

Qué se Necesita

- Termómetro de calibración
- Hielo picado
- Un recipiente limpio de, al menos, 250 ml
- Agua (lo ideal es que sea destilada, pero lo importante es que no sea salada)

En el Laboratorio

1. Preparar una mezcla de agua del grifo (caño) y hielo con más hielo que agua en el recipiente.
2. Ponga el termómetro de calibración en el baño de agua-hielo. El bulbo del termómetro tiene que estar dentro del agua.
3. Deje el termómetro en el baño de agua-hielo durante 10 a 15 minutos.
4. Mueva con cuidado el termómetro alrededor del baño de agua-hielo de manera que esté perfectamente enfriado.
5. Lea el termómetro. Si marca entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ y $+0,5^{\circ}\text{C}$, el termómetro está bien.
6. Si el termómetro marca más de $+0,5^{\circ}\text{C}$, compruebe que hay más hielo que agua en el baño de agua-hielo.
7. Si el termómetro marca menos de $-0,5^{\circ}\text{C}$, compruebe que no hay sal en el baño de agua-hielo.
8. Si el termómetro aún no marca entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ y $+0,5^{\circ}\text{C}$, cambie el termómetro. Si ha utilizado este termómetro para mediciones, informe sobre ello a GLOBE.



Calibración del Termómetro de Máxima/Mínima

Guía de Campo

Actividad

Comprobar la calibración del termómetro de máximas/mínimas.

Ajustar el termómetro de máximas/mínimas si es necesario.

Qué se Necesita

- Comprobación del termómetro de calibración siguiendo las instrucciones de la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro*
- *Hoja de Datos de la Investigación de la Atmósfera*

En el Campo

Día 1

Coloque el termómetro de calibración en la caseta meteorológica de manera que el bulbo del termómetro no esté tocando ninguna superficie.

Día 2

1. Después de leer las temperaturas actual, máxima y mínima en el termómetro de máximas/mínimas, lee la temperatura del termómetro de calibración redondeando a los 0,5°C más cercanos.
2. Compare esta lectura con la temperatura actual de ambos lados del termómetro de máximas/mínimas.
3. Si estas lecturas están entre +/- 0,5°C de la lectura del termómetro de calibración, anote en los metadatos que la calibración del termómetro de máximas/mínimas está bien y complete el *Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima y Actual*.
4. Si la lectura de la temperatura actual de ambos lados del termómetro de máximas/mínimas no está entre +/- 0,5°C de la lectura del termómetro de calibración, siga los siguientes pasos:
5. Anote las temperaturas actuales de ambos lados del termómetro de máximas/mínimas y la lectura de la temperatura del termómetro de calibración como comentarios en la *Hoja de Datos de Investigación de la Atmósfera* de hoy. (Informa sobre las tres temperaturas).
6. Deje el termómetro de calibración colocado en la caseta meteorológica.
7. Retire el termómetro de máximas/mínimas de la caseta meteorológica. No toque el bulbo de este termómetro. Mantenga el termómetro fuera de la luz solar directa.
8. Afloje el tornillo de manera que las escalas del termómetro se puedan mover.
9. Mueva las escalas de manera que la lectura de la temperatura actual concuerde con la lectura del termómetro de calibración.
10. Apriete el tornillo de manera que las escalas se queden en su lugar de nuevo.
11. Vuelva a colocar el termómetro de máximas/mínimas en la caseta meteorológica y ponga los índices de nuevo en la parte superior del mercurio en ambos lados.
12. Anote e informe sólo sobre la temperatura actual de hoy usando el valor del termómetro de calibración.
13. Anote en los metadatos de hoy que el termómetro requiere recalibración.

Protocolo de Temperatura

Máxima, Mínima y Actual

Guía de Campo

Actividad

Medir las temperaturas actual, máxima y mínima del aire.

Poner a cero los índices de máxima y mínima para comenzar la medición de las siguientes 24 horas.

Qué se Necesita

- Una caseta meteorológica colocada correctamente.
- *Hojas de Datos de la Investigación de la Atmósfera*
- Un termómetro de máximas/mínimas correctamente calibrado e instalado.
- Lápiz o bolígrafo

En el Campo

1. Anote la hora y la fecha en la *Hoja de Datos de la Investigación de la Atmósfera*.
2. Abra la caseta meteorológica teniendo cuidado de no tocar o respirar sobre el termómetro.
3. Colóquese de manera que sus ojos estén a nivel con el mercurio del termómetro.
4. Lea el nivel de mercurio del lado de la máxima redondeando al 0,5°C más cercano.
5. Anote esta lectura como temperatura actual.
6. Lea la parte inferior del indicador del lado de la máxima redondeando al 0,5° C más cercano.
7. Anote esta lectura como la temperatura máxima.
8. Lea la parte inferior del indicador del lado de la mínima redondeando al 0,5° C más cercano. Recuerde que la escala de temperatura está invertida.
9. Anote esta temperatura como la mínima.
10. Utilizar el imán para mover con cuidado los índices de máxima y mínima hasta que éstos justo toquen el mercurio.
11. Cerrar la caseta meteorológica.

Calibración del Sensor del Termómetro Digital de Máx/Mín Para un Día

Guía de Campo

Actividad

Calcular la compensación de corrección del sensor de aire y suelo, necesaria para ajustar los errores de precisión del instrumento.

Qué se Necesita

- Que el termómetro de calibración se haya comprobado siguiendo las instrucciones de la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro*
- *Hoja de Datos de Calibración del Termómetro de Máx/Mín.*

Nota: Si se van a realizar únicamente mediciones de la temperatura del aire, o se está recalibrando únicamente el sensor del aire, sáltese las secciones de esta guía de campo que corresponden al sensor del suelo.

En el Campo

1. Abra la puerta de la caseta meteorológica y coloque el termómetro de calibración, el termómetro digital y el sensor del suelo de manera que el aire corra a su alrededor y que no toquen las paredes de la caseta.
2. Cierre la puerta de la caseta meteorológica.
3. Espere al menos una hora y después abra la puerta de la caseta. Asegúrese de que su termómetro digital está mostrando la temperatura actual (ni el símbolo 'MÁX' ni 'MÍN' deben aparecer en la pantalla. Si están, pulsar el botón *MÁX/MÍN* hasta que desaparezcan).
4. Lea las temperaturas tomadas por el sensor de aire y de suelo del termómetro digital y anótelas en la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín.*
5. Cierre la puerta de la caseta meteorológica.
6. Repita los pasos 2 a 5 cuatro veces más, esperando al menos una hora entre cada una de las lecturas. Trate de espaciar en el día los cinco grupos de lecturas tanto como sea posible.
7. Envíe los datos de calibración al Sitio web de GLOBE.

Instalación del Termómetro

Digital Máx/Mín

Guía de Campo

Actividad

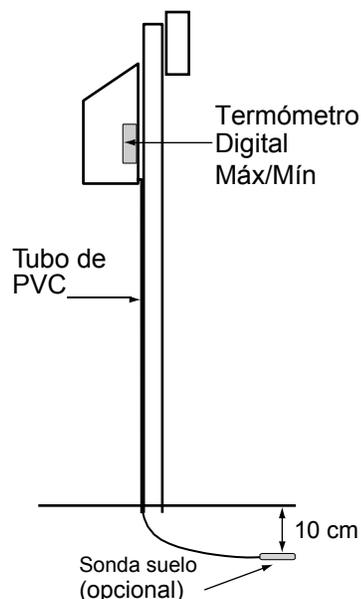
Instalar el termómetro digital en el sitio de estudio de Atmósfera.

Qué se Necesita

- Caseta meteorológica GLOBE
(las especificaciones se dan en la *Lista de Instrumentos GLOBE* de la sección *Juego de Herramientas*)
- Broca de 12 mm (si se hacen mediciones de suelo)
- Cuerda o lazos de alambre
- Tubo de 120 cm x 2,5 cm de PVC (opcional)
- Taladro (si se hacen mediciones de suelo)

En el Campo

1. Colocar la caja protectora del termómetro digital en la pared trasera de la caseta meteorológica. Esta caja debe colocarse de manera que se pueda leer fácilmente la pantalla.
2. Si no se van a realizar mediciones del suelo, guarde el sensor del suelo (en el caso de que el termómetro tenga uno) y su cable con cuidado en una esquina de la caseta donde no moleste y salte los siguientes pasos. Si no, continúe con el paso 3.
3. Si es necesario, haga un agujero de 12 mm, en la parte inferior de la caseta, cerca de la parte trasera. Pasa la sonda del sensor de suelo a través del agujero, dejando tanto cable en el interior de la caseta como sea posible. Puede meter el sensor y el cable en un fino tubo de PVC para proteger el cable.
4. Elija un lugar para colocar la sonda de temperatura del suelo cercano a la parte orientada al sur (la soleada) del poste de la caseta meteorológica. Son preferibles los datos tomados en lugares sin sombra. Los comentarios sobre la definición del sitio deben incluir la cantidad de sombra que la superficie de suelo sobre la sonda experimentará durante un año.
5. Hacer un hoyo de una profundidad de unos 10cm en la ubicación elegida.
6. Empujar la sonda horizontalmente en el lateral del hoyo hasta una profundidad de 10 cm. Utilizar un clavo o un alfiler, de diámetro algo inferior a la sonda, para hacer una abertura para la sonda si es necesario.
7. Rellenar el hoyo con el suelo que se retiró.
8. Con cuidado, proteger todo el cable sobrante del sensor del suelo utilizando una cuerda o lazos de alambre. Guardar tanto cable sobrante como sea posible en la caseta.



Protocolo de Temperatura Digital

Máx/Mín Para un Día

Guía de Campo

Actividad

Medir la temperatura del aire actual, máxima y mínima del termómetro digital de un día.

Medir la temperatura del suelo actual, máxima y mínima del termómetro digital de un día (opcional).

Poner a cero el termómetro digital para comenzar las mediciones de las siguientes 24-horas.

Qué se Necesita

- Una caseta meteorológica correctamente ubicada.
- Una *Hoja de Datos* apropiada.
- Un termómetro digital de un-día de máx/mín correctamente calibrado e instalado
- Lápiz o bolígrafo.
- Un reloj preciso u otro dispositivo que indique la hora.

Nota: Asegúrese de que el termómetro digital esté en Celsius. Si no es así, pulse el botón °C/°F para cambiar de unidad a Celsius.

En el Campo

1. En el intervalo de una hora del mediodía solar local, abrir la caseta meteorológica con cuidado de no respirar sobre el termómetro.
2. Anotar la hora y la fecha en la *Hoja de Datos* tanto la hora local como la hora universal. Nota: en el sitio Web de GLOBE se introducirá la hora universal.
3. Asegúrese de que el termómetro está mostrando la temperatura actual (ni el símbolo 'MAX' ni 'MIN' deben aparecer en la pantalla. Si están, pulse el botón MÁX/MÍN hasta que desaparezcan).
4. Anotar la temperatura actual del aire en la *Hoja de Datos*. Si se están realizando lecturas del suelo, anotar también la temperatura del suelo.
5. Pulsar el botón MÁX/MÍN una vez.
6. Se mostrará la temperatura máxima y el símbolo 'MÁX' en la pantalla.
7. Anotar la temperatura máxima del aire en la *Hoja de Datos*. Si se están realizando lecturas del suelo, anotar también la temperatura máxima del suelo.
8. Pulsar el botón MÁX/MÍN una segunda vez.
9. Se mostrará la temperatura mínima y el símbolo 'MÍN' en la pantalla.
10. Anotar la temperatura mínima del aire en la hoja de datos. Si se están realizando lecturas del suelo, anotar también la temperatura mínima del suelo.
11. Pulsar y mantener pulsado el botón MÁX/MÍN durante un segundo. Esto pondrá a cero el termómetro.
12. Cerrar la caseta meteorológica.

Comprobación del Error del Sensor del Termómetro Digital de Máx /Mín del suelo Para un Día

Guía de Campo

Actividad

Comprobar la precisión del sensor del suelo para ver si necesita o no ser desenterrado y recalibrado.

Qué se Necesita

- Termómetro de sonda del suelo del *Protocolo de Temperatura del Suelo*.
- *Hoja de Datos de Calibración del Termómetro Digital Máx/Mín*

En el Campo

1. Calibrar un termómetro de sonda del suelo siguiendo la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro de Suelo del Protocolo de Temperatura del suelo*.
2. Abrir la puerta de la caseta meteorológica.
3. Elegir un lugar a unos 15 cm de donde se encuentra la sonda de temperatura del suelo.
4. Medir la temperatura del suelo a una profundidad de 10 cm en este lugar siguiendo el *Protocolo de Temperatura del Suelo*.
5. Anotar esta temperatura en la sección ‘Comprobación del error del sensor del suelo’ de la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*.
6. Asegúrese de que el termómetro digital está mostrando la temperatura actual (ni el símbolo ‘MÁX’ ni ‘MÍN’ deben aparecer en la pantalla. Si están, pulsa el botón *MÁX/MÍN* hasta que desaparezcan).
7. Leer la temperatura enviada por el sensor del suelo en el termómetro digital y anótala en la *Hoja de Datos*.
8. Cerrar la puerta de la caseta meteorológica.
9. Repetir los pasos 2 a 8 cuatro veces más, esperando una hora entre las mediciones.
10. Calcular la media de las lecturas del termómetro del suelo.
11. Calcular la media de las lecturas del sensor digital del suelo.
12. Calcular el error del sensor del suelo restando la media de las cinco lecturas del sensor digital del suelo (del paso 10) de la media de las cinco lecturas del sensor del suelo (del paso 11).
13. Si el valor absoluto del error del sensor del suelo es superior o igual a 2°C, entonces desenterrar el sensor y recalibrar tanto el sensor de aire como el de suelo siguiendo la *Calibración del Sensor del Termómetro de Un-día de Máx/Mín*. Si no, dejar el sensor digital del suelo en el suelo y recalibrar únicamente el sensor de aire.

Preguntas Frecuentes

1. Si no se ha tomado la lectura de máxima/mínima de uno o más días (en el fin de semana, vacaciones, etc.), ¿se puede aún enviar la temperatura de hoy?

Se puede y se debe enviar la temperatura actual. No se debe enviar la temperatura máxima y mínima, ya que son las correspondientes a más de un día. Ponga a cero los índices y al día siguiente se podrá enviar la temperatura máxima, mínima y actual.

2. ¿Qué se debe hacer si el termómetro de máximas/mínimas no concuerda con el termómetro de calibración y no se puede ajustar las escalas para que concuerden?

Esto es raro, pero hay algunos termómetros de máximas/mínimas que no se pueden calibrar correctamente. En este caso, contacte con el proveedor o con el fabricante, explíquele que el termómetro no está calibrado y solicite un nuevo termómetro.

3. ¿Qué se debe hacer si hay burbujas de aire en el termómetro?

Para que el termómetro funcione correctamente no debería haber burbujas de aire en la columna de líquido del termómetro, y en el termómetro de máximas/mínimas no debería haber espacios en la columna de mercurio. Hay muchas técnicas para volver a conectar las columnas de líquido en los termómetros. Una técnica es dar golpecitos en la carcasa del soporte del termómetro contra la mano. No presionar sobre el tubo del termómetro, ya que se podría romper. Sacudir o golpear con cuidado la carcasa del termómetro es mucho más eficaz para eliminar los espacios en el mercurio que intentar calentar o enfriar el termómetro.

Otra técnica es sujetar una cuerda en la parte superior del termómetro. Colóquese en un lugar despejado y abierto y haga girar el termómetro en círculos, de manera que la fuerza centrífuga haga que el líquido se una. En el caso del termómetro de máximas/mínimas, que tiene mercurio en su interior, este procedimiento debe realizarlo el profesor y no los alumnos.



Si tras repetidos intentos no se logra reunificar la columna de líquido, compre un nuevo termómetro al fabricante o suministrador.

4. ¿Se pueden realizar las lecturas de temperatura máxima y mínima sin utilizar un termómetro de mercurio?

El funcionamiento del termómetro de herradura de máximas/mínimas sólo se puede lograr utilizando dos líquidos diferentes, uno de los cuales debe ser mercurio. Para realizar estas mediciones sin utilizar un termómetro con mercurio se debe usar un sensor electrónico de temperatura que almacene las temperaturas máxima y mínima o que guarde todas sus lecturas mediante un grabador de datos. Ver los *Protocolos Opcionales* que se dan en la versión online de la Guía del Profesor.

5. La lectura de temperatura máxima de nuestro termómetro hoy es inferior que la lectura de la temperatura actual de ayer. ¿Hay algún error?

Sí, hay un problema cuando la diferencia es superior a 0,5°C. Algunas veces el indicador de máxima se baja. De todas formas, envíe las lecturas de manera que GLOBE pueda registrar estos errores. Si esto ocurre a menudo (más de un día entre 20 ó el 5% del tiempo), compruebe que la caseta meteorológica esté montada firmemente, que está bien sujeta y que no hay fuentes de vibración moviendo la caseta. Si la caseta está montada de manera segura y no hay fuentes de vibración, contacte con el suministrador, reemplace el termómetro de máximas/mínimas e informe a GLOBE del problema.

Si la diferencia es justo de 0,5°C, no es un problema, pero asegúrese de que está leyendo el termómetro situando los ojos a nivel con el mercurio. Diferencias de 0,5°C entre dos observadores son aceptables.

6. La lectura de temperatura mínima de nuestro termómetro hoy es mayor que la lectura de la temperatura actual de ayer. ¿Hay algún error?

Ver la respuesta a la pregunta 5.

Temperatura Máxima, Mínima y Actual del Aire – Interpretando los Datos

¿Son Razonables los Datos?

La temperatura del aire varía a lo largo de un período de 24 horas. En algunos lugares se pueden producir grandes cambios diarios en la temperatura, mientras que en otros esta variación puede ser bastante pequeña. La Figura AT-MM-2 muestra un gráfico de la temperatura del aire en el transcurso de un día con mediciones tomadas cada 15 minutos. En el gráfico se puede ver la temperatura actual (T_{actual}), máxima ($T_{\text{máx}}$) y mínima ($T_{\text{mín}}$) para ese día. Se utilizará el termómetro de herradura para anotar

las temperaturas máxima y mínima de manera que sólo se necesite leer el termómetro una vez cada día, en el intervalo de una hora del mediodía solar local.

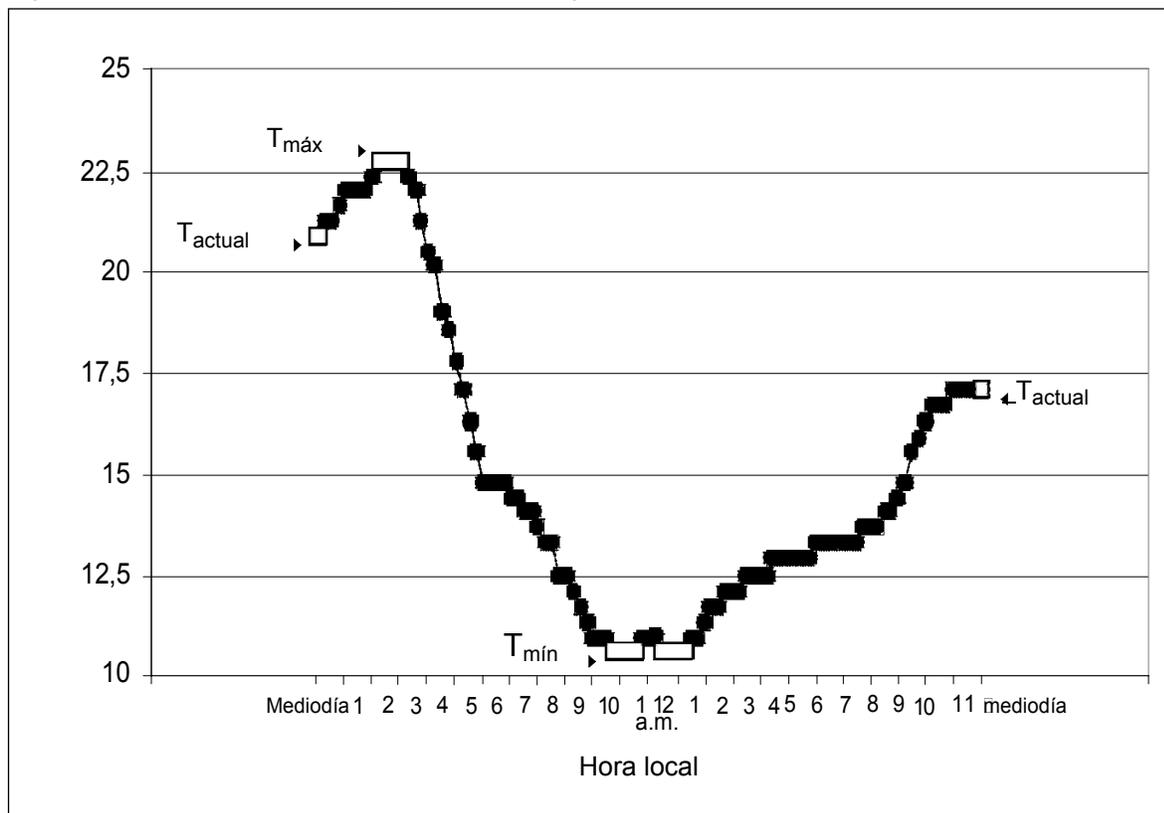
Por definición, la $T_{\text{máx}}$ debería ser la mayor temperatura para este período de tiempo, y la $T_{\text{mín}}$ debería ser la menor.

Por lo tanto,

$$T_{\text{máx}} \geq T_{\text{actual}} \quad \text{y} \quad T_{\text{mín}} \leq T_{\text{actual}}$$

para una T_{actual} tanto al comienzo como al final del período de 24 horas. Si estas desigualdades no se cumplen, entonces algo está mal en la $T_{\text{máx}}$ o $T_{\text{mín}}$ para ese día.

Figura AT-MM-2: Variación de la Temperatura a lo Largo de un Período de 24-horas



Observando un gráfico con estos datos, tal como el de la Figura AT-MM-3, se hace más fácil la comprobación visual.

Otra comprobación para saber si los datos de un único día son razonables es compararlos con los datos de centros GLOBE cercanos u otras fuentes de datos de temperatura. La Figura AT-MM-4 muestra los datos de un único día para 12 centros cercanos. La Tabla AT-MM-1 muestra los datos de temperatura del aire de los centros que se muestran en la figura. Todos los centros parecen tener datos concordantes.

¿Qué se Busca en Estos Datos?

En estudios sobre el clima, los científicos están interesados en la temperatura media a lo largo de varios períodos de tiempo y en valores extremos. La mayoría de los días la temperatura del aire varía con el ciclo de la luz solar, y esta variación es generalmente mayor que el cambio de un día a otro.

En muchos lugares la temperatura del aire varía significativamente según los sistemas meteorológicos se van desplazando a través de una región en una sucesión de frentes fríos y cálidos. La ocurrencia exacta de estos sistemas meteorológicos varía

de un año para otro, de manera que comparar temperaturas del mismo día en diferentes años no es un buen indicador de una variación en el clima. Para poder realmente comparar cambios de año en año, se debe hallar la media de varios sistemas meteorológicos. Un mes es suficientemente largo como para hallar la media de los efectos de las tormentas individuales, pero no tanto como para que se puedan calcular las variaciones medias estacionales.

La temperatura media de un día se puede hallar calculando la media entre la temperatura máxima y mínima de ese día. La investigación ha mostrado que esta estimación está generalmente en un rango de 0,1°C del valor medio real. Para el centro que se está considerando, el 15 de Abril de 1998:

$$T_{\text{máx}} = 10,0^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{\text{mín}} = 2,0^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{\text{media}} = \frac{T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}}{2} = \frac{10,0^{\circ} \text{ C} + 2,0^{\circ} \text{ C}}{2} = 6,0^{\circ} \text{ C}$$

Tmax	Tmin	Tactual	Hora	Lat	Lon	Elev	Localización del Centro
14,0	0,0	12,0	11	50,0477	14,4393	272	Praga 4, CZ
13,0	-1,0	12,0	12	49,7667	16,9167	273	Mohelnice, CZ
12,0	-1,0	8,0	10	50,1328	14,4035	322	Praga 8, CZ
12,0	3,0	12,0	11	50,0630	14,4340	272	Praga 4, CZ
11,2	0,9	11,0	9	50,4387	15,3523	868	Jicin, CZ
11,0	-4,0	10,0	11	48,9737	14,5027	395	Ceske Budejovice, CZ
11,0	2,0	9,0	10	49,9078	16,4218	460	Ceska Trebova, CZ
10,5	-1,2	10,2	11	49,9042	16,4432	350	Ceska Trebova, CZ
10,0	2,0	9,0	11	49,5420	15,3537	518	Humpolec, CZ
10,0	5,0	8,0	12	49,2080	16,6833	265	BRNO, CZ
10,0	0,0	8,0	11	49,5190	16,2600	570	Bystrice Nad Perstejnem, CZ
9,0	-2,0	9,0	11	49,3167	16,3417	485	Deblin, CZ

Figura AT-MM-3: Datos de Temperatura del Aire para un Mes de un Centro GLOBE I

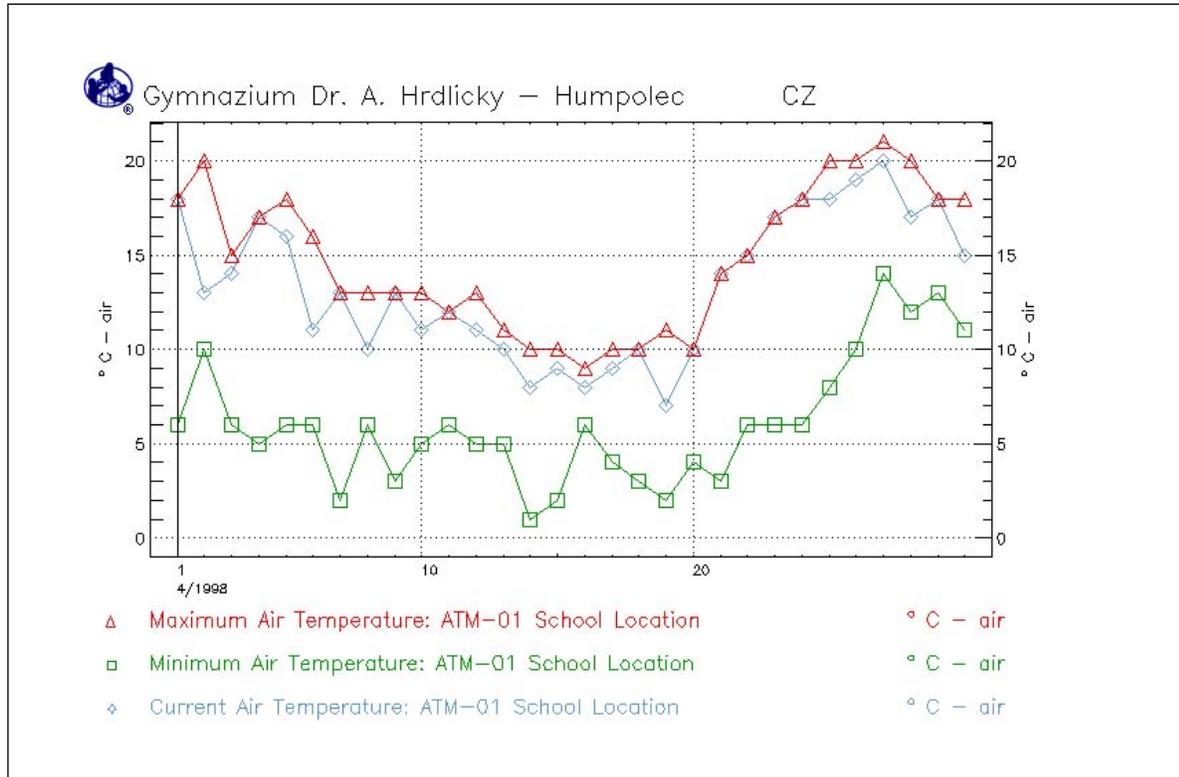
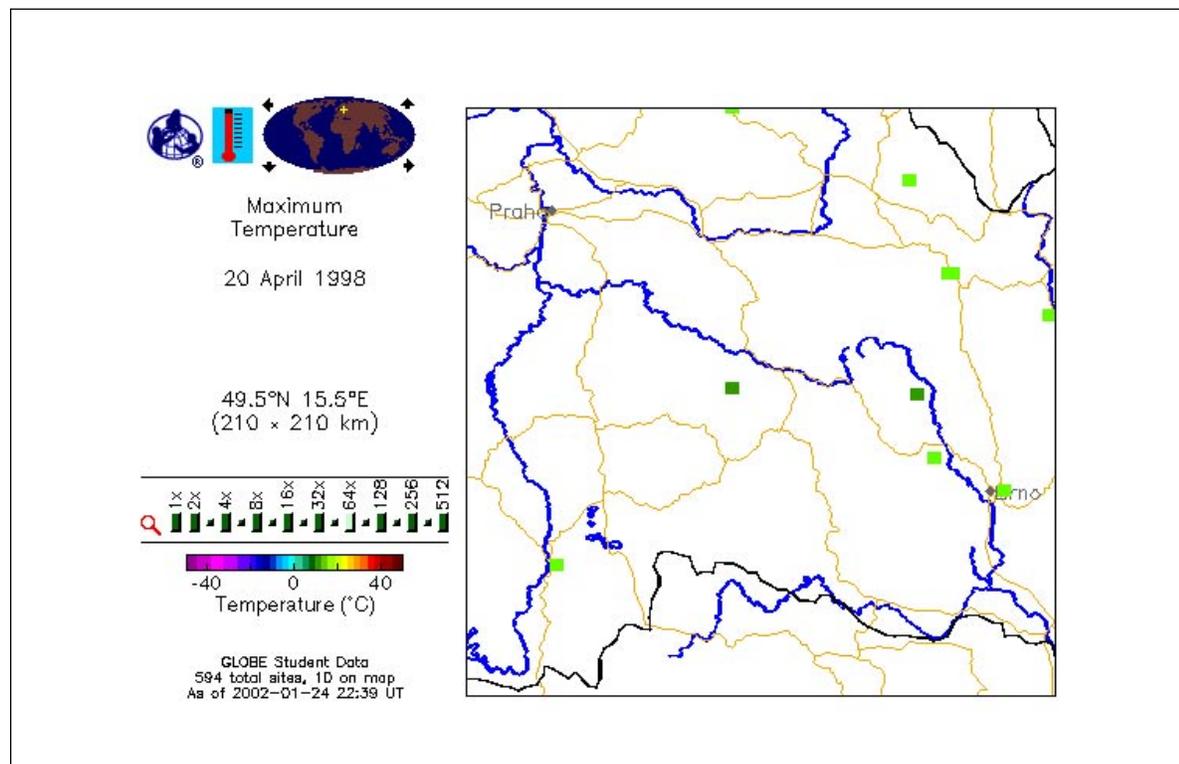


Figura AT-MM-4: Datos de un Centro GLOBE de la Temperatura Máxima de un Único Día



La temperatura media mensual también se puede calcular hallando la media de las temperaturas máxima y mínima de cada día del mes. A partir de los valores de la Tabla AT-MM-2, de Gymnazium Dr. A. Hrdlicky la media mensual de la temperatura del aire para abril 1998 es:

$$T_{\text{media}} \text{ (Abril 1998)} = 10,4^{\circ} \text{ C.}$$

La mayoría de los seres vivos son sensibles a las temperaturas extremas. Esto es particularmente cierto cuando las temperaturas descienden bajo el punto de congelación del agua (0,0°C). Observando la curva de temperatura mínima de la Figura AT-MM-3, es fácil ver que la temperatura para este mes completo nunca disminuyó bajo el punto de congelación. La menor temperatura medida fue 1°C. La temperatura máxima del mes fue 21°C.

Como estudiantes investigadores, se debería considerar comparar temperaturas, temperaturas medias, y temperaturas extremas entre diferentes centros o lugares. Se pueden comparar temperaturas medias mensuales de un año con otro y observar el patrón de las temperaturas medias mensuales a lo largo del año. También es interesante observar los primeros y los últimos días de la estación fría, cuando la temperatura mínima está por debajo del punto de congelación. Otras secciones de esta Guía describen correlaciones útiles entre la temperatura del aire y otros fenómenos.

Al comparar centros, recuerde que la atmósfera es más fría al aumentar la altitud. También que en la mayoría de las grandes ciudades hace más calor que en sus alrededores. A esto se le llama efecto de isla de calor urbano. Praga es una ciudad grande. A partir de los datos de la Tabla AT-MM-1 es evidente que los centros de Praga están a menores altitudes y ubicados en una ciudad, y en este día tienen las temperaturas máximas más elevadas.

Un Ejemplo de Investigación del Alumnado

Formulación de una Hipótesis

Una alumna de un centro escolar de Humpolec, CZ, observa las representaciones de la máxima temperatura durante varios días en abril de 1998. Se da cuenta de que los valores de los centros de Praga son más elevados que los de su centro para varios días. Pregunta si esto podría ser cierto para la media. Como punto de partida simple

Tabla AT-MM-2: Datos de Temperatura de Abril 1998

Fecha (aaaammdd)	Temperaturas		
	Actual	Máxima	Mínima
19980430	15,0	18,0	11,0
19980429	18,0	18,0	13,0
19980428	17,0	20,0	12,0
19980427	20,0	21,0	14,0
19980426	19,0	20,0	10,0
19980425	18,0	20,0	8,0
19980424	18,0	18,0	6,0
19980423	17,0	17,0	6,0
19980422	15,0	15,0	6,0
19980421	14,0	14,0	3,0
19980420	10,0	10,0	4,0
19980419	7,0	11,0	2,0
19980418	10,0	10,0	3,0
19980417	9,0	10,0	4,0
19980416	8,0	9,0	6,0
19980415	9,0	10,0	2,0
19980414	8,0	10,0	1,0
19980413	10,0	11,0	5,0
19980412	11,0	13,0	5,0
19980411	12,0	12,0	6,0
19980410	11,0	13,0	5,0
19980409	13,0	13,0	3,0
19980408	10,0	13,0	6,0
19980407	13,0	13,0	2,0
19980406	11,0	16,0	6,0
19980405	16,0	18,0	6,0
19980404	17,0	17,0	5,0
19980403	14,0	15,0	6,0
19980402	13,0	20,0	10,0
19980401	18,0	18,0	6,0
Total		443,0	182,0

De Gymnasium Dr. A. Hrdlicky

para su investigación, plantea la hipótesis: *Las temperaturas medias mensuales en Praga son más elevadas que en Humpolec.*

Toma de datos

Se han recogido datos de centros GLOBE en Praga de abril de 1998, por lo que decide comprobar su hipótesis tomando este mes como ejemplo. Comienza identificando los centros GLOBE de Praga que han enviado datos durante este período de tiempo. Encuentra cinco centros. Posteriormente hace un gráfico con las temperaturas máxima, mínima y actual de cada centro y observa los gráficos para asegurarse de que los datos son de buena calidad. Decide que

son suficientemente buenos para su proyecto, ya que combinará los datos de los cinco centros.

Análisis de los Datos

Como un primer paso en la obtención de los datos de estos centros, crea un conjunto de los datos de temperatura máxima para abril de 1998 de su centro y los centros de Praga. Después crea una tabla de datos con todos los valores para este gráfico. Guarda su información imprimiendo la tabla, cortando y pegándola en una hoja de datos o copiando a mano la información. Hace lo mismo con las temperaturas mínimas. A continuación calcula la media de las temperaturas máximas y mínimas enviadas por los centros de Praga para ese mes. Obtiene un valor de 12,6°C. Dado que este valor es mayor que el de su centro, de 10,4°C, su hipótesis se confirma.

Se pregunta si hallar la media de todas las temperaturas es correcto, ya que en algunos días todos los centros de Praga enviaron datos pero otros días sólo un centro lo hizo. Decide calcular la media mensual para cada centro individualmente, y hallar la media de estos cinco resultados. Los resultados para los cinco centros son 11,6°C, 12,1°C, 12,5°C, 13,0°C, y 14,4°C y la media de estos valores es 12,7°C, lo que concuerda con la media inicial que calculó para Praga de 12,6°C.

Entonces procede a redactar su hipótesis, su procedimiento y sus conclusiones, e incluye los cálculos que ha realizado y los gráficos que ha usado o hecho. Como nota final, habla sobre comprobaciones adicionales de su hipótesis que le gustaría investigar en el futuro, incluyendo hacer una comparación con el mes de abril de otro año o incluso haciendo una comparación entre todos los meses del año 1998.

Análisis Posterior de los Datos

Si el alumno/a que realiza este proyecto sabe hacer raíces cuadradas y algo de estadística, podría ir un poco más allá y comprobar los errores estadísticos de sus cálculos para las temperaturas medias mensuales. Todos los centros implicados en esta muestra enviaron datos de temperatura redondeados al grado más cercano, en lugar de al 0,5°C más próximo. ¿Cómo lo podría haber sabido? Bien, porque se da cuenta de que todos los valores enviados tienen 0 en los decimales.

Si las lecturas se tomaran redondeando al medio grado más próximo, habría algunos valores con 5 como decimal. Así, dada la precisión de los instrumentos GLOBE y las lecturas de los alumnos, el error en las mediciones individuales es de $\pm 1,0^\circ\text{C}$. El error de la media depende del número de mediciones independientes incluidas, por lo que para cada centro el error estadístico en la media es:

Si N = número de mediciones

$$\text{Error} = \pm 1^\circ \text{C} * \frac{\sqrt{N}}{N}$$

$$\text{Error} = \pm 1^\circ \text{C} * \frac{1}{\sqrt{N}}$$

Para los centros con datos de 22 o menos días (y, por tanto, $2 \times 22 = 44$ o menos mediciones), el error es aproximadamente $\pm 0,2^\circ\text{C}$, mientras que para centros con más mediciones el error es $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Dados estos errores estadísticos, se concluye que las diferencias entre las medias mensuales de los centros son mayores que los errores y, por ello, estadísticamente significativas. Esto es cierto incluso entre los centros de Praga. Esto refuerza la certeza de que la hipótesis ha sido confirmada por los datos porque la media mensual de la temperatura en Humpolec en abril de 1998 es inferior que la de cualquiera de los centros de Praga, así como menor que la media de todos los datos de Praga.

Análisis Avanzado de los Datos

Un alumno/a más avanzado no calcularía el error a partir de todas las mediciones de los cinco centros porque estos datos no son independientes entre sí. Para cualquier día de Praga, los datos de los cinco centros deberían estar correlacionados, porque están experimentando aproximadamente el mismo tiempo. Siendo consciente de esto, un alumno avanzado decide hacer dos comprobaciones más sobre su conclusión.

En primer lugar, decide calcular la temperatura media para cada día de abril en Praga. Para ello, suma la temperatura máxima y mínima de todos los centros que tienen datos para cada día y divide el resultado por el número de mediciones enviadas. Los valores obtenidos de esto se muestran en la columna de la derecha de la Tabla AT-MM-3. Este proceso le proporciona la temperatura media para los 28 días de abril, y a continuación con estos datos procedió a calcular la temperatura media mensual

Tabla AT-MM-3: Datos de Temperatura Máxima y Mínima para Cinco Centros de Praga en Abril de 1998

Centro escolar: Fecha	Zakladni Skola, n.Inter.		Masarykova stredni skola chemicka		Zakladni Skola		Zakladni Skola Horackova		Gymnazium		Daily
	T _{máx} °C	T _{mín} °C	T _{máx} °C	T _{mín} °C	T _{máx} °C	T _{mín} °C	T _{máx} °C	T _{mín} °C	T _{máx} °C	T _{mín} °C	T _{media} °C
4/1/1998	21	5	22	8	20	12	—	—	—	—	14,7
4/2/1998	17	12	20	11	19	9	—	—	—	—	14,7
4/3/1998	17	9	20	10	18	9	—	—	—	—	13,8
4/4/1998	19	11	—	—	18	7	—	—	—	—	13,8
4/5/1998	14	5	—	—	15	8	—	—	—	—	10,5
4/6/1998	14	4	—	—	18	8	—	—	—	—	11,0
4/7/1998	15	3	18	8	19	8	—	—	26	5	12,8
4/8/1998	14	4	—	—	17	9	—	—	—	—	11,0
4/9/1998	16	-1	—	—	16	8	—	—	—	—	9,8
4/10/1998	14	2	—	—	10	8	—	—	—	—	8,5
4/11/1998	14	2	—	—	14	7	—	—	—	—	9,3
4/12/1998	14	2	—	—	15	1	—	—	—	—	8,0
4/13/1998	—	—	—	—	15	4	—	—	—	—	9,5
4/14/1998	—	—	—	—	15	-8	—	—	—	—	3,5
4/15/1998	—	—	—	—	12	-1	14	0	12	3	6,7
4/16/1998	—	—	15	4	13	5	14	3	14	5	9,1
4/17/1998	—	—	15	5	17	7	13	1	14	2	9,3
4/18/1998	—	—	—	—	—	—	15	4	—	—	9,5
4/19/1998	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4/20/1998	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,1
4/21/1998	17	8	21	5	—	—	16	4	16	2	10,4
4/22/1998	16	4	16	6	—	—	16	5	17	3	12,5
4/23/1998	17	4	21	9	—	—	20	5	21	3	14,5
4/24/1998	18	8	23	9	—	—	—	—	25	4	13,5
4/25/1998	20	7	—	—	19	8	—	—	—	—	17,3
4/26/1998	24	10	—	—	24	11	—	—	—	—	17,8
4/27/1998	24	10	—	—	25	12	—	—	26	10	18,1
4/28/1998	24	10	24	12	25	13	23	12	25	13	17,1
4/29/1998	25	9	22	15	20	13	22	12	21	12	16,2
4/30/1998	22	8	22	13	23	10	20	12	23	9	
Total	396	136	259	115	407	168	173	58	240	71	333,7
Número de días	22	22	13	13	23	23	10	10	12	12	28
Media Máx o Mín	18,0	6,2	19,9	8,8	17,7	7,3	17,3	5,8	20,0	5,9	
T _{media} °C mensual	12,1		14,4		12,5		11,6		13,0		11,9
Error estadístico (°C)	0,2		0,3		0,2		0,3		0,3		0,2

para Praga. El resultado es 11,9°C con un error estadístico de $\pm 0,1^\circ\text{C}$, este valor es significativamente menor que los otros resultados. Sin embargo, esta media mensual es aún significativamente superior que la de Humpolec, por lo que la hipótesis aún se confirma.

En segundo lugar, se da cuenta de que durante dos días, 19 y 20 de abril no hay datos de ningún centro de Praga. ¿Fueron estos días anormalmente fríos o cálidos, lo que podría haber influido sobre la media mensual? Por lo general, Humpolec está suficientemente cerca de Praga como para que experimenten períodos de tiempo frío o cálido similares según los sistemas meteorológicos se mueven a través de la República Checa. Observó los datos de su centro para estos dos días para comprobar si fueron días inusuales en relación con la media mensual para abril. Las temperaturas medias de estos dos días fueron 7,0°C y 6,5°C, respectivamente. Ambas fueron significativamente más frías que la media mensual. Los datos que faltan de estos dos días podrían haber influido en la media mensual de Praga, pero ¿en qué medida? Para calcular esto, se decide calcular la media mensual para Humpolec omitiendo estos dos días. La media mensual que se obtendría si no se tuvieran datos de estos dos días es 10,7°C, 0,3°C superior a la media calculada. Esto es significativo, pero no suficientemente grande como para cambiar la conclusión de que la temperatura media mensual de Praga es superior que la de Humpolec para el mes de abril de 1998.

Explicar y Compartir los Resultados

Saber que las temperaturas medias en Praga son superiores que en Humpolec no explica por qué sucede esto. Perseguir esta respuesta supone un reto mayor, pero podría ser más gratificante. Dos efectos comunes que podrían explicar las diferencias de temperatura sistemáticas observadas son los efectos de la isla de calor urbana y las diferencias de altitud. Un alumno/a podría formular la hipótesis de que las condiciones más cálidas de Praga en comparación con Humpolec se deben a la diferencia de altitud. Para comprobar esta hipótesis, se necesitaría recopilar datos de centros escolares de la República Checa a diferentes altitudes. Por ejemplo, Mohelnice y Jicin son pequeñas poblaciones. Estando Mohelnice aproximadamente a la misma altitud que Praga y Jicin a una altitud 350 metros superior que Humpolec. Ver la Tabla AT-MM-2. Si las temperaturas medias en Mohelnice son similares a las de Praga, y las variaciones de las temperaturas medias entre Mohelnice, Humpolec, y Jicin son proporcionales a la altitud, la hipótesis se vería corroborada. Las diferencias en latitud también influyen sobre la temperatura media. Con un incremento de 2° a 2,5° de latitud equivalente aproximadamente a un aumento de 150 metros en altitud, los efectos de la latitud deberían ser significativamente inferiores que los efectos de la altitud en estas ciudades. Responder cuestiones como esta es más fácil donde hay muchos centros GLOBE enviando datos de manera sistemática.

Temperatura Actual



Objetivo General

Medir la temperatura actual del aire cuando no se dispone de caseta meteorológica.

Visión General

La temperatura actual del aire se mide mediante un termómetro colocado al aire libre, pero a la sombra, durante al menos 3 minutos.

Objetivos Didácticos

Conceptos Científicos

Ciencia de la Atmósfera

El tiempo se puede describir mediante mediciones cuantitativas.

El tiempo cambia a lo largo de diferentes escalas de tiempo y espacio.

El tiempo cambia a lo largo de las estaciones.

Ciencias Físicas

Las propiedades se pueden medir mediante herramientas.

Geografía

Las variaciones en la temperatura influyen sobre las características del sistema geográfico y físico de la Tierra.

Habilidades de Investigación Científica

Utilizar un termómetro para medir la temperatura.

Tiempo

5 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

La necesaria como apoyo a otras mediciones GLOBE.

Calibración cada tres meses

Materiales y Herramientas

Un termómetro con alcohol en su interior (termómetro de calibración o psicrómetro giratorio).

Un reloj

Cinta elástica o trozo de cuerda (si se utiliza termómetro de calibración)

Hojas de Datos

Preparación

Encontrar un lugar a la sombra para las mediciones de temperatura del aire.

Requisitos Previos

Ninguno

Apoyo al Profesorado

Este método se debe usar únicamente cuando no se disponga de una caseta meteorológica y la temperatura actual sea necesaria como apoyo a otra medición GLOBE. Recuerde elegir un lugar apropiado para las mediciones (es decir, si se realizan otras mediciones de atmósfera debería ser un sitio de estudio de Atmósfera, si se realizan mediciones de la temperatura del suelo, un sitio de estudio de la temperatura del suelo, etc.).

Calibración y Control de Calidad

La realización de esta medición lleva sólo unos pocos minutos. La principal preocupación es dejar suficiente tiempo para que el termómetro se equilibre con la temperatura del aire, quizá tres o

cinco minutos. Además, el lugar a la sombra que se elija no debe estar cerca de un edificio u otra gran estructura, como un árbol. Intente que haya una distancia de al menos 4 metros desde cualquier otro objeto, y realice la medición sobre una superficie natural, tal como vegetación, mejor que sobre lugares asfaltados o de cemento.

El termómetro de líquido orgánico se debe calibrar al menos cada tres meses, así como antes de usarlo por primera vez. Calibrelo según las instrucciones del *Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima y Actual*. Los termómetros del psicrómetro giratorio también deben calibrarse al menos una vez cada tres meses y antes de su primer uso siguiendo las instrucciones del *Protocolo de Humedad Relativa*.

Protocolo de Temperatura Actual del Aire

Guía de Campo

Actividad

Medir la temperatura actual del aire como apoyo a otras mediciones GLOBE.

Qué se Necesita

- Cuerda y cinta elástica y termómetro de calibración o psicrómetro giratorio
- Reloj
- Lápiz o bolígrafo
- *Hoja de datos*

En el campo

1. Atar un extremo de un trocito de cuerda de manera segura al extremo del termómetro de calibración y el otro extremo a la cinta elástica.
2. Sujetar la cinta elástica alrededor de tu muñeca de manera que no se rompa el termómetro si se cae accidentalmente al suelo.
O
Utilizar el bulbo seco del termómetro del psicrómetro giratorio.
3. Sujetar el termómetro a altura del pecho, en la sombra y lejos de su cuerpo durante tres minutos.
4. Tras los tres minutos, anotar la lectura de temperatura en el cuaderno de ciencias.
5. Sujetar el termómetro de la misma manera durante otro minuto.
6. Después de este minuto, anotar la temperatura de nuevo. Si la temperatura está alrededor de $0,5^{\circ}\text{C}$ de la lectura anterior, anotar la lectura en la *Hoja de Datos*.
7. Si las dos lecturas difieren más de $0,5^{\circ}\text{C}$, repetir los pasos 5 y 6.
8. Si las dos lecturas de temperatura consecutivas difieren más de $0,5^{\circ}\text{C}$ una de otra después de 7 minutos, anotar la última medición en la *Hoja de Datos* y enviar los datos de las otras cuatro mediciones en la sección de comentarios junto con una nota de que la lectura no era estable tras 7 minutos.

Protocolo de Temperatura Digital Multi-Día Máx/Mín/y Actual del Aire y del Suelo



Objetivo General

Realizar mediciones diarias de la temperatura máxima, mínima y actual del aire y del suelo en el mismo sitio.

Visión General

Se coloca una sonda de temperatura dentro de la caseta meteorológica, mientras que la otra se coloca a 10 cm de profundidad en el suelo. Se utiliza un termómetro digital para medir temperaturas actuales así como temperaturas máximas y mínimas diarias. Las temperaturas mínimas y máximas diarias las almacena el instrumento durante un período de seis días, y es necesario leerlas y registrarlas en este período de tiempo.

Objetivos Didácticos

Aprender la relación entre temperatura del aire y del suelo a lo largo del tiempo, y aprender a usar el termómetro digital.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El tiempo se puede describir mediante medidas cuantitativas.

El tiempo cambia de un día para otro y de una estación a otra.

El tiempo varía a escala local, regional y global.

Geografía

La variabilidad de la temperatura de un lugar influye en las características del sistema físico y geográfico de la Tierra.

Enriquecimiento

La temperatura del suelo varía con la temperatura del aire.

La temperatura del suelo varía menos que la temperatura del aire.

Habilidades de Investigación Científica

Utilizar un termómetro digital máx/mín.

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones a partir de la experiencia.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

10 minutos por grupo de mediciones.

Nivel

Todos los niveles

Frecuencia

Al menos una vez cada seis días

Materiales y Herramientas

Termómetro digital multi-día máx/mín.

Caseta meteorológica en un poste.

Herramientas para excavación

Termómetro de calibración

Termómetro de sonda del suelo.

Preparación

Montar la caseta meteorológica.

Calibrar e instalar el termómetro digital máx/mín.

Poner a cero el termómetro digital máx/mín.

Repasar el *Protocolo de Temperatura del Suelo*.

Requisitos Previos

Ninguno

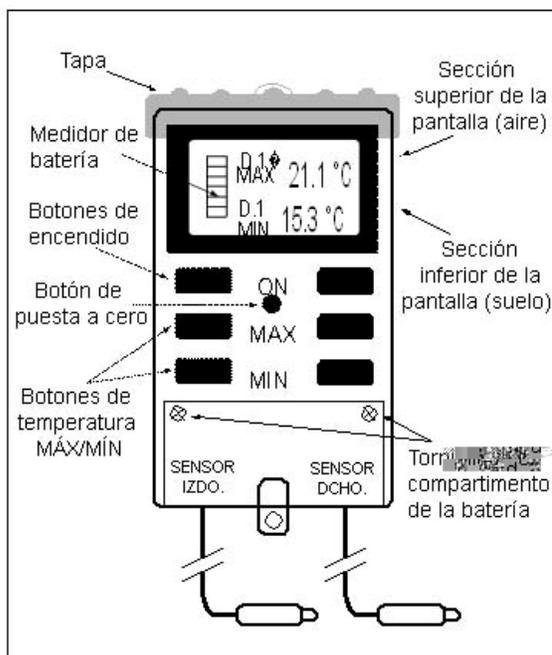
Termómetro Digital Multi-Día Máx/Mín

Introducción

El termómetro digital multi-día máx/mín es un aparato electrónico que se utiliza para medir la temperatura actual y registrar las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas durante múltiples períodos de 24 horas. Tiene dos sondas de temperatura idénticas. Una se utiliza para medir la temperatura del aire y la otra para medir la temperatura del suelo.

El aparato registra y almacena las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas durante seis períodos sucesivos de 24 horas. La hora de inicio y finalización de estos períodos corresponden a la hora del día a la que el instrumento se puso inicialmente a cero (la hora de puesta a cero). El aparato se pone a cero cuando se monta por primera vez y de nuevo cada vez que se cambia la pila. Para su uso en GLOBE, la hora de puesta a cero debe ser lo más cercana posible al mediodía solar local, haciendo que cada período de 24 horas abarque desde el mediodía solar local hasta el mediodía solar local del día siguiente. El termómetro muestra la temperatura

Figura AT-MU-1: Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín



máxima y mínima para el día actual, así como las de los cinco días anteriores siempre que se lea a una hora anterior a la hora a la que el termómetro fue inicialmente puesto a cero (*hora de puesta a cero*). Si el termómetro se lee después de la *hora de puesta a cero*, mostrará la temperatura máxima y mínima de los seis días anteriores.

El termómetro digital multi-día puede medir temperaturas de hasta -20°C cuando utiliza pilas alcalinas estándares tipo AA. Si se utilizan pilas de litio, puede medir temperaturas inferiores. También, a bajas temperaturas la pantalla digital puede estar demasiado tenue para poderse leer, aunque el aparato está aún registrando temperaturas.

Sondas de Temperatura

El termómetro digital multi-día máx/mín tiene dos sondas sensor. Generalmente, una sonda se utiliza para medir la temperatura del aire, mientras la otra se utiliza para medir la temperatura del suelo. Para ganar en seguridad, las sondas se deben colocar de la siguiente manera:

Sensor izquierdo – temperatura del aire,

Sensor derecho – a 10 cm de profundidad en el suelo.

Las áreas de la pantalla para los dos sensores aparecen indicadas en la parte derecha de la pantalla digital del aparato. La parte superior (que es para el sensor izquierdo) aparece indicada como 'LF', mientras que la parte inferior (que es para el sensor derecho) aparece como 'RT'.

Consejo: Para evitar confusiones, marque estas áreas de la pantalla como 'aire' y 'suelo' respectivamente. Esto se puede hacer escribiendo sobre un trocito de cinta pegado en la parte izquierda de la pantalla.

Mantenimiento del Aparato

La caseta meteorológica se debe mantener limpia por dentro y por fuera. Se debe quitar el polvo, la suciedad y las telas de araña del interior de la caseta con un paño limpio y seco. La parte exterior de la caseta se puede lavar con cuidado para quitar la suciedad, pero se debe tratar de que no entre agua en el interior de la caseta. Si la parte exterior se ensucia demasiado, se debe volver a pintar de blanco.

Cuando queda poca pila en el termómetro se encenderá un indicador de poca batería. Este símbolo está en la parte izquierda de la pantalla y tiene la forma de una pila tipo AA. Cuando se enciende este indicador se debe cambiar la pila. Para ello, siga la *Guía de Campo Cambio de Pila del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín.*

Apoyo al Profesorado

Las instrucciones que se dan en este protocolo son específicas para una marca de termómetro digital. Se pueden adaptar a otros equipos que tengan las mismas características. Si tiene dudas o necesita ayuda para adaptar estas instrucciones a otros instrumentos, contacte con el equipo de ayuda de GLOBE. Los elementos esenciales de este protocolo, que deben mantenerse independientemente del modelo del aparato, son la colocación de las sondas de temperatura y la precisión y exactitud de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de los sensores de temperatura.

En el *Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima y Actual de Un-día* se dan instrucciones para utilizar otros tipos de termómetros de máx/mín. Los termómetros que se utilizan en este protocolo no almacenan los datos, por lo que se deben leer y poner a cero cada día.

Si la caseta meteorológica está en un lugar en el que resulta difícil medir la temperatura del suelo, o si sólo interesa realizar mediciones de la temperatura del aire, es posible realizar sólo las mediciones de aire. Para ello, salta las partes de la guía de campo que pertenecen al sensor del suelo.

Logística de las Mediciones

1. Revisar los antecedentes de los capítulos de *Atmósfera y Suelo*.
2. Comprobar el termómetro de calibración siguiendo la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro*.
3. Calcular los errores de corrección del sensor siguiendo la *Guía de Campo de Calibración del Sensor del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*.
4. Instalar el termómetro digital multi-día máx/mín siguiendo la *Guía de Campo de Instalación del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*.
5. Establecer la hora de *puesta a cero* poniendo a cero el termómetro en el intervalo de una hora del mediodía solar local siguiendo la *Guía de Campo de Puesta a Cero del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*.
6. Registrar la temperatura actual, máxima y mínima siguiendo la *Guía de Campo del*

Protocolo de Temperatura Digital Multi-día
al menos una vez cada seis días.

7. Anotar las temperaturas actuales siguiendo la *Guía de campo del Protocolo del Termómetro de Temperatura Digital Multi-día Actual* según se desee.
8. Cada seis meses, o cuando se cambie la pila, comprobar la precisión de la sonda del suelo siguiendo la *Guía de Campo de Comprobación del Error del Sensor del Termómetro Digital Multi-día de Máx/Mín.* Si la magnitud del error del sensor del suelo calculado es de dos grados Celsius o más, se debe desenterrar el sensor del suelo y recalibrar tanto el sensor de suelo como el de aire siguiendo la *Guía de Campo de Calibración del Sensor del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín.* Si la magnitud del error calculado es inferior a dos grados Celsius, dejar el sensor del suelo enterrado y recalibrar únicamente el sensor de aire.
9. Implice al alumnado en la observación de los datos.

Calibración

El termómetro digital se debe calibrar antes de usarlo por primera vez. Cada seis meses después de la instalación, y siempre que se cambien las pilas, el sensor del aire deberá ser recalibrado y las lecturas del sensor del suelo deberán ser comprobadas para ver si es necesario desenterrar el sensor del suelo para recalibrarlo. Estas calibraciones y comprobaciones se realizan comparando las temperaturas tomadas por las dos sondas con las lecturas de un termómetro de calibración y el termómetro de sonda de suelo. Ver el *Protocolo de Temperatura del Suelo.*

Consejos Útiles

El objetivo de las calibraciones es obtener la corrección del error del sensor del aire y del suelo que corresponde a las diferencias entre las temperaturas medidas y las temperaturas reales. Cuando se envían los datos de calibración a la base de datos GLOBE, la base de datos automáticamente calcula los valores y se los envía. Después de haber completado la calibración y comenzar a enviar los datos de temperatura a GLOBE, la base de datos calculará automáticamente los errores de corrección según se introducen las mediciones en la base de datos. De esta manera, todos los datos de la base de datos GLOBE quedan eficazmente calibrados. Sin embargo, se deben tener en cuenta los errores de corrección cuando se analizan datos que no han sido obtenidos de la base de datos GLOBE (incluyendo los datos que usted ha tomado). **NO APLIQUE LAS CORRECCIONES A LOS DATOS ENVIADOS A GLOBE.**

Hay un indicador de batería baja en la parte izquierda de la pantalla. Tiene la forma de una pila dividida en porciones (ver la figura del termómetro) Cuando se enciende este indicador, se debe cambiar la pila siguiendo la *Guía de Campo de Cambio de la Pila del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín.*

Preguntas para Investigaciones Posteriores

- ¿En que estación es mayor el rango de temperaturas? ¿Por qué?
- ¿Cómo se relacionan el rango de temperatura del suelo y el de temperatura del aire?
- ¿Cuáles son las latitudes y altitudes de otros centros GLOBE con temperaturas de atmósfera y suelo similares a las suyas ?
- ¿Qué temperaturas del suelo indican el paso a una nueva estación en su región, como se evidencia esto con las plantas anuales, las malas hierbas, la germinación o la aparición de brotes?
- ¿Su ambiente local se ve más influido por las temperaturas medias o por las temperaturas extremas?
- ¿Cómo influye la textura del suelo en la temperatura?

Calibración del Termómetro

Guía de Laboratorio

Actividad

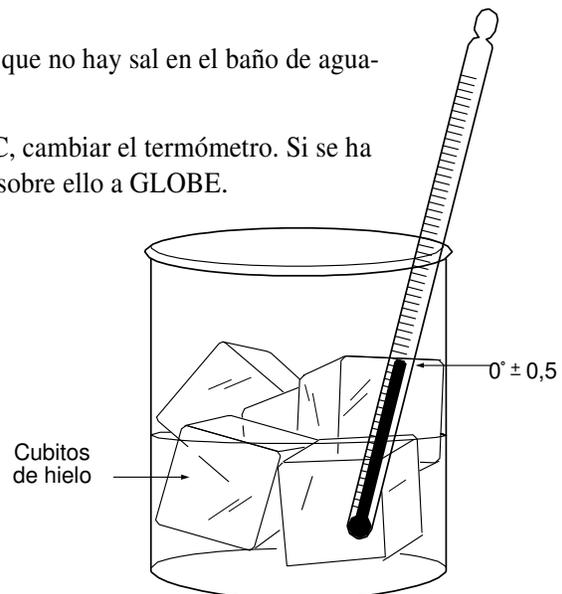
Comprobar la calibración del termómetro de calibración.

Qué se Necesita

- Termómetro de calibración
- Hielo picado
- Un recipiente limpio de al menos 250ml.
- Agua (lo ideal es que sea destilada, pero lo importante es que no sea salada).

En el Laboratorio

1. Preparar una mezcla de agua del grifo (caño) y hielo, con más hielo que agua en el recipiente.
2. Poner el termómetro de calibración en el baño de agua-hielo. El bulbo del termómetro tiene que estar dentro del agua.
3. Dejar el termómetro en el baño de agua-hielo durante 10 a 15 minutos.
4. Mover con cuidado el termómetro alrededor del baño de agua-hielo de forma que esté perfectamente enfriado.
5. Leer el termómetro. Si marca entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ y $+0,5^{\circ}\text{C}$, el termómetro está bien.
6. Si el termómetro marca más de $+0,5^{\circ}\text{C}$, comprobar que hay más hielo que agua en el baño de agua-hielo.
7. Si el termómetro marca menos de $-0,5^{\circ}\text{C}$, comprobar que no hay sal en el baño de agua-hielo.
8. Si el termómetro aún no marca entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ y $+0,5^{\circ}\text{C}$, cambiar el termómetro. Si se ha utilizado este termómetro para mediciones, informa sobre ello a GLOBE.



Calibración del Sensor del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín

Guía de Campo

Actividad

Calcular los errores de corrección del sensor de aire y de suelo, necesarios para ajustar los errores de precisión del aparato.

Qué se Necesita

- Termómetro de calibración que haya sido calibrado siguiendo la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro*
- *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*

Nota: Si se va a recalibrar únicamente el sensor del aire, salte los puntos de esta guía de campo que corresponden al sensor del suelo.

En el Campo

1. Abrir la puerta de la caseta meteorológica y colocar el termómetro de calibración y las dos sondas, de aire y de suelo, en la caseta meteorológica, de manera que el aire corra a su alrededor y que no contacte los laterales de la caseta meteorológica. Cerrar la puerta de la caseta meteorológica.
2. Esperar al menos una hora y después abrir la puerta de la caseta meteorológica. Encender el indicador de temperatura de aire del termómetro digital multi-día máx/mín pulsando el botón de encendido del sensor del aire (en la parte superior izquierda de la sección de botones).
3. Leer la temperatura del termómetro de calibración y anotarla redondeando al 0,5°C más cercano en la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*.
4. Encender el indicador de temperatura del suelo del termómetro digital multi-día máx/mín pulsando el botón de encendido del sensor del suelo (en la parte superior derecha de la sección de botones).
5. Leer las temperaturas enviadas por el sensor del aire y el del suelo del termómetro digital y anotarlas en la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*.
6. Cerrar la tapa del termómetro digital y la puerta de la caseta meteorológica.
7. Repetir los pasos 2 a 6 cuatro veces más, esperando al menos una hora entre cada conjunto de lecturas. Intentar espaciar los cinco grupos de lecturas tanto como sea posible a lo largo del día.
8. Enviar los datos de calibración a GLOBE.

Instalación del Termómetro Digital Multi-Día Máx/Mín

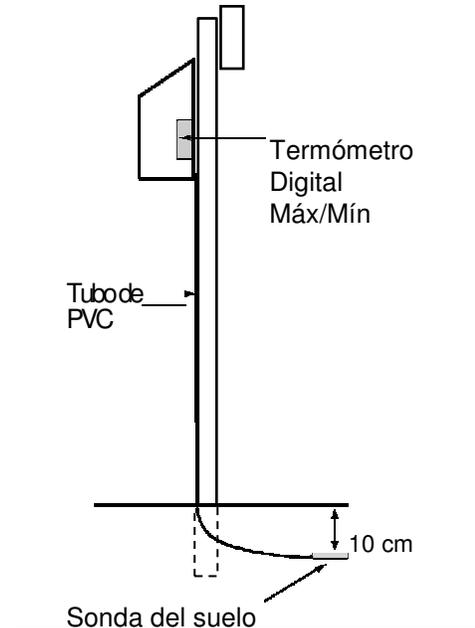
Guía de Campo

Actividad

Instalar el termómetro digital en el sitio de estudio de atmósfera.

Qué se Necesita

- Taladro con broca de 12 mm (si se hacen mediciones de suelo)
- Herramientas de excavación (si se hacen mediciones de suelo)
- Cuerdas o cables
- Caseta meteorológica GLOBE (los requisitos se dan en la *Lista de Instrumentos GLOBE* de la sección *Juego de Herramientas*)
- Tubo de PVC de 120cm x 2.5cm (opcional)



En el Campo

1. Monte la caja protectora del termómetro digital en la pared trasera de la caseta meteorológica. La caja protectora se debe colocar de manera que la pantalla digital se pueda leer con facilidad.
2. Coloque la sonda llamada *Sensor Izquierdo* de manera que ninguna parte de ella toque las paredes y que haya flujo de aire alrededor suyo. Esto se puede lograr fácilmente colgando el cable enrollado para este sensor desde lo alto de la estación meteorológica, con la sonda misma colgando hacia abajo.
3. Si no se van a realizar mediciones de suelo, guarde el sensor derecho y su cable convenientemente en una esquina de la estación meteorológica, donde no moleste, y sáltese los siguientes pasos.
4. Si es necesario, haga un taladro con una broca de 12mm en la parte inferior de la caseta meteorológica, cerca de la parte trasera. Introduzca la sonda del sensor derecho por el agujero dejando tanto cable como sea posible en el interior de la caseta. Se puede introducir el sensor y el cable en un tubo de PVC que servirá para proteger el cable.
5. Elija un lugar para colocar la sonda de temperatura del suelo cerca del poste en la parte de solana (parte soleada) de la caseta meteorológica. Son preferibles los datos del suelo recogidos en lugares sin sombras. Los comentarios de la definición del sitio deben incluir la cantidad de sombra que la superficie del suelo sobre la sonda experimentará a lo largo de un año.
6. Haga un hoyo de una profundidad de unos 10cm en la ubicación elegida.
7. Empuje la sonda horizontalmente en la parte lateral del hoyo hasta una profundidad de 10 cm. Utilice un clavo o un alfiler, de diámetro algo inferior a la sonda, para hacer una entrada para la sonda, si es necesario.
8. Rellene el hoyo con el suelo que se retiró.
9. Con cuidado proteja todo el cable sobrante del sensor del suelo utilizando una cuerda o lazos de alambre. Guarde tanto cable sobrante como sea posible en la caseta.

Puesta a Cero del Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min

Guía de Campo

Actividad

Poner a cero el termómetro digital multi-día para establecer la *hora de puesta a cero*, que sirve como hora de comienzo y finalización de los intervalos de 24 horas en los que el instrumento registra las temperaturas máximas y mínimas.

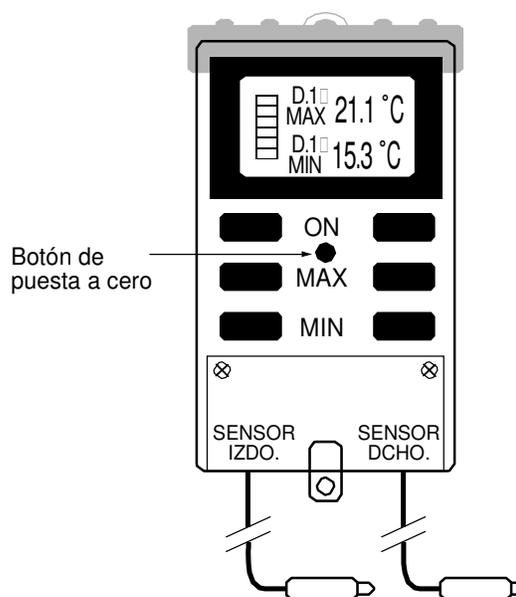
Nota: El termómetro deber ser puesto a cero únicamente cuando se configura por primera vez, cuando se cambian las pilas o si la *hora de puesta a cero* supera en más de una hora la hora de mediodía solar local.

Qué se Necesita

- Bolígrafo o uña.
- Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín.
- Un reloj preciso u otro dispositivo que marque la hora.

En el Campo

1. Determinar una *hora de puesta a cero* apropiada que corresponda a la hora media del mediodía solar local de su zona. Es importante que la *hora de puesta a cero* esté dentro del intervalo de una hora del mediodía solar local de cada día en el que se realizarán las mediciones. Si resulta que este no es el caso, se deberá elegir una nueva *hora de puesta a cero* para poner a cero el aparato.
2. Ir a la caseta meteorológica un poco antes de la hora de puesta a cero deseada, abrir la caseta meteorológica y la tapa del termómetro digital máx/mín.
3. Lo más cerca posible de la hora de puesta a cero deseada, utilizar una uña o la punta de un bolígrafo para presionar y dejar de presionar el botón de puesta a cero, ubicado donde se muestra arriba.
4. La pantalla digital de visualización se iluminará brevemente y después comenzará a leer la temperatura actual. El aparato se ha puesto a cero. Anotar la hora exacta en la sección *Hora de Puesta a Cero* de la Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín. Esta es tu *hora de puesta a cero*.
5. Enviar la *hora de puesta a cero* y la fecha a GLOBE, tanto en hora local como en UT.



Protocolo de Temperatura Digital

Multi-Día Máxima y Mínima

Guía de Campo

Actividad

Medir las temperaturas diarias máximas y mínimas del aire de los seis últimos días.

Medir las temperaturas diarias máximas y mínimas del suelo de los seis últimos días.

Qué se Necesita

- Una caseta meteorológica correctamente ubicada.
- Bolígrafo o lápiz
- Un termómetro digital multidía máx/mín
- Un reloj preciso u otro dispositivo que muestre la hora correctamente calibrado e instalado
- *Hoja de Datos del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*

En el Campo

1. Las lecturas máximas y mínimas se deben tomar al menos cinco minutos después de la *hora de puesta a cero*.
2. Abrir la caseta meteorológica y la tapa del termómetro digital máx/mín con cuidado de no respirar sobre o tocar el sensor de temperatura del aire.
3. Anotar la hora y la fecha en la *Hoja de Datos* tanto local como UT.
Nota: los datos enviados a GLOBE deben ser hora UT.
4. Encender la pantalla de visualización de temperatura del aire del termómetro presionando el botón ON para el aire (botón superior izquierdo indicado como ON).
5. Pulsar el botón del sensor del aire MÁX (botón central izquierdo indicado como MÁX) *dos veces*.
Nota: La lectura que aparece después de apretar el botón MÁX una vez es la temperatura más alta alcanzada desde la última hora de *puesta a cero*, y no es una medición significativa, por lo que no debe ser anotada.
6. Se debe ver el símbolo MÁX en la pantalla de visualización digital a la izquierda de la lectura de la temperatura con el símbolo D.1 encima. Anotar esta temperatura en la *Hoja de Datos*.
7. Pulsar el botón MÁX del sensor del aire de nuevo. Se mostrará ahora el símbolo D.2, en lugar de D.1. Anotar la temperatura que aparece junto a él en la *Hoja de Datos*. Repetir este procedimiento para anotar los datos de los seis últimos días (D.1 – D.6) según se necesite.
8. Para anotar las temperaturas mínimas del aire se deben repetir los pasos 5-7 pulsando el botón MÍN del sensor del aire (botón indicado como MÍN) en lugar del botón MÁX.
9. Para las temperaturas del suelo, repetir los pasos de arriba utilizando los botones de suelo que están en la parte derecha y las lecturas de la parte inferior de la pantalla de visualización.
10. Después de haber realizado todas las mediciones, cerrar la tapa del instrumento. Se cerrará automáticamente después de un corto período de tiempo.

Protocolo de Temperatura Actual Digital Multi-día

Guía de Campo

Actividad

Medir la temperatura actual del aire.

Medir la temperatura actual del suelo.

Qué se Necesita

- Una caseta meteorológica correctamente ubicada
- Bolígrafo o lapicero
- Un termómetro digital multi-día correctamente calibrado e instalado
- *Hoja de Datos del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín, Hoja de Datos Integrada 1-Día u Hoja de Datos 7-días*
- Un reloj preciso u otro dispositivo que muestre la hora.

En el Campo

1. Abrir la caseta meteorológica y la tapa del termómetro digital máx/mín teniendo cuidado de no respirar o tocar el sensor de temperatura del aire.
2. Anotar la hora y la fecha en la *Hoja de Datos*.
3. Encender la pantalla de visualización de temperatura del aire presionando en botón ON del sensor del aire (botón superior izquierdo indicado como ON en la parte frontal de la cubierta instrumento).
4. La temperatura actual del aire se mostrará en la parte superior de la pantalla digital. Anotar esta temperatura en la *Hoja de Datos*.
5. Si se están realizando mediciones del suelo, repetir los pasos anteriores encendiendo la visualización de las mediciones del suelo mediante el botón ON (botón superior derecho indicado como ON) y leer el valor que se muestra en la parte inferior de la pantalla.
6. Después de haber realizado todas las mediciones, cerrar la tapa del instrumento. Se cerrará automáticamente después de un corto período de tiempo.

Comprobación del Error del Sensor del Termómetro de Suelo Digital Multi-Día Máx/Mín

Guía de Campo

Actividad

Comprobar la precisión del sensor del suelo para verificar si necesita ser desenterrado y recalibrado.

Qué se Necesita

- Termómetro de sonda del suelo del *Protocolo de Temperatura del Suelo*
- *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*

En el Campo

1. Calibrar un termómetro de sonda del suelo siguiendo la *Guía de Laboratorio para Calibrar el Termómetro del Suelo del Protocolo de Temperatura del Suelo*.
2. Abrir la puerta de la caseta meteorológica.
3. Seleccionar un lugar a unos 15cm de la localización de la sonda del termómetro de suelo.
4. Medir la temperatura del suelo a una profundidad de 10 cm en este punto siguiendo el *Protocolo de Temperatura del Suelo*.
5. Anotar esta temperatura en la sección de comprobación del error del sensor del suelo en la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*.
6. Encender la visualización de la temperatura del suelo del termómetro digital multi-día máx/mín pulsando el botón ON del sensor del suelo (botón superior derecho).
7. Leer la temperatura registrada por el sensor del suelo del termómetro digital y anotarla en la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*.
8. Cerrar la tapa del termómetro digital y la puerta de la caseta meteorológica.
9. Repetir los pasos 2 a 8 cuatro veces más, esperando al menos una hora entre las mediciones.
10. Calcular la media de las lecturas del termómetro del suelo.
11. Calcular la media de las lecturas del sensor digital del suelo.
12. Calcular el error del sensor del suelo restando la media de las cinco lecturas del sensor digital del suelo (del paso 10) a la media de las cinco lecturas del sensor del suelo (del paso 11).
13. Si el valor absoluto del error del sensor del suelo es superior o igual a 2°C, se debe desenterrar el sensor y recalibrar tanto el sensor del aire como el del suelo siguiendo *Calibración del Sensor del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*. Si no es así, dejar el sensor digital del suelo en el suelo y recalibrar únicamente el sensor del aire

Cambio de Pilas al Termómetro Digital Multi-Día Máx/Mín

Guía de Campo

Actividad

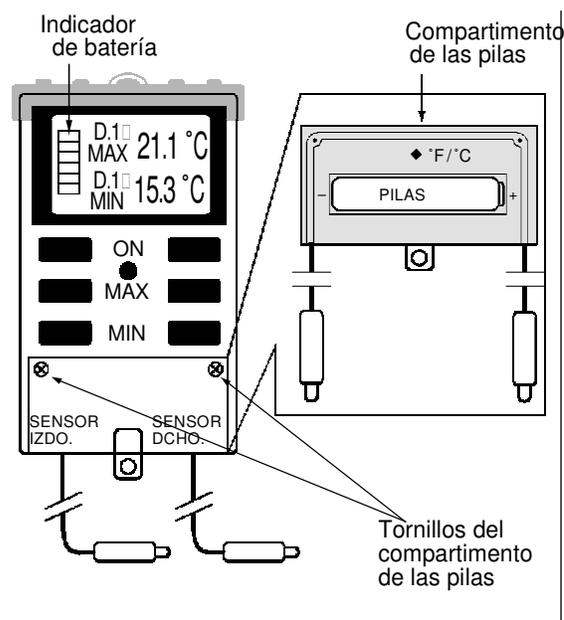
Cambiar la pila al termómetro digital multi-día máx/mín.

Qué se Necesita

- Una pila nueva modelo AA
- Un destornillador pequeño

En el Campo

1. La pila está en el compartimento de pilas en la sección inferior de la cubierta del instrumento.
2. Quitar los dos pequeños tornillos localizados en las esquinas superiores de la tapa del compartimento y quitar la tapa.
3. Cambiar la pila, con cuidado de colocar correctamente la polaridad (polo negativo de la pila contactando el muelle).
4. Colocar la tapa del compartimento y los dos tornillos. Después de haber cambiado la pila, hay que asegurarse de recalibrar el aparato.
5. Recalibrar los sensores de aire y suelo siguiendo la *Guía de Campo de Calibración del Sensor del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*.
6. Poner a cero el aparato utilizando la *Guía de Campo de Puesta a Cero del Termómetro Digital multi-día máx/mín*.

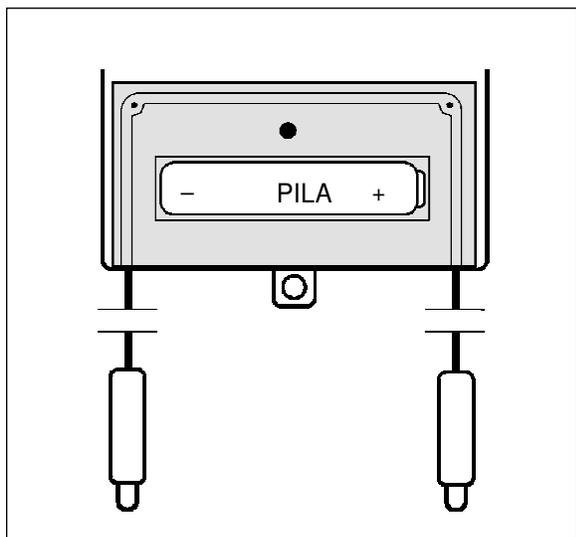


Preguntas Frecuentes

1. ¿Qué debo hacer si mi termómetro digital máx/mín muestra la temperatura en grados Fahrenheit en lugar de en grados Celsius?

Se pueden cambiar las unidades pulsando un pequeño botón situado en el compartimento de la pila. Abrir el compartimento de la pila, siguiendo las instrucciones que se dan en la *Guía de Campo de Cambio de Pila del Termómetro Digital Multi-día Máx/Min*. Hay un pequeño botón redondo indicado °F/°C (ver la figura de abajo). Encienda al menos uno de los sensores y pulse este botón. Se verá el cambio de unidades de medida de Fahrenheit a Celsius. Cierre el compartimento de la pila. ¡Hay que asegurarse de que la toma de mediciones GLOBE se realiza en modo Celsius!.

Figura AT-MU-2: Compartimento de la Pila del Termómetro Digital Multi-día Máx/Min con la Tapa Quitada.



2. ¿Qué ocurre si me doy cuenta de que según varía la hora del mediodía solar local a lo largo del año, esta variación no se encuentra en el intervalo de una hora de mi hora de puesta a cero?

Para que las lecturas de temperatura máxima y mínima sean válidas, es necesario que la *hora de puesta a cero* esté en el rango de una hora del mediodía solar local. Ponga a cero su instrumento utilizando la *Guía de Campo de Puesta a Cero del Termómetro Digital Multi-día Máx/Min* tan cerca como sea posible de la hora del mediodía solar local (rango de 15 minutos).

3. Si pierdo la lectura de las temperaturas máximas y mínimas, ¿puedo aún tomar las lecturas al día siguiente?



Las temperaturas máx/mín almacenadas en el aparato se actualizan cada 24 horas a la *hora de puesta a cero*. Por ello, estos valores de temperatura pueden ser recogidos a cualquier hora desde 5 minutos después de la *hora de puesta a cero* del día deseado hasta 5 minutos antes de la *hora de puesta a cero* del día siguiente. Si se espera hasta la hora de puesta a cero del séptimo día, se perderán los datos de un día. Sin embargo, si son leídos al día siguiente, se debe tener cuidado de asignar las temperaturas tomadas del aparato con los días a los que corresponden. Las temperaturas máximas y mínimas que se muestran con el símbolo D.1 en la pantalla de visualización del instrumento corresponden al día actual en el que las lecturas están siendo tomadas después de la *hora de puesta a cero* (según se recomienda) y al día anterior cuando las lecturas se están tomando antes de la hora de puesta a cero. Observar las siguientes tablas para mayor clarificación:

Lecturas tomadas DESPUÉS de la hora de puesta a cero (según se recomienda)

Visualización digital			
Símbolo:	D.1	D.2	D.3
Las lecturas corresponden a las 24 horas concluyentes	Hoy	Ayer	Hace 2 días

Lecturas tomadas ANTES de la hora de puesta a cero

Digital Display			
Símbolo:	D.1	D.2	D.3
Las lecturas corresponden a las 24 horas concluyentes:	Ayer	Hace 2 días	Hace 3 días

4. ¿Puedo leer el termómetro por la mañana antes de la hora de puesta a cero?

Si se lee el termómetro por la mañana, al menos 5 minutos antes de la hora de puesta a cero, se pueden leer las temperaturas máx/mín de los seis días anteriores. Sin embargo, las temperaturas máx/mín del día actual no se pueden tomar.

5. Cuando pulso por primera vez el botón MÁX o MÍN el aparato muestra una lectura que no debo anotar, ¿qué es esta lectura?

La lectura que se muestra cuando se pulsa el botón MÍN o MÁX por primera vez es la temperatura mínima o máxima del período de 24 horas actual. Dado que este período no ha finalizado, la lectura puede no ser la temperatura máxima o mínima final del período de 24 horas. Aunque no es un dato de medición válido que enviar a GLOBE, puede usarse para sus propios objetivos de investigación.

6. ¿Cómo funciona el termómetro digital?

El termómetro funciona midiendo el cambio en la corriente que se produce en un circuito con voltaje constante en el cual la sonda del sensor es una resistencia. Según cambia la temperatura del sensor, su resistencia cambia. El cambio en la corriente en el circuito es inversamente proporcional al cambio en la resistencia del sensor, conforme a lo descrito por la ley de Ohm, que explica que la intensidad de la corriente es igual al voltaje o tensión dividido por la resistencia. Así, midiendo la corriente a través del circuito y conociendo el voltaje, se puede calcular la resistencia del sensor. Esto es lo que hace el aparato, que posteriormente registra la temperatura de la sonda correspondiente a ese nivel de resistencia.

Protocolo de Mediciones Automatizadas de Temperatura del Suelo y del Aire.



Objetivo General

La medición continuada de la temperatura del suelo y del aire en el Sitio de Estudio.

Visión General

El alumnado coloca cuatro termómetros, tres de ellos se sitúan en el suelo, a tres profundidades diferentes, y el otro se coloca dentro de la caseta meteorológica para que esté resguardado. Los estudiantes utilizan una hoja de datos para registrar las mediciones cada 15 minutos. Después traspasan los datos al ordenador para analizarlos y enviarlos a la base de datos de GLOBE.

Objetivos Didácticos

El alumnado podrá utilizar el equipo de monitorización automatizada para medir la temperatura del suelo y del aire. Asimismo, podrá manipular un amplio conjunto de datos variables.

Los alumnos podrán crear hojas de cálculo y gráficos de sucesiones temporales y utilizarlos para analizar los datos.

Conceptos de Ciencias

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El tiempo puede definirse a través de medidas cuantitativas.

El tiempo cambia de un día para otro y de una estación a otra.

El tiempo varía a nivel local, regional y global.

La temperatura del suelo varía en función de la profundidad, la humedad del suelo y de la temperatura del aire.

La temperatura del suelo varía menos que la temperatura del aire.

Geografía

La variabilidad de la temperatura en una localización afecta a las características del sistema físico y geográfico de la Tierra.

Habilidades de Investigación Científica

Utilizar un registro de datos para medir temperatura.

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación científica.

Utilizar los cálculos matemáticos adecuados para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones utilizando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas

Comunicar procedimientos y explicaciones.

Tiempo

La organización lleva aproximadamente 4 horas pero puede alargarse durante varios días.

Transferencia de los datos – 10 minutos

Análisis y envío de los datos a GLOBE – Entre 30 minutos y 2 horas, dependiendo de la cantidad de datos y de las habilidades informáticas del alumnado.

Nivel

Medio y Secundario

Frecuencia

El montaje se realiza una sola vez.

Las pilas hay que cambiarlas cada año.

El transferencia de datos, análisis y el envío a GLOBE es mejor que sea semanal, de lo contrario al menos, una vez al mes.

Materiales y Herramientas

Sistema almacenador de datos de 4 Canales y software.

1 sensor de temperatura del aire.

3 sensores de temperatura de suelos.

Cable interfaz de la computadora del almacenador de datos

Caja de plástico hermética (volumen ~0,5 l)

CaSO₄ u otro secante (100 ml)

4 Conectores de alivio de tensión.

Instalación adecuada de la caseta meteorológica en un poste.

Herramientas para excavar.

Preparación

Revisar el protocolo de temperatura Máxima, Mínima y Actual del Aire y el Protocolo de Temperatura de Suelos.

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolo Opcional de Mediciones Automatizadas de Temperatura del Suelo y del Aire – Introducción.

Un sistema almacenador de datos es un dispositivo electrónico que recoge automáticamente datos a una velocidad predeterminada de muestreo. Estos sistemas permiten a los científicos y al alumnado recoger valiosas medidas ambientales en localizaciones lejanas. También recogen datos continuamente, permitiendo un conjunto de datos compatibles y su análisis. Con un almacenador de datos, los alumnos pueden tomar datos los fines de semana y en los recreos del centro escolar también. Los almacenadores de datos pueden recoger datos durante más de 84 días sin necesidad de lecturas diarias ni de calibraciones del termómetro.

El alumnado que utiliza el almacenador de datos aporta información importante al conjunto de datos mundial de temperaturas de suelo y de aire. La comprensión de los científicos acerca del clima ha sido determinada por el acceso a un gran número de datos sobre temperatura del aire, pero los datos de temperatura del suelo no son tan numerosos. El alumnado, al utilizar el almacenador de datos, aportará contribuciones significativas a este conjunto de datos y a la comprensión del estudio del suelo.

Apoyo al Profesorado

Gestión de los Materiales

Los procedimientos descritos en este protocolo son específicos para una marca concreta de almacenador de datos y sus sondas de temperatura y software. Puede adaptarse a otros equipos, mientras que corresponda con las especificaciones del almacenador de datos de GLOBE. Si el profesorado y el alumnado van a utilizar un equipo diferente, deben contactar con el Grupo de Ayuda de GLOBE para aprender cómo adaptar este protocolo a sus equipos. Los elementos esenciales de este protocolo, que deben seguir las mismas consideraciones que el equipo modelo, son la colocación de la sonda de temperatura y los sensores de temperatura que han de tener una precisión de $\pm 0,5$ °C.

Un almacenador externo de datos “Onset Computer HOBO® de 4 canales”, se utiliza para registrar la temperatura del aire y del suelo en el Sitio de Estudio de Atmósfera cada 15 minutos. El tipo de sensores Onset HA tienen un rango que va de -40 a 100 °C y una precisión de $0,5$ °C. Funciona bien para la mayoría de superficies. Este almacenador de datos tiene 4 canales. Para que haya compatibilidad, los almacenadores de datos, deben conectarse como sigue:

- Canal 1 - Temperatura del Aire
- Canal 2 -5 cm de profundidad;
- Canal 3 -10 cm de profundidad
- Canal 4 -50 cm de profundidad.

La condensación puede dañar los almacenadores de datos, por lo que necesita mantenerse en un contenedor hermético libre de humedad alta. Una caja de plástico con una tapa ajustada y precintada que contenga un secante como el CaSO_4 , que sirve para absorber la humedad y proteger el almacenador.

El alumnado deberá montar su propia caja hermética. Si eligen esta opción, deben adquirir un juego de conectores de alivio de tensión. (Ir al paso 2 de la *Guía de Laboratorio de Preparación del Almacenador de Datos*). El alumnado y profesorado, pueden pedir estos conectores a través del Grupo de Ayuda de GLOBE (centros de EEUU) o a través de sus coordinadores nacionales (centros fuera de EEUU).

Elección del Sitio de Estudio

La caja hermética del almacenador de datos debe mantenerse protegida de los rayos solares directos y de la lluvia. El mejor sitio para instalar el almacenador de datos de suelos es dentro de la caseta de GLOBE instalada en un poste. Los alumnos harán un agujero en el suelo, en la parte más soleada alrededor de la caseta, y situarán las sondas a profundidades de 5 cm, 10 cm y 50 cm en el suelo. Son preferibles los datos recogidos de suelos en lugares sin sombras. En la hoja de definición del Sitio de Estudio, los alumnos deben comentar la cantidad de sombra que recibe el suelo durante el año.

Preparación Previa

El alumnado debe leer las siguientes secciones en el Manual del usuario de la BoxCar Pro® v.3.5+: Instalación, Iniciación de los almacenadores HOBO® H8, Lectura de los datos, Examen de los datos y Exportando los datos.

El alumnado debe completar el montaje e instalación del software antes de comenzar a recoger datos, tal y como se detalla en la *Guía de Laboratorio de Preparación del Almacenador de Datos*.

El alumnado debe completar el Test de Margen de Error del Sensor antes de comenzar a recoger datos, tal y como se detalla en la *Guía de Laboratorio de Calibración y Análisis de Laboratorio*. Siguiendo la Guía, los alumnos realizan una calibración completa y la envían a GLOBE. La calibración y los test de laboratorio verifican que la unidad funciona correctamente y proporcionan a los alumnos la oportunidad de practicar utilizando el almacenador antes de instalarlo en el campo.

El alumnado debe instalar el almacenador de datos y los sensores de acuerdo a las instrucciones de la *Guía de Campo de Instalación del Sensor*.

El contenido científico de este protocolo es el mismo que el de los *Protocolos de Temperatura Máxima, Mínima y Actual del Aire* y que el *Protocolo de Temperatura de Suelo*. Hay que remitir a los estudiantes a estas secciones para obtener una mayor información sobre el tema.

Informes de Datos

El alumnado comienza la recogida de datos siguiendo la *Guía de Laboratorio o de Campo para Iniciar el Almacenador de Datos*.

El alumnado sitúa el almacenador de datos en la caseta meteorológica y lo conecta a la sonda de temperatura siguiendo la *Guía de Campo de Instalación del Almacenador de Datos*.

El alumnado descarga los datos almacenados en el almacenador de datos y los transfiere a la computadora mediante la *Guía de Laboratorio de Recopilación de Datos*.

Tras la recopilación de datos, el alumnado vuelve a reiniciar e instalar el almacenador de datos en la Caseta Meteorológica siguiendo la *Guía de Laboratorio o de Campo de Iniciación del Almacenador de Datos y la Guía de Campo de Instalación del Almacenador de Datos*.

El alumnado prepara sus datos para informar y enviar los datos a GLOBE siguiendo las instrucciones de la *Guía de Laboratorio de Manejo y Presentación de Datos*.

Los datos deben ser transferidos del almacenador de datos en el campo y enviados a la base de datos de GLOBE cada 1-2 semanas. El alumnado debe realizar una copia de seguridad y guardar los archivos con los datos nuevos del almacenador.

El almacenador de datos debe desenchufarse y llevarse dentro para descargar los datos, pero es posible llevar un dispositivo de almacenamiento de datos portátil al campo para evitar desconectar el almacenador.

Preguntas para Investigaciones Posteriores.

¿Cómo varía la temperatura del suelo y del aire a lo largo del día?

¿Cómo se relacionan la temperatura del suelo y la temperatura del aire?

¿Cómo están relacionadas las temperaturas del suelo a distinta profundidad?

¿Cómo afecta la humedad del suelo a los cambios en la temperatura del suelo y del aire?

¿Cómo afecta la textura del suelo a la temperatura del suelo?

Por influencia de la temporada de floración y otros cambios fenológicos en un área, ¿es más importante la media, o los extremos de temperatura,?

Preparación del Almacenador de Datos

Guía de Laboratorio

Actividad

Preparar y montar el almacenador de datos y los cables. Cargar el software del almacenador de datos.

Qué se Necesita

Almacenador de Datos /Ensamblaje de Sensores

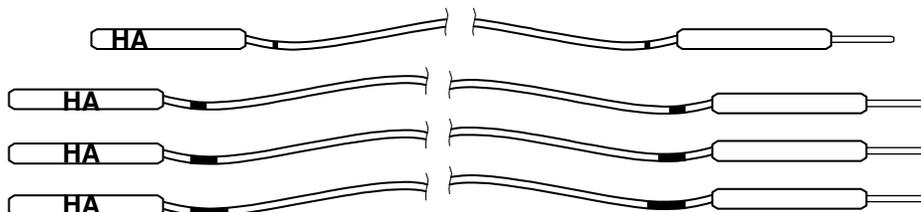
- Almacenador de 4 Canales Externo H08-006-04 HOBO H8
- Caja hermética como la caja cuadrada de sandwiches de Rubbermaid n°1 (~0,5 l volumen)
- Sensor de Temperatura de banda ancha TMC1- HA-e 0,3 m (1 pies) cable (1)
- CaSO_4 u otro agente secante (100 ml)
- Sensor de Temperatura de banda ancha TMC20 HA 6,1 m (20 pies) cable (3)
- 4 conectores de alivio de tensión para evitar daños en la conexión de los cables con el almacenador de datos.

Interfaz del ordenador

- BoxCar Pro® y software v.3,5+ o v.4,0
- Cable de Interfaz del PC u ordenador MAC

En el Laboratorio

1. Hay que utilizar un rotulador permanente para marcar ambas terminaciones de los cuatro cables sensores TMC6-HA. Hay que situar las marcas aproximadamente a 1 cm del refuerzo del enchufe. Hay que poner 1, 2, 3 o 4 líneas totalmente alrededor de cada cable. Hay que etiquetar el cable más corto con el número 1.

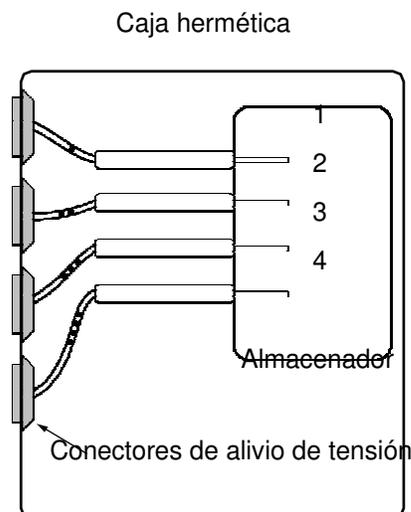


2. cables sellados y un almacenador de datos en una caja hermética.

Opción A) Utilizando conectores de alivio de tensión:

- Taladrar o perforar cuatro agujeros espaciados de igual forma en un lado de la caja. 12 mm (1/2”).
- Instalar los conectores de alivio de tensión utilizando un poco de silicona para sellar alrededor de la zona de inserción.
- Pasar los cables de los sensores a través de los conectores de alivio de tensión y conectarlos en las tomas apropiadas del almacenador de datos.

Nota: puede obtenerse un juego de conectores de alivio de tensión enviando un mail al Grupo de Ayuda de GLOBE (centros de EEUU) o al Coordinador Autonómico o Nacional del país (demás centros).



Opción B) Utilizando cordón de alambre y silicona para sellar:

- Taladrar o perforar cuatro agujeros espaciados de igual forma en un lado de la caja. 5 mm (1/4”).
 - Pasar los cables de los sensores a través de esas perforaciones y conectarlos en las tomas apropiadas del almacenador de datos.
- Anudar los cordones de alambre ajustándolos contra la pared interior.
- Anudar los cordones de alambre ajustándolos contra la pared exterior.
- Aplicar silicona para sellar alrededor del alambre y entre los nudos de alambre y agujeros en un lado de la pared.
- Dejar secar durante 24 horas.

3. Cargar el software del BoxCar Pro del ordenador. Si se utiliza un MAC, se debe descargar el software desde: www.onsetcomp.com/Support/2543_MacBCP.html

- Seguir las instrucciones de instalación del software de la página 1 del Manual del Usuario de BoxCar Pro®.
- Conectar el cable en serie a un puerto de PC (tipo 9-pin, D) COM o a un puerto de MAC (tipo 8-pin, O)
- Comprobar la fecha y hora en la computadora para asegurarse de que son correctas.
- Ir a c:\Bxcrpro3\Bxcrpro.exe (localización por defecto) o hacer doble clic en el ícono de BoxCar Pro®

Nota: Las nuevas versiones de ordenadores iMAC/G3 y G4 Apple con puertos USB requieren adaptadores adicionales de los cables.

Test de Calibración y Laboratorio.

Guía de Laboratorio

Actividad

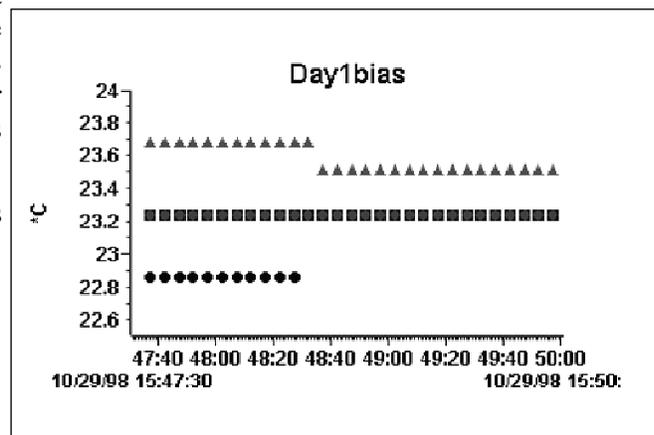
Verificar que el almacenador de datos y los sensores funcionan adecuadamente.

Qué se Necesita

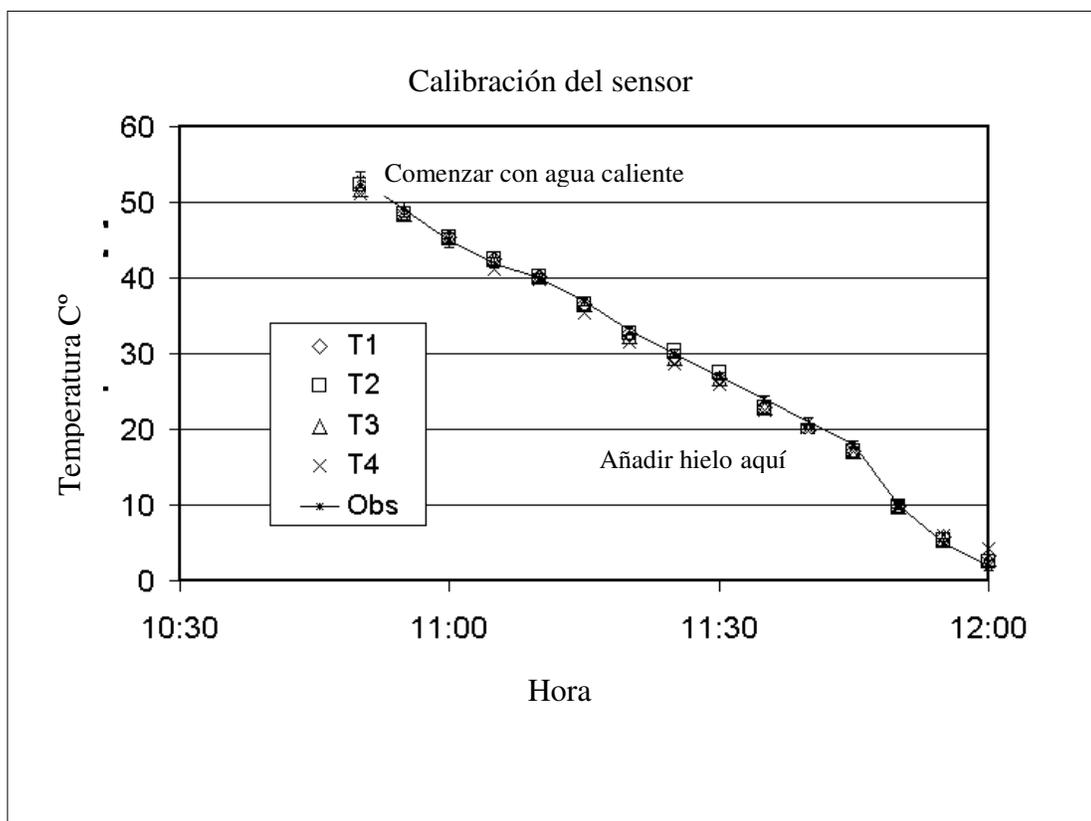
- Montaje del Almacenador de Datos y cables
- Termómetro de calibración
- Agua caliente (~50°C), una taza no aislada, hielo

En el Laboratorio

1. Anotar el margen de error del sensor. Este test verifica que los cuatro canales están grabando la misma temperatura del aire aproximadamente con la recopilación de datos, durante unos pocos minutos, con los cuatro sensores. El sesgo o diferencia entre cada sensor debe ser menor de 1°C.
 - a. Conectar el cable de cada sensor en la toma apropiada del almacenador de datos y situar las cuatro puntas de los sensores juntas y lejos de cualquier otra fuente de calor (como lugares soleados).
 - b. Conectar el almacenador a los cables en serie.
 - c. Confirmar que el reloj de La computadora muestra la hora local.
 - d. Hacer clic dos veces en el icono de Boxcar® para activar el software.
 - e. Seleccionar “Launch” (Ctrl L) bajo el botón de “Logger” en el menú principal.
 - f. Cambiar el documento “Description de TEST” a “Day1bias”. Cambiar el “Interval” a “6 segundos”.
 - h. Seleccionar el botón de “Start”, el mensaje debe indicar que el programa se está cargando.
 - i. Esperar tres minutos. El almacenador estará en funcionamiento.
 - j. Seleccionar “Readout” (Ctrl R) debajo del botón de “Logger” en el menú principal.
 - k. La pantalla debe indicar que los datos se han descargado, entonces hay que apuntar el nombre del archivo. La opción por defecto debe ser Day1bias.dtf
 - l. Utilizar las opciones desplegadas de “View” para mirar cada canal de temperatura por separado.



- m. Anotar el valor medio de cada canal en el registro de GLOBE, debe haber una diferencia menor de 1 °C entre todos ellos.
 - n. Hay que asegurarse de que se entiende el eje de la escala de tiempo y que muestra la hora y fecha correctas y cómo guardar los datos en un archivo Excel.
2. Calibración de la gama completa
- a. Situar los cuatro sensores de temperatura en una taza medio llena y no aislada de agua caliente (~50° C).
 - b. Conectar el almacenador al cable en serie.
 - c. Confirmar que el reloj de la computadora muestra la hora local actual.
 - d. Seleccionar “Launch” debajo del botón de “Logger” en el menú principal.
 - e. Colocar el archivo “Descripción” en “CAyymmdd”, donde yymmdd es el año, mes y día actual.
 - f. Colocar el “Interval” en “5 min.” e iniciar el almacenador con un comienzo retardado en la siguiente marca de 5 min. (por ejemplo: ahora son las 10:17:00. Entonces se sitúa el retardo en las 10:20:00).
 - g. Grabar la temperatura del termómetro de calibración cada 5 minutos, conjuntamente con la hora de muestreo del almacenador.
 - h. Después de que los cambios de temperatura disminuyan hasta 1° C/5 min., se añaden cubitos de hielo y se continúa hasta que aproximadamente el agua llega a congelarse.



Instalación del Sensor

Guía de Campo

Actividad

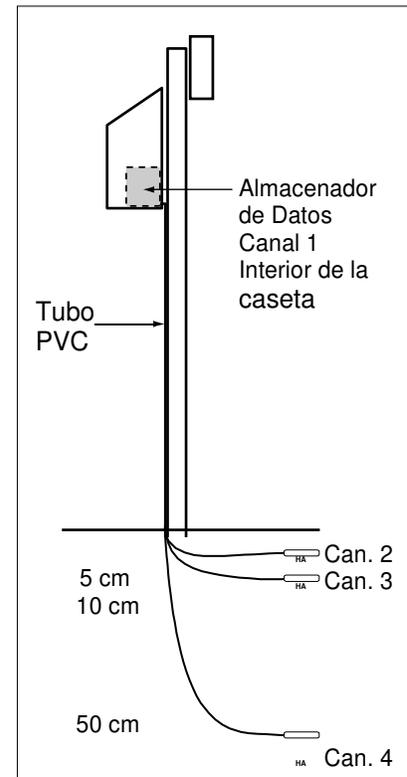
Instalar el almacenador de datos y sensores en el Sitio de Estudio de Atmósfera.

Qué se Necesita

- Metro
- Herramientas para cavar
- Tubo de PVC de 120 cm x 2,5 cm
- Montaje del almacenador de datos y cables
- Taladradora con una broca de pala para madera de 12 mm
- Alambre o soportes para asegurar el tubo PVC al poste.
- Cordel o cordón de alambre
- Producto secante

En el Campo

1. Planificar la instalación. Hay que asegurarse de que la distancia entre la caja y el sensor más profundo es menor de 5,5 metros y que es seguro cavar un agujero con una profundidad de 50 metros.
2. Perforar un agujero de 12 mm, si es necesario, a través del fondo de la caseta, cerca de la parte de atrás.
3. Situar el Almacenador de Datos dentro de la Caseta Meteorológica.
4. Utilizar el cordel o el alambre para asegurar el sensor de temperatura del aire (nº 1) dentro de la Caseta Meteorológica.
5. Pasar los tres cables más largos a través del agujero de 12 mm y tirar de ellos a través del tubo PVC (que protege los cables del exceso de rayos ultravioletas y de mordiscos de animales). Hay que tener en cuenta que hay que dejar los restos de alambre dentro de la Caseta.
6. Asegurar el tubo PVC al poste de la Caseta Meteorológica.
7. Cavar un agujero de 50 cm de profundidad en el lado soleado (hacia el Ecuador) del poste de la Caseta.
8. Empujar los sensores horizontalmente en los lados del agujero a 50 cm (nº 4), 10 cm (nº 3) y 5 cm (nº 2) de profundidad respectivamente. Utilizar un clavo o una clavija de un diámetro ligeramente menor para dirigir estos agujeros si el suelo está duro.
9. Verter el secante en una bolsa de tejido transpirable (por ejemplo, gasa de algodón o un calcetín de algodón) y situarlo dentro de la caja hermética para que el aire dentro de la caja se mantenga seco.
10. Precintar la caja hermética que contiene el Almacenador de Datos.



Activación del Almacenador de Datos

Guía de Laboratorio o de Campo

Actividad

Activar el almacenador de datos para recopilar medidas diarias de la temperatura del suelo y del aire.

Qué se Necesita

- Almacenador de Datos desconectado de los cuatro cables sensores
- PC-386 ó más avanzado, Windows 3.1 con 4 Mb RAM, o versiones posteriores con puerto COM (serie) disponible
- *Hoja de Datos del Almacenador de Datos*

En el Laboratorio o En el Campo

1. Asegurarse de que el reloj del ordenador lee correctamente la hora local.
2. Accionar el software del BoxCar®
3. Conectar el almacenador externo de 4 Canales HOBO® al cable en serie utilizando el enchufe de más abajo y el más grande.
4. Seleccionar “Launch” (Ctrl L) bajo el botón de “Logger” en la página principal del menú.
5. Se debe ver o seleccionar lo siguiente:
 - a. Intervalo (duración) = 15 minutos (84 Días),
 - b. Medidas: Los Canales 1-4 registran la temperatura (tanto °F como °C). Sin los sensores conectados, los valores serán diferentes pero deben ser relativamente constantes.
 - c. Nivel de la Batería: Lleno (reemplazar la batería cuando el nivel caiga por debajo del 30%)
6. Seleccionar “Opciones Avanzadas”.
7. Se debe ver o seleccionar lo siguiente:
 - a. “Wrap – around when full” (No marcar)
 - b. “Delayed Start” (Marcar). Poner a la hora esperada de comienzo. Utilizar este dato para que comiencen las horas de muestreo cada cuarto de hora, por ejemplo, XX:00:00, XX:15:00, XX:30:00, o XX:45:00. Seleccionar “am” o “pm”.
8. Seleccionar “Enable/Disable Channels”.
9. Para los canales 1-4, se debe ver que se selecciona lo siguiente:
 - a. -40 °F a +212 °F [TMC6-HA]. (Marcar)
 - b. Seleccionar “Aply”
10. Seleccionar “Start”.

Activación del Almacenador de Datos

Guía de Campo

Actividad

Instalar el activador del almacenador de datos en la Caseta Meteorológica.

Qué se Necesita

- Activador del almacenador de datos - *Hoja de Datos del Almacenador de Datos*
- Producto secante

En el Campo

1. Abrir la puerta de la caseta y destapar la caja vacía del almacenador de datos.
2. Asegurarse de que el almacenador y los enchufes están secos. Reemplazar el producto secante si es necesario.
3. Enchufar cuidadosamente cada cable en el canal apropiado del almacenador de datos. Asegurarse de que cada enchufe se introduce totalmente.
 - a. Enchufar cable n°1 en el enchufe n°1 (Sensor de temperatura del aire)
 - b. Enchufar cable n°2 en el enchufe n°2 (Sensor de 5 cm)
 - c. Enchufar cable n°3 en el enchufe n°3 (Sensor de 10 cm)
 - d. Enchufar cable n°4 en el enchufe n°4 (Sensor de 50 cm)
4. Cerrar cuidadosamente la caja hermética del almacenador de datos y situarla en un lugar apartado de la caseta meteorológica.
5. El almacenador de datos en ese momento estará recogiendo datos. Recomendamos descargar los datos semanalmente cuando el centro está en pleno curso y por lo menos una vez al mes durante las vacaciones.

Recopilación de Datos

Guía de Laboratorio

Actividad

Descargar los datos acumulados en el almacenador de datos en la computadora.

Qué se Necesita

- Almacenador de datos desconectado de los cuatro cables sensores
- Hoja de Datos del Almacenador de Datos
- Q PC-386 o más avanzado, Windows 3.1 con 4 Mb RAM, o posterior, con Puerto COM (serie) disponible.

En el Laboratorio

1. Asegurarse de que el reloj de la computadora lee correctamente la hora local.
2. Accionar el software del BoxCar®
3. Conectar el almacenador externo de 4 Canales HOBO® al cable en serie utilizando el enchufe de más abajo y el más grande.
4. Seleccionar “Readout” (Ctrl L) bajo el botón de “Logger” en la página principal del menú.
5. Se debe ver o seleccionar lo siguiente:
 - a. Una ventana desplegable que indica que el software está buscando los canales HOBO® del almacenador de datos.
 - b. Una ventana desplegable que indica que los datos se están descargando.
 - c. Aparecerá un aviso si el almacenador de datos y los relojes no están sincronizados.
 - d. Nivel de la batería: reemplazar la batería después de guardar los datos si su nivel está por debajo del 30%.
 - e. Una ventana de “Guardar como”
6. Se da un nuevo nombre al archivo de datos (archivo .dtf) y se guarda. Se recomienda utilizar como nombre del archivo el siguiente “SSYYMMDD”,
 - a. Donde SS es el nombre del centro o del Sitio de Estudio y YYMMDD son los valores del año, mes y día (por ejemplo, 010315) de la fecha en la que se han descargado los datos (READOUT) del almacenador de datos. Nota: el software del BoxCar® limita el número de caracteres del archivo a 8.
 - b. Hay que asegurarse de seleccionar o tomar nota del listado de producción de datos.
7. Hay que dejar un tiempo para realizar una sinopsis de los datos utilizando la capacidad gráfica del BoxCar.

Manipulación y Presentación de Datos

Guía de Laboratorio

Actividad

Convertir los datos al formato apropiado para enviarlos a GLOBE.

Qué se Necesita

- Computadora - 386 o más avanzada, Windows con 4 Mb de RAM y con Puerto COM (serie) disponible
- Excel u otra hoja de cálculo.
- BoxCar® software
- Hoja de Datos del Almacenador de Datos

En el Laboratorio

Se deben enviar los datos a GLOBE siempre que se descargue el almacenador, lo que debe ser aproximadamente entre una vez a la semana o una vez al mes.

1. Hacer doble clic en el icono de BoxCar® para iniciar el software.
2. Debajo del botón “Archivo” hay que seleccionar “Abrir” y abrir el archivo de BoxCar® (.dtf) que contiene los datos que se están preparando para enviar a GLOBE.
3. Debajo del botón de “Archivo” hay que seleccionar “Export” y después “Excel” o la hoja de cálculo seleccionada (o simplemente seleccionar el icono de “Excel” en el acceso directo de la barra de herramientas)
4. Aparecerá una caja de “Export Set-Up”
5. Seleccionar los cuatro canales que contienen las medidas Celsius tomando cada canal que marca “Temperature [°C]” en la caja de “Units” (hay que asegurarse de no seleccionar el primer valor que aparece por defecto que marca “Temperature [°F]”).
6. Seleccionar “Export”.
7. Mantener el nombre como “SSYYMMDD.txt”
8. Seleccionar “OK”.
9. Iniciar Excel u otra hoja de cálculo.
10. Debajo del botón de “Archivo” seleccionar “Abrir” y elegir el archivo que contenga vuestros datos (SSYYMMDD.txt).
11. Asegurarse de seleccionar “All Files”(*.*)” debajo del botón de “Files of Type”.
12. Seleccionar “Open”.
13. El “Text Import Wizard” debe cambiarse a “Delimited”, “Start Import at Row 1”, “File origin Windows (ANSI).
14. Seleccionar “Finish” directamente sin pasar por los pasos intermedios. Se debe ver una columna de los datos del tiempo y cuatro columnas con los datos de temperatura con unidades de [°C].
15. Realizar una gráfica con los datos siguiendo los pasos de *Observando los Datos*.
16. Si hay algunos datos que indudablemente son erróneos, se reemplazan esos valores con la “B”.

17. Si uno de los sensores no está conectado o no funciona, hay que poner una “X” en la celda apropiada de la hoja de cálculo.
18. Seleccionar entera la primera fila que contiene los títulos (seleccionando “1”) y quitarla, seleccionando “Delete” debajo del menú “Edit”.
19. Formatear toda la primera columna que contiene la hora y la fecha (seleccionando “A”) y elegir “Cells” debajo del menú de “Format”.
20. En el menú desplegable que aparece, hay que seleccionar “Custom” debajo de “Category” y debajo de “Type” introduce yyymmddhhmm. Seleccione “OK”. La entrada de la fecha y hora tendrá ahora el formato requerido por GLOBE.
21. Seleccionar las columnas A,B,C e insertar tres nuevas columnas seleccionando “Columns” debajo del menú “Insert”.
22. Desplazarse hacia abajo hasta la última fila de datos.
23. Escribir “DLOG” en la columna A.
24. Introducir el ID del centro GLOBE en la columna B.
25. Introducir el tipo del sitio de estudio GLOBE y numerar dónde está instalado el almacenador de datos (Sitio de estudio de atmósfera = ATM.dd o sitio de estudio de la humedad del suelo = SMS-dd, por ejemplo, ATM-01 o SMS-01) en la columna C.
26. Destacar las tres celdas que contienen “DLOG”, el ID del centro GLOBE y el tipo de sitio y número y seleccionar “Copy” debajo del menú “Edit”.
27. Destacar las primeras tres columnas de la segunda a la última fila y entonces utilizar las dos siguientes teclas para realzar todas las celdas de las columnas A-C que contienen datos: “End”, “Shift Up Arrow”.
28. Seleccionar “Paste” debajo del menú de “Edit” para que esos tres valores sean copiados en el área seleccionada de las columnas A-C.
29. Seleccionar la columna E e insertar una nueva columna seleccionando “Columns” debajo del menú “Insert”.
30. Formatear enteras las cinco columnas (pulsando “E”) y elegir “Cells” debajo del menú de “Format”.
31. En el formato de las celdas “Number” aparece un menú desplegable, hay que seleccionar “Text”. Mover el formato de celdas a “Alignment” y seleccionar “Right” dentro del menú “Horizontal”. Seleccione “OK”.
32. Desplazarse hacia abajo hasta el último registro de datos, si es necesario.
33. En la columna E, se introduce la corrección de UT entre el sitio de estudio y el meridiano principal (Corrección de UT = Hora UT – Hora Local). Será una constante a menos que haya algún cambio en la hora local (por ejemplo, el cambio de hora en verano) durante el período de observación. Introduzca este valor utilizando el formato ±hhmm (por ejemplo: +0400 para una corrección de 4 horas en la costa Este de EEUU o –1030 para una corrección de 10 horas y 30 minutos en el Centro de Australia). Nota, el signo de las correcciones es el opuesto al valor estándar. Desafortunadamente, los cambios en los horarios de verano varían según cada país. Por favor, consultar a las autoridades locales qué hora local se necesita para realizar los ajustes (o visitar www.worldtimezone.com/daylight.htm)
34. Destacar la celda que contiene la corrección y seleccionar “Copy” debajo del menú “Edit”.
35. Destacar la celda vacía en la columna E de la segunda a la última fila y utilizar las siguientes teclas para realzar todas las celdas de la columna E que contienen los datos: “End”, “Shift Up Arrow”.

36. Seleccionar “Paste” debajo del menú “Edit” para que este valor sea copiado en el área seleccionada de la columna E.
37. Guardar el documento seleccionando “Save As” debajo del menú “File”.
48. Cambiar el nombre del formato del documento de GLOBE a “DLYYMMDD.txt” (ignorar el aviso sobre el formato del documento que aparece en Excel) y guardar como un documento de texto separado por tabuladores.
39. Ahora se pueden enviar los datos a GLOBE por correo electrónico.
40. Abra el correo sin salir de Excel.
41. En el apartado “Para:” del mensaje, introduzca “DATA@GLOBE.GOV”.
42. En el “Asunto” introduzca “DATA”.
43. La primera línea del texto del mensaje debe ser “//AA”. Esto informa al servidor de GLOBE de que las líneas que están a continuación contienen datos.
44. Copiar y pegar las 9 columnas del documento de la hoja de datos que contienen los datos:
 - a. Volver a Excel o a la Hoja de datos y seleccionar la parte de las nueve columnas que contiene información.
 - b. Seleccione “Copy” debajo del menú “Edit”.
 - c. Volver al correo, situar el cursor en la línea bajo la entrada “//AA” en la parte del texto del mensaje, y seleccione “Paste” debajo del menú “Edit”. Toda la tabla aparecerá ahora en el cuerpo del correo electrónico.
45. Después de insertar la tabla con los datos, escribir en la última línea del mensaje “//ZZ”. Esto significará que no hay más datos en el mensaje. Ver, en la parte de abajo, un ejemplo de cómo debe ser el correo
46. Enviar el correo a GLOBE

Ejemplo de un correo electrónico que contiene datos de temperatura de aire y suelo recogidos con el Almacenador de Datos

Para: DATA@GLOBE.GOV								
De: GLOBE_School@Somewhere.edu								
Asunto: DATA								
//AA								
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141600	+0400	B	B	B	B
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141615	+0400	24,79	24,79	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141630	+0400	24,79	24,79	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141645	+0400	24,79	24,79	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141700	+0400	24,79	24,79	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141715	+0400	24,79	24,4	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141730	+0400	24,79	24,4	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141745	+0400	24,79	24,4	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141800	+0400	24,79	24,4	24,4	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141815	+0400	24,79	24,4	X	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141830	+0400	24,79	24,79	X	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141845	+0400	24,79	24,79	X	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141900	+0400	24,79	25,17	X	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141915	+0400	24,79	25,17	X	24,79
//ZZ								

Preguntas Frecuentes

1. Al tratar de descargar el almacenador, no hay datos. ¿Qué es lo que ocurre?

Esto puede ocurrir si no se completó la secuencia de inicio apropiadamente en el campo. Hay que asegurarse de no intentar iniciar un almacenador de datos que no haya sido descargado, porque los datos se perderán.

2. ¿Cómo darse cuenta de que uno de los sensores no funciona?

Los dos problemas más comunes son la rotura de un alambre o que exista un circuito abierto, normalmente debido a la mordedura de algún animal o porque la conexión entre el enchufe y la cavidad no es buena. Un circuito abierto producirá un valor poco realista, que variará ligeramente. Otra señal de aviso es una lectura que no cambia. Habrá que contactar con GLOBE si se necesita ayuda.

3. No cogimos nuestro almacenador del sitio de estudio en el campo durante dos días después de que fuera iniciado, ¿debemos borrar los datos tomados durante este período cuando sabemos que el almacenador no estaba enchufado a los sensores?

Nunca se deben borrar filas de datos, nos interesa saber cuándo intentasteis recoger datos. Sin embargo, si tenéis datos que sin duda, son incorrectos, debéis reemplazar esos valores por una "B". Si falta uno de los sensores o no saca ningún dato, hay que poner una "X" en las celdas de la hoja de datos.

4. Hemos dirigido los sensores a los canales incorrectos. ¿Qué debemos hacer?

Si no tiene problema para transportar las columnas de datos, puede hacerlo en un programa de hoja de cálculo. Si no, envíe los archivos .dtf y .txt a jwash@hwr.arizona.edu con una descripción del problema y lo corregiremos. En general, el rango de datos diario debe disminuir de la temperatura del aire a la temperatura del suelo a 50 cm.

5. ¿Cuándo suelen darse los datos erróneos?

Los datos erróneos suelen tener lugar al principio o al final de la grabación de datos debido al muestreo mientras que los sensores están desconectados.

6. Hemos presentado los datos de temperatura del aire desde el almacenador de datos para un día(s) específico pero los valores máximo y mínimo de temperatura del aire para ese día no aparecen en los archivos de datos del centro, ¿Por qué?



Si hay tres o más datos erróneos o se han perdido datos por un período de 24 horas, el servidor de GLOBE no calcula los valores máximo y mínimo de ese día.

Definiciones Clave

Atenuación: reducir en magnitud, atenuar

Conducción: Transmisión de calor (o electricidad) a través de una sustancia.

Almacenador de Datos: Microcomputadora capaz de grabar y almacenar tanto el tiempo como los datos de medidas en el campo. El único mantenimiento que necesita el sistema es descargar periódicamente los datos almacenados.

Producto secante: Sustancia como el sulfato de calcio que absorberá repetidamente el exceso de humedad después del secado del horno.

Diario: Variaciones regulares a lo largo del día.

Balance de Energía: Un balance equilibrado entre la entrada y salida de energía de los componentes (solar, calor perceptible, calor latente, calor del suelo) en un punto, como la superficie de la Tierra.

Fase de desplazamiento: El período en el que un fenómeno de oleaje (ondas del océano, ondas sonoras) determina la distancia entre dos crestas adyacentes (máxima). Una fase de desplazamiento tiene lugar cuando dos ondas tienen el mismo período pero la máxima ocurre en tiempos diferentes.

Sinusoidal: Como el seno de una onda, muchos fenómenos de radiación son mayores a mediodía y menores por la noche.

Protocolo de Temperatura Superficial



Objetivo General

Medir la temperatura superficial.

Visión General

La temperatura superficial se mide con un termómetro de infrarrojos de mano (IRT) que, cuando es necesario, se envuelve en un guante térmico o se coloca fuera durante, al menos, 30 minutos antes de la toma de datos. El instrumento apunta hacia el suelo para realizar las medidas de temperatura superficial. Los *Protocolos de Nubes* se realizan junto con el *Protocolo de Temperatura Superficial*.

Objetivos Didácticos

Aprender a utilizar el termómetro de infrarrojos y comprender cómo irradian energía las diferentes superficies.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

- Las nubes influyen en el tiempo y en el clima.
- El movimiento diario y estacional del sol en el cielo se puede observar y describir.
- Los materiales empleados por las sociedades humanas influyen en los ciclos químicos de la Tierra.
- El sol es una fuente principal de energía para los procesos superficiales de la Tierra.
- La energía solar dirige la circulación atmosférica y oceánica.

Ciencias Físicas

- La transferencia de calor se produce por radiación, conducción y convección.
- La radiación de la luz interactúa con la materia.
- El sol es una fuente principal de energía en la superficie de la Tierra.
- La energía se transfiere de muchas maneras.
- El calor se mueve de los objetos más cálidos a los más fríos.

El sol es una fuente principal de energía de los cambios de la superficie de la Tierra.

La energía se conserva.

Ciencias de la Vida

- La luz solar es la principal fuente de energía para los ecosistemas.
- La energía para la vida procede principalmente del sol.

Ciencia General

Los modelos visuales nos ayudan a analizar e interpretar los datos.

Geografía

- La variabilidad de temperatura en una zona influye en las características del sistema físico y geográfico de la Tierra.
- La naturaleza y alcance de la cobertura de nubes influye en las características del sistema físico y geográfico de la Tierra.
- La naturaleza y alcance de la precipitación influye en las características del sistema físico y geográfico de la Tierra.
- Las actividades humanas pueden modificar el medio físico.

Habilidades de Investigación Científica

Habilidades de Investigación

- El alumnado aprenderá a usar un termómetro de infrarrojos.
- Utilizar herramientas y técnicas apropiadas.
- Identificar preguntas y respuestas.
- Diseñar y dirigir investigaciones científicas.
- Utilizar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.
- Desarrollar descripciones y predicciones usando la evidencia.
- Reconocer y analizar explicaciones alternativas.
- Compartir procedimientos, descripciones y predicciones.
- Usar un termómetro para medir la temperatura.
- Usar una carta de nubes para identificar el tipo de nube.
- Estimar la cobertura de nubes.
- Usar un metro para medir la profundidad de la nieve.

Tiempo

10 – 20 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Diariamente, junto con otras mediciones de atmósfera.

Los días soleados con pocas nubes para compararlo con las imágenes de satélite.

Al realizar las mediciones de temperatura del suelo.

Cuando se visiten los *Sitios de Muestreo de Cobertura Terrestre*.

Materiales y Herramientas

Termómetro manual de infrarrojos (IRT)

Guante térmico (usar cuando la temperatura del aire en el sitio de estudio varíe más de 5 grados Celsius en comparación con la temperatura de donde el IRT se ha almacenado).

Hoja de Datos de Temperatura Superficial

Carta de nubes GLOBE

Regla o metro

Reloj

Lápiz o bolígrafo.

Preparación

Establecer un sitio de atmósfera O

Establecer un sitio en el que se mida la temperatura del suelo O

Preparar los sitios de muestreo de cobertura terrestre para su caracterización.

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolo de Temperatura Superficial – Introducción

Al explorar el medio ambiente de los alrededores, encontrará objetos que se encuentran a distintas temperaturas. Por ejemplo, durante la tarde, las áreas expuestas a la luz solar directa tenderán a estar más calientes que las áreas en sombra. En una zona expuesta a la luz solar se pueden encontrar ciertos objetos que están más calientes o fríos que otros. Durante la mañana, algunos objetos, como las rocas, pueden necesitar más tiempo para calentarse que sus alrededores. Asimismo, al anochecer estos objetos necesitarán más tiempo para enfriarse.

El calor hace referencia a la cantidad de energía térmica, y se transfiere entre objetos de varias maneras. La tasa de transferencia de energía de un objeto depende de sus propiedades, incluyendo la naturaleza de su superficie. El color del objeto, la relación entre su masa y su área superficial, y el material del que está compuesto, todo ello influye en la transferencia de energía.

La temperatura del ambiente de su alrededor está en constante cambio, y la energía térmica se está transfiriendo continuamente entre todos los componentes del ambiente. La temperatura de la atmósfera influirá en la temperatura de la superficie de la Tierra y, asimismo, la temperatura de la superficie de la Tierra influirá en la temperatura de la atmósfera.

El tipo de cobertura terrestre que haya en la superficie de la Tierra jugará un papel importante en esta relación. Conocer qué cubre la superficie de la Tierra ayudará a determinar qué cantidad de la energía solar que llega al suelo es retenida por la superficie o reflejada de nuevo a la atmósfera. En un día cálido y soleado se pueden sentir diferentes niveles de calor radiados por diferentes tipos de cobertura terrestre. En un día cálido, ¿dónde se situaría para mantenerse fresco? En un día frío, ¿dónde se situaría para mantenerse caliente?

Estudiar la transferencia de calor en el ambiente – el ciclo de la energía – es una clave para conocer cómo funciona el sistema Tierra y cómo puede cambiar en el futuro. La transferencia de calor entre dos componentes diferentes del medio se produce en sus límites. Por ello, conocer la temperatura en estos límites es la clave. Las mediciones de temperatura superficial proporcionan estas temperaturas de

los límites. Por ello, las mediciones de la temperatura superficial ayudan a relacionar las temperaturas del aire, el suelo y el agua, y contribuyen de manera fundamental al estudio del ciclo de energía. Relacionar los tipos de cobertura terrestre con las temperaturas superficiales permite integrar múltiples áreas de investigación GLOBE y el estudio real de la Tierra como sistema.

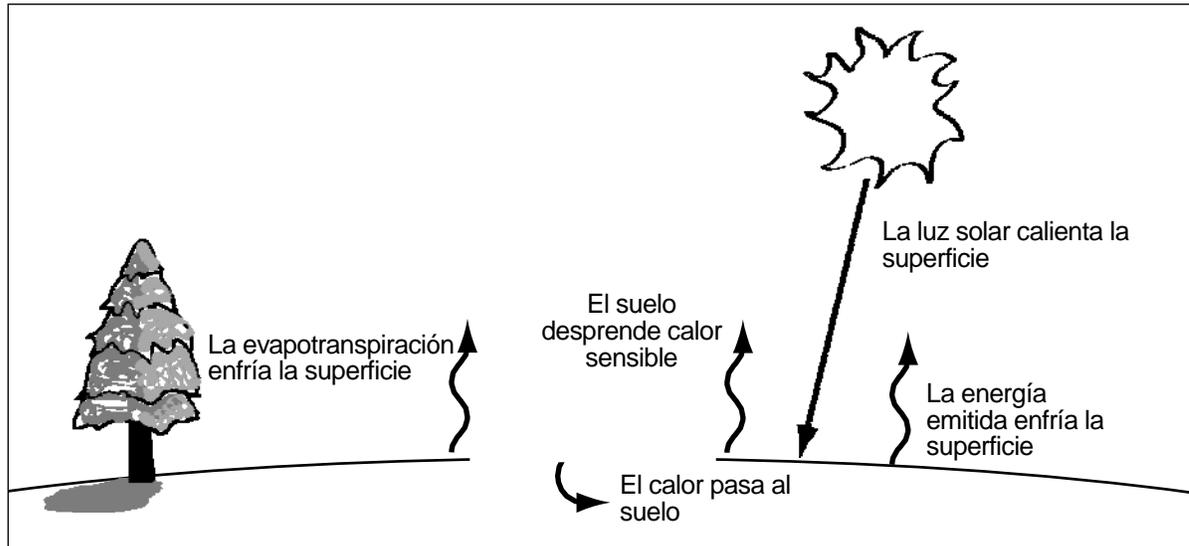
Las mediciones GLOBE de las temperaturas superficiales ayudarán a los estudios del clima y a la comprensión del ciclo global de energía, ambos en combinación con otras medidas y en comparación con los datos de satélite. Ver el capítulo de *La Tierra como Sistema* para más información sobre el ciclo de energía.

La temperatura superficial es una observación que no se realiza normalmente por organismos meteorológicos oficiales. Los científicos observan la temperatura superficial de tres maneras: 1. termómetros infrarrojos manuales similares al que ustedes usan, 2. termómetros de IR (TIR) montados sobre torres, y 3. observaciones desde satélites. Para la mayoría de los estudios, los científicos individualmente o en grupos realizan sus propias observaciones usando el TIR y los TIRs montados sobre torres, después comparan sus observaciones con las imágenes de satélite. En alguna ocasión se han realizados esfuerzos organizados para observar la temperatura superficial de manera continua de una zona grande. Por ejemplo, el Estado de Oklahoma (EEUU) ha instalado 70 TIRs en torres en su red Mesonet de estaciones meteorológicas. Estos TIRs montados sobre torres realizan observaciones de temperatura superficial sobre tierras de cultivo y campo. Sin embargo, el número total de observaciones de temperatura superficial tomadas en todo el mundo es relativamente pequeño. ¡Aquí es donde los alumnos / as GLOBE pueden realmente ayudar! Realizando observaciones de temperatura superficial los centros GLOBE pueden contribuir de manera significativa a nuestro conocimiento sobre la temperatura superficial de la Tierra.

¿Qué es la Temperatura Superficial?

Descrita científicamente, la temperatura superficial es la temperatura radiante de la superficie terrestre, incluyendo hierba, suelo desnudo, carreteras, aceras, edificios y árboles, por nombrar algunos. La temperatura superficial se puede observar utilizando el espectro electromagnético. Todo objeto emite radiación electromagnética en función de su temperatura.

Figura AT-TS-1: Distribución de la Energía Solar en Relación con la Temperatura Superficial



Los objetos calientes emiten energía de menor longitud de onda, mientras los fríos emiten energía de mayor longitud de onda. Por ejemplo, la superficie visible del sol está aproximadamente a 5500°C. Esta emisión máxima de energía está en las longitudes de onda visibles del espectro, 0,4 μm a 0,7 μm . La superficie de la Tierra está mucho más fría y emite energía de mayor longitud de onda. La mayoría de su energía se emite en el infrarrojo y, por ello, llamamos a esta parte del espectro electromagnético, en torno a los 10 μm , el infrarrojo térmico. El termómetro de infrarrojos (TIR) usado en este protocolo mide la energía electromagnética de la superficie de la Tierra. El aparato convierte esta medición en una lectura de temperatura que se muestra en la pantalla del TIR.

El Ciclo de la Energía

El ciclo de la energía describe la manera en la que la energía procedente del sol se reparte en evapotranspiración y calentamiento de la superficie de la Tierra. Científicamente, el ciclo de la energía comienza con la energía solar procedente del sol. Esta energía se ve influida por la cobertura de nubes, el tipo de nubes y el albedo (reflectancia) de la superficie de la Tierra.

En la superficie de la Tierra, parte de la energía solar evapora agua, y parte calienta la superficie. Parte del calor de la superficie pasa al suelo y al aire si están más fríos que la superficie. El calor de vaporización del agua se libera cuando el agua condensa, generalmente cuando se forman las nubes. Esta es la principal fuente de energía para

las tormentas. En el centro del ciclo de energía se encuentra la temperatura superficial. Todos los aspectos del balance total de energía contribuyen o se ven influidos por la temperatura superficial.

La hora del día influye en la temperatura superficial. Ésta aumenta por la mañana y es máxima una hora o dos después del mediodía solar local. La luz solar también es mayor durante el verano, y menor durante el invierno.

La cantidad de vegetación y humedad en la superficie también influyen en la temperatura superficial. Cuando no hay humedad disponible en la superficie, como en un desierto o en una superficie asfaltada, no hay evaporación para enfriar la superficie, y la temperatura de la superficie aumenta más durante el día.

La temperatura superficial influye en la cantidad de radiación de onda larga (térmica) que vuelve al espacio. Cuanto más caliente esté la superficie, más energía irradia.

Para comprender mejor el calor en el medio ambiente, los científicos realizan mediciones de la temperatura de varios componentes diferentes del ambiente en varias zonas. Estas mediciones incluyen la temperatura del aire, la temperatura superficial de la tierra, las temperaturas superficiales del agua y las temperaturas del suelo a varias profundidades. Ustedes, como estudiantes, pueden hacer esto también observando la temperatura de diferentes tipos de coberturas en distintos lugares, a la vez que también se recoge la temperatura del aire, del

agua y del suelo. Los científicos también miden la temperatura de la atmósfera a varias alturas y la temperatura del océano a diferentes profundidades a partir de los sensores de los satélites, globos, cohetes y boyas. Las mediciones a diferentes alturas en el aire y profundidades en el agua se llaman sondeos.

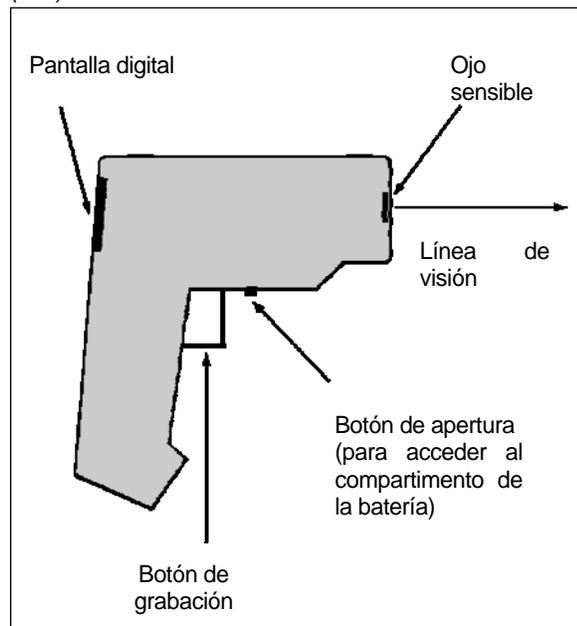
Para más información sobre el balance energético y evapotranspiración, por favor, consulta el *Capítulo la Tierra como Sistema*.

Apoyo al Profesorado

Termómetro de Infrarrojos

Un termómetro de infrarrojos (TIR) mide la temperatura al detectar la radiación infrarroja procedente de la superficie. Este aparato es sensible a la radiación infrarroja en un rango de longitudes de onda entre 8-14 μm . No es necesario que los alumnos comprendan cómo funciona, sino que entiendan los conceptos sobre expansión térmica para utilizar un termómetro convencional. Con el TIR (que, cuando es necesario, se envuelve en un guante térmico o se coloca en el exterior durante, al menos, 30 minutos antes de recoger los datos), se pueden realizar las mediciones de temperatura superficial de una amplia variedad de superficies, incluyendo la superficie de la Tierra en los sitios

Figura AT-TS-2: Termómetro Manual de Infrarrojos (TIR)



de estudio GLOBE.

El instrumento que aparece en este protocolo es el Termómetro de Infrarrojos ST20 (TIR) de Raytek. Se sabe que este modelo cumple los requisitos técnicos de GLOBE (recogidos en el *Juego de Herramientas*). Sin embargo, se puede utilizar cualquier modelo de termómetro de infrarrojos que cumpla las especificaciones GLOBE para realizar esta medición. Es posible que tenga que adaptar algunos detalles de este protocolo a su modelo de termómetro (asegúrese de consultar las indicaciones del fabricante cuando lo haga). Sin embargo, los pasos iniciales para realizar mediciones de temperatura superficial, como se indica en la *Guía de Campo*, permanecerán igual independientemente del instrumento utilizado.

Guante Térmico -o- Colocación del TIR Fuera Durante al Menos 30 Minutos

Cuando la temperatura del aire en el sitio de estudio varíe más de 5 grados Celsius de la temperatura del aire del lugar en el que el TIR se ha guardado, será necesario hacer una de las siguientes cosas:

- Envolver el TIR en un guante térmico antes de ir al sitio de estudio
 - o
- Colocar el TIR fuera durante al menos 30 minutos antes de la toma de datos.

El objetivo del guante térmico o de sacar el TIR fuera al menos durante 30 minutos es evitar mediciones imprecisas debidas a choques térmicos temporales. Un choque térmico es un fenómeno que se produce cuando el TIR experimenta un cambio en la temperatura ambiente.

También, se ha comprobado que el TIR envuelto en un guante térmico funciona durante 30 minutos.

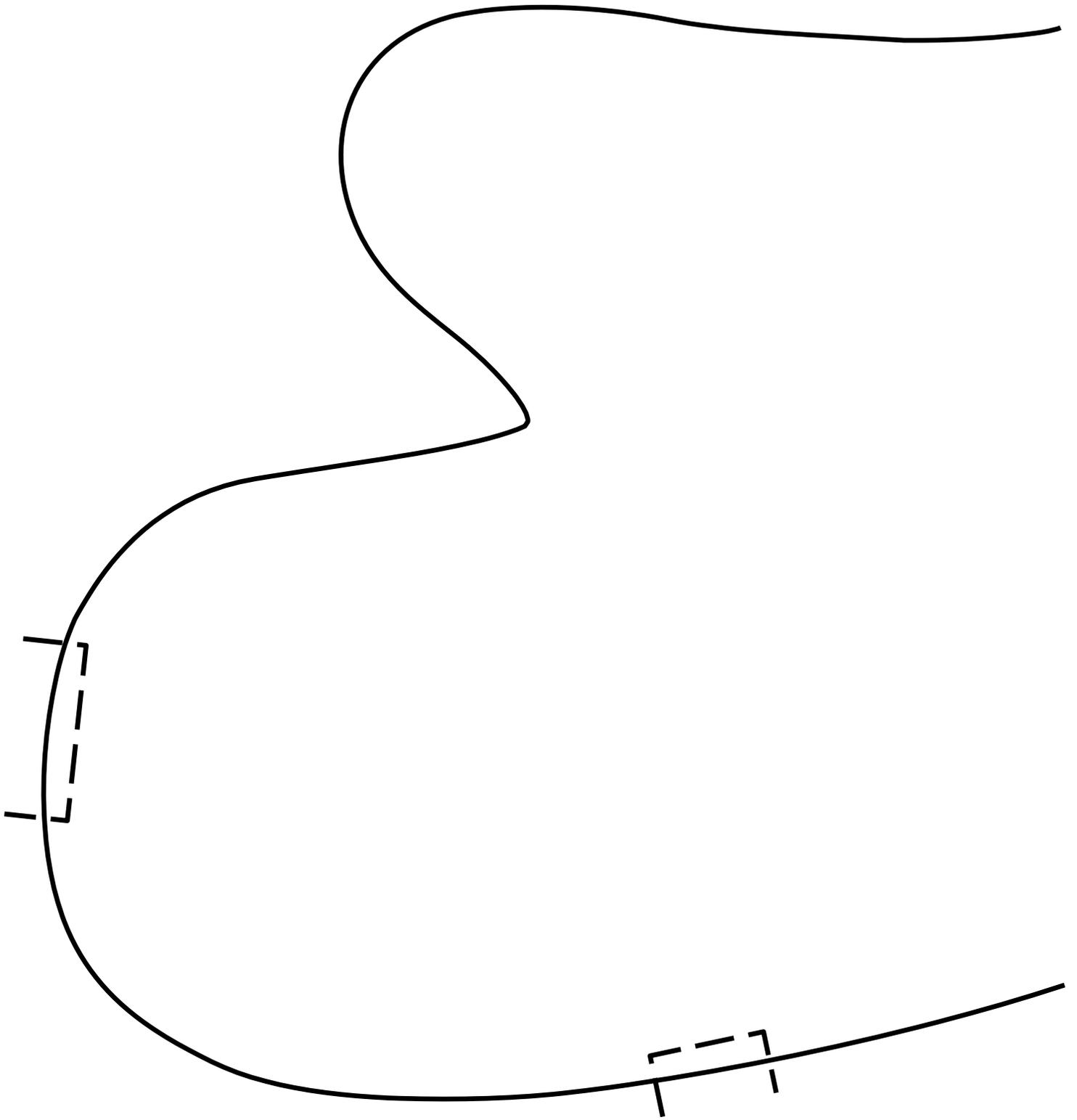
El guante térmico es un invento de un profesor de secundaria muy dedicado y respetado de la Academia St. Úrsula en Toledo, Ohio, EEUU., que se ha implicado en los proyectos de investigación de observación de la Tierra realizados entre estudiantes y científicos desde agosto del 2000. ¡Gracias, Jackie Kane, por toda tu inspiración y esfuerzo!

El guante térmico está hecho a partir de una "manopla de horno" estándar. Una 'manopla para horno' es un dispositivo que la gente se pone en la

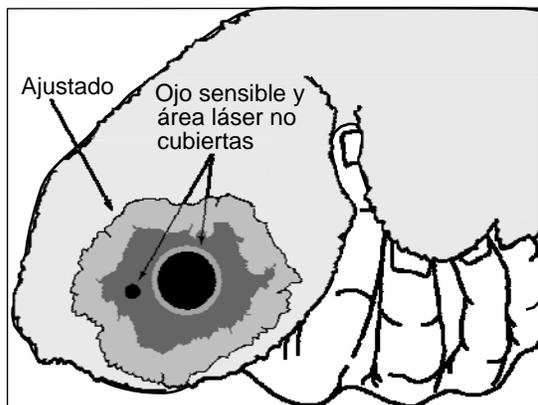
mano (como un guante) para evitar quemarse cuando cogen elementos calientes de un horno o estufa. La “manopla de horno” está constituida en un 100% por felpa; por dentro y por fuera. Un patrón a medida del guante térmico con agujeros para el ojo sensible del TIR y para la pantalla digital se muestra en la página siguiente. Si tiene dificultades para encontrar una manopla de horno 100% de felpa, contacte con el equipo PI de temperatura superficial, y le enviarán gustosamente un guante térmico. La información de contacto del equipo PI de temperatura superficial se proporciona en la página *Conoce a los Científicos* del sitio web de GLOBE.

Instrucciones para Construir un Guante Térmico

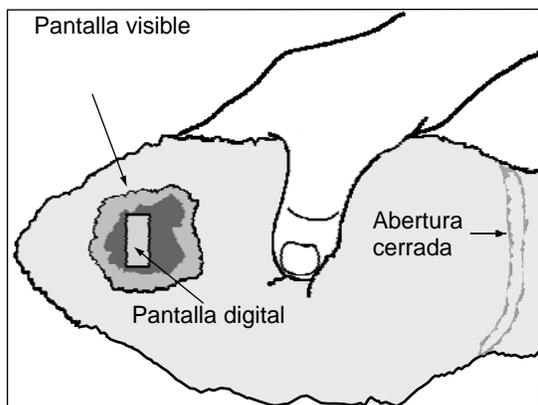
1. Comprar una manopla para horno 100% de felpa.
2. Colocar la manopla para horno sobre el patrón a medida de la siguiente página y marca las áreas de tu manopla para horno en las que se tendrán que hacer los 2 agujeros.
3. Se necesitarán unas tijeras muy puntiagudas, afiladas y resistentes para cortar la manopla para horno y hacer los agujeros.
4. Hacer los 2 agujeros. Deben ser agujeros cuadrados. El agujero de la yema de los dedos debe ser de unos 3,5 centímetros. El otro agujero debe ser de unos 2 cm. Es mejor quedarse corto al hacer los agujeros. Si un agujero es demasiado grande permitirá que pase el aire a través del guante térmico, lo que supondrá un fracaso en el objetivo de éste . Cuando se introduzca el TIR en la manopla para horno se podrán agrandar los agujeros si es necesario.
5. Sujetar la manopla para horno de manera que el pulgar apunte hacia abajo.
6. Colocar el TIR en la parte de los dedos de la manopla con el ojo sensible hacia el agujero del extremo de esta parte. Hay que asegurarse de que la manopla para horno no cubra el ojo sensible y las áreas láser del TIR; asimismo, hay que asegurarse de que el TIR se ajusta perfectamente a la parte frontal de la manopla para evitar que el aire entre al interior del guante térmico (No tener en cuenta la parte del pulgar del guante térmico).
7. Colocar la pantalla digital de manera que se vea desde el agujero superior (cuando el pulgar está apuntando hacia abajo).
8. Hacer cualquier ajuste necesario en los dos agujeros y volver a colocar el TIR en la manopla para verificar el tamaño de los agujeros.
9. Una vez que los dos agujeros se ajustan a las necesidades, aplicar cola en todos los puntos que fueron cortados. Dejar que la cola se seque durante toda la noche antes de utilizar el guante térmico en el campo. La cola sellará las costuras e impedirá que se deshilache.
10. Colocar una goma elástica resistente alrededor de la gran abertura de la parte inferior de la manopla de horno.
11. Ahora se tiene un guante térmico listo para recoger datos y para la investigación – ¡¡Disfrútenlo!!



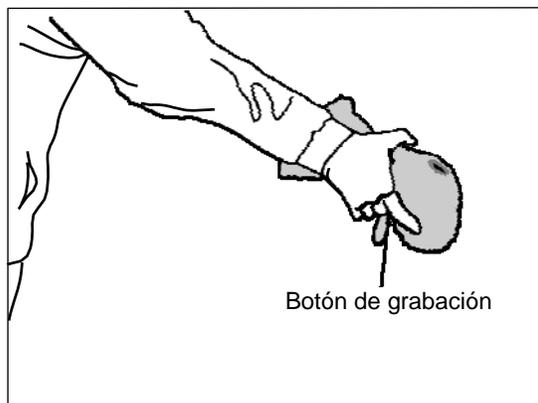
Paso 2



Paso 3 y 4



Paso 5



Instrucciones para usar el TIR con guante térmico:

1. Sujetar el guante térmico de manera que el pulgar apunte hacia abajo.
2. Colocar el TIR con la sección del dedo del guante térmico del ojo sensible apuntando a través del agujero del extremo de la sección del dedo. Hay que asegurarse de que el guante térmico no cubre el ojo sensible y las zonas del láser; asegúrese también de que el guante se ajusta perfectamente a la parte frontal del guante térmico, para evitar que pase el aire a través del guante térmico (no tengas en cuenta la parte del pulgar del guante térmico).
3. Colocar la pantalla digital de manera que sea visible a través del agujero superior (cuando el pulgar está apuntando hacia abajo).
4. Sacar la mano del guante térmico y usar una goma elástica para ajustar el guante térmico alrededor del mango del TIR por la abertura grande de la parte inferior del guante térmico.
5. Manejar el TIR desde el exterior del guante térmico colocando el dedo en el botón de grabación y apretando.

Mantenimiento del Guante Térmico

Cuando sea necesario, recorte los bordes deshilachados de los agujeros para evitar que obstruyan el ojo sensible, la zona láser y la pantalla digital.

Comprendiendo las Mediciones de la Temperatura Superficial

Usando otros protocolos GLOBE, los estudiantes podrán medir la temperatura del aire y del suelo a diferentes temperaturas. Con un termómetro de infrarrojos (que, cuando es necesario, se envuelve en un guante térmico o se coloca fuera durante, al menos, 30 minutos antes de la toma de datos) las mediciones de temperatura del aire y del suelo se pueden complementar con mediciones de la temperatura de la superficie, mejor que con la del aire o la del suelo. Esta temperatura superficial es el vínculo real entre la atmósfera y el suelo, y los datos resultantes son útiles para comprender la transferencia de calor a y desde el suelo. Estos datos también son útiles para compararlos con los datos de satélite, porque algunos instrumentos de los satélites observan el suelo y registran la temperatura superficial de una manera prácticamente idéntica a la del TIR.

Mantenimiento del Instrumento

Asegúrese de seguir las instrucciones del fabricante para un mantenimiento adecuado del termómetro de infrarrojos (TIR). Esto incluye la limpieza apropiada de las lentes, dado que las partículas acumuladas pueden reducir la precisión del termómetro al interferir en la óptica. Tenga cuidado de no dañar las lentes al limpiarlas, y NO use disolventes.

La pantalla digital del TIR mostrará un icono de batería cuando se gasten las pilas. Cuando vea este icono, es el momento de comprobar la pila, y cambiarla si es preciso. La pila es de 9V, está situada en el mango del aparato, y se puede acceder a ella presionando el botón de acceso a la pila (ver Figura AT-TS-2) enfrente del botón de grabación y la abertura del mango. Vea las instrucciones del fabricante para más información.

Asegúrese de que el aparato está mostrando lecturas de temperatura en grados Celsius. Si está configurado

correctamente, la lectura de la pantalla digital estará seguida por el símbolo “°C”. Si, en lugar de este símbolo, aparece “°F” es porque el termómetro está mostrando la temperatura en grados Fahrenheit y debe ser cambiado para mostrar Celsius. El aparato tiene un interruptor que permite cambiar entre Celsius y Fahrenheit. Este interruptor está situado sobre la batería, y se puede acceder a él de la misma manera que se indica arriba. De nuevo, consulte las instrucciones del fabricante para más información. Ya que este interruptor está en el compartimento de la batería, no tiene que preocuparte de que los estudiantes puedan cambiar accidentalmente esta configuración.

La calibración del termómetro de infrarrojos se debe comprobar una vez al año. Para realizar una comprobación, prepare una solución de agua y hielo en un vaso de precipitación o en un tazón. Apunte el TIR directamente hacia el agua con el extremo del aparato a unos 5 cm del agua, y pulse el botón de grabación. Si el aparato está leyendo adecuadamente, la medición de agua y hielo sería de 0°C. Si la lectura no se encuentra entre -2 y 2°C, entonces el instrumento no está calibrado.

Si el termómetro no está leyendo correctamente, compruebe si la batería está baja. Si ese no es el problema, compruebe si la lente está sucia y límpiela si lo está. Si el instrumento sigue sin leer correctamente, contacte al fabricante.

Selección del Sitio

Los datos de temperatura superficial son valiosos para compararlos con las observaciones de satélite y para usarlos junto con las mediciones de temperatura del aire y del suelo. Los sitios a usar son los *Sitios de Muestreo de Cobertura Terrestre*, los *Sitios de Estudio de Atmósfera*, y los *Sitios de Estudio de la Humedad del Suelo*.

Elección y Descripción de un Buen Sitio de Medición de Temperatura Superficial para Comparaciones con Datos de Satélites.

Se necesita un lugar grande, abierto y homogéneo para comparar las observaciones de temperatura superficial con datos de satélites (por ejemplo, del Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer - MODIS - del EOS TERRA de la NASA y los satélites AQUA, de 1 km de

resolución espacial, y el Enhanced Thematic Mapper (ETM+) sensor del Landsat 7 con una resolución de 60 metros en la banda térmica).

Un *Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre* donde las plantas sean inferiores a un metro de altura es un sitio ideal para medir temperatura superficial. Es necesario que los sitios de cobertura terrestre sean homogéneos en un área de al menos 90 metros x 90 metros. Cuando su sitio cumpla estos requisitos, realice el *Protocolo de Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre*.

Los sitios abiertos y homogéneos, pero inferiores a 90 x 90 metros también son útiles para mediciones de temperatura superficial, pero no son adecuados para el *Protocolo de Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre*. El sitio debe estar alejado de árboles y edificios que puedan crear sombras en la zona, porque las sombras reducirán la cantidad de luz solar absorbida por el suelo y pueden provocar variaciones significativas en la temperatura superficial. El sitio puede estar cubierto de hierba (como un campo de fútbol), un aparcamiento (de cemento o asfalto), suelo desnudo o una zona con arbustos.

Si elige un aparcamiento de cemento o asfaltado, no puede haber coches. Si los hay, entonces se tiene el mismo problema con las sombras que se tendría con árboles y edificios. Si el área más grande y homogénea disponible es una parte del aparcamiento, entonces designar esa sección como Sitio de Estudio y utilizar la misma parte del aparcamiento cada vez que se recojan datos de temperatura superficial.

Si su sitio es un área abierta y homogénea superior a 30 x 30 metros (pero inferior a 90 x 90 metros), entonces es estupendo. Si es un área abierta y homogénea inferior a 30 x 30 metros, entonces elige la zona abierta y homogénea más grande disponible y désignela como su Sitio.

Muchos sitios de estudio de atmósfera y de humedad del suelo serán útiles para la comparación con los datos de satélite, ya que estarán en zonas abiertas sin edificios u otras superficies que produzcan sombra.

Marcar adecuadamente los límites del sitio (quizá mediante banderas indicadoras GLOBE) si se puede, de manera que el alumnado pueda volver al lugar exacto de manera fiable cada vez que se

tomen datos de temperatura superficial.

Si el sitio elegido ha sido ya definido como *Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre*, *Sitio de Estudio de Atmósfera*, o *Sitio de Estudio de Humedad del Suelo*, entonces se estará en condiciones de empezar a recoger y enviar mediciones de temperatura superficial. Si el sitio no ha sido definido y es superior a 90 m x 90 m con cobertura terrestre homogénea, definir el sitio como *Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre* siguiendo el *Protocolo de Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre*. Si su sitio no ha sido definido y es inferior a 90 m x 90 m, definirlo bien como un *Sitio de Estudio de Atmósfera* o como *Sitio de Estudio de Humedad del Suelo*, dependiendo de cual sea el más apropiado dadas las demás mediciones que pretenda llevar a cabo en el sitio.

Cuando se defina un nuevo sitio para temperatura superficial, describir cualquier característica única y permanente del sitio que pueda afectar a las mediciones de temperatura superficial en el campo de *Comentarios* (metadatos) para definición del sitio. Por ejemplo, el sitio *es un aparcamiento asfaltado que tiene pintadas líneas amarillas para marcar las plazas y el edificio de nuestro colegio como límite en la parte norte del sitio*. Se puede introducir información adicional sobre cualquier cambio temporal en el estado del sitio relacionado con las lecturas de temperatura superficial en el campo *Comentarios* de la *Hoja de Datos de Temperatura Superficial* cuando realices las mediciones. Por ejemplo, *el sitio hoy está cubierto de hojarasca*.

Cuando se envíen datos de temperatura superficial por primera vez de un nuevo sitio, se pedirá enviar algunos *Datos de definición* haciendo referencia al tamaño y tipo de cobertura que hay en el sitio, así como del modelo de TIR que se utilizará. Anotar esta información en la parte superior de su *Hoja de Datos de Temperatura Superficial* la primera vez que realice mediciones en el sitio.

Se anima a realizar un seguimiento de la temperatura superficial en sitios representativos del mayor número de tipos de coberturas diferentes posible. Cuantos más sitios se puedan controlar y cuantos más datos se envíen, mejor información habrá para realizar investigaciones. Es fascinante seguir al menos 2 sitios con diferentes coberturas terrestres, de manera que

se puedan observar y explorar los cambios en las temperaturas superficiales que se producen debidos a las diferencias entre estos sitios.

Consejos Útiles

Algunos TIR están equipados con luz láser y de fondo. Puede elegir si las quiere activar o no. Si decide activarlas, un haz de luz láser rojo brillará desde la zona del ojo sensible hasta el campo aproximado de visión del instrumento cuando el botón de grabación está pulsado. Esto hará que aparezca un punto rojo donde se está midiendo la temperatura superficial. En la pantalla digital una luz de fondo permanecerá encendida durante siete segundos después de pulsar y liberar el botón de grabación.

Usar el láser le puede ayudar a localizar con mayor precisión el punto en el que está midiendo la temperatura superficial. Sin embargo, esto disminuirá la vida de la pila, y podría distraer a los alumnos/as. Es muy importante que el haz de luz láser no se dirija directamente a los ojos o a superficies en las que se pueda reflejar a los ojos de alguien. La opción de láser y luz de fondo se controla mediante un interruptor situado sobre la pila, en el compartimento de la batería.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Cómo varía la temperatura superficial dependiendo de si la superficie está al sol o a la sombra? ¿Es importante que la sombra sea de un árbol, un arbusto o una nube?

¿Qué relación hay entre temperatura superficial y temperatura actual del aire? ¿Qué relación existe entre la temperatura superficial y la temperatura del suelo a 5 cm y a 10 cm?

¿Cómo varía la temperatura superficial con la cobertura terrestre (p.e., suelo desnudo, hierba corta, hierba alta, cemento, asfalto, arena, hojarasca)?

¿Cómo varía la temperatura superficial con el color de la superficie del suelo?

¿Qué relación hay entre la temperatura superficial del suelo cercano a la caseta meteorológica con la temperatura actual del aire medida en el interior de la caseta?

¿Qué relación hay entre la temperatura superficial de una cubierta boscosa con la temperatura del aire del bosque?

¿Cómo varía la temperatura superficial según los diferentes tipos de cobertura (hierba vs. asfalto, por ejemplo) en un día con nubes?

¿Cómo influye la época del año en la temperatura superficial?

¿Cómo varía la temperatura superficial de diferentes tipos de cobertura cuando hay humedad versus cuando está seco?

Protocolo de Temperatura Superficial

Guía de campo

Actividad

Medir la temperatura superficial.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Temperatura Superficial
- Termómetro de infrarrojos manual (TIR)
- Guante térmico (usarlo cuando la temperatura del aire en el sitio de estudio difiera en más de 5 grados Celsius de la temperatura del aire donde el TIR ha estado guardado)
- Regla o metro de madera (si hay cobertura de nieve)
- Lápiz o bolígrafo
- Carta de nubes GLOBE
- Reloj

En el Campo

1. Cuando sea necesario, bien envolver el TIR en un guante térmico antes de ir al sitio de estudio o bien sacarlo al exterior al menos 30 minutos antes de recoger los datos. Para más detalles, consultar la sección *Guante Térmico - o - Colocación del TIR Fuera Durante al Menos 30 Minutos* de este protocolo.
2. Completar la parte superior de la *Hoja de Datos de Temperatura Superficial* (completar la sección de *Datos Adicionales de Definición del Sitio* si se están realizando mediciones de temperatura superficial en un sitio concreto por primera vez, o si uno de los valores de esa sección ha cambiado)
3. Realizar observaciones de nubes siguiendo los *Protocolos de Nubes GLOBE*.
4. Si no hay nieve en ninguna parte del suelo del sitio, marcar la condición global de la superficie del sitio como “Húmedo” o “Seco” en la *Hoja de Datos de Temperatura Superficial*.
5. Marcar la casilla que corresponda al método usado para evitar que el TIR sufra un choque térmico.
6. Escoger 9 puntos de observación que estén en áreas abiertas del sitio y que estén separadas al menos 5 metros. Los puntos también deberán estar alejados de árboles y edificios que proyecten sombra sobre el suelo y en sitios que no hayan sido recientemente perturbados por el tránsito de personas o animales (Nota: es mejor que se realicen las lecturas en los 9 puntos de observación, segundos después de la anterior).
7. En cada uno de los nueve puntos de observación, tener cuidado de no proyectar sombra sobre el punto.
8. Anotar la hora actual y la correspondiente Hora Universal (UT) en la *Hoja de Datos de Temperatura Superficial*.

9. Sujetar el termómetro de infrarrojos (TIR) (envuelto en un guante térmico cuando sea necesario) con el brazo extendido y apunte el aparato directamente hacia el suelo.
10. Sujetar el TIR (envuelto en el guante térmico cuando sea necesario) tan firmemente como sea posible. Pulsar y liberar el botón de grabación. [SE DEBE soltar el botón de grabación para que el instrumento registre y mantenga la temperatura superficial del punto].
11. Leer y anotar la temperatura de la superficie de la pantalla digital situada en la parte superior del TIR. (Nota: La temperatura superficial se anota en grados Celsius, redondeando a la décima de grado, por ejemplo, 25,8)
12. Medir y anotar la profundidad de la nieve en milímetros en el punto de observación.
13. Repetir los pasos 7-12 en cada uno de los puntos de observación que quedan.
14. Anotar cualquier otra información que explique las condiciones ambientales del día o del sitio en el campo de Comentarios.

a.



b.



Las imágenes de arriba muestran el uso correcto del TIR, a) sin guante térmico y b) con guante térmico



Preguntas Frecuentes

1. ¿Qué debo hacer si la lectura de temperatura superficial que quiero anotar desaparece de la pantalla digital antes de poder hacer una lectura precisa y anotarla?

La lectura de temperatura superficial se mostrará durante siete segundos después de soltar el botón de grabación del TIR. Si no puedes leer la temperatura en este tiempo, o estás inseguro de la lectura, vuelve a realizar la medición en este punto de observación siguiendo las instrucciones de la *Guía de Campo*.

2. ¿Cómo se debe documentar la presencia de copos de nieve en la Hoja de Datos de la Temperatura Superficial?

Si hay menos de 10 milímetros de profundidad de nieve, entonces introduce la letra "T" en la sección de profundidad de la nieve en tu *Hoja de Datos* para indicar unos copos de nieve. Si hay diez milímetros o más, entonces mide la profundidad del bloque de nieve en milímetros usando la regla o metro de madera.

3. La Guía de Campo de Temperatura Superficial pide mediciones de cobertura de nubes y de profundidad de la nieve para las cuales hay otras mediciones GLOBE. ¿Sería útil realizar éstas u otras mediciones GLOBE junto con la temperatura superficial?

¡Sí! Realizar muchos tipos de mediciones distintas a la vez permitirá una mejor comprensión del estado del ambiente que lo que proporcionaría una única medición. Realizar mediciones adicionales para acompañar las lecturas de temperatura superficial permitirá estudiar qué factores pueden influir en cada lectura individual. La temperatura superficial está muy relacionada con la cobertura de nubes, la temperatura del aire, la humedad del suelo, la caracterización del suelo y el tipo de cobertura terrestre.

4. ¿Es importante introducir NO nieve - o - NO nubes?

Sí, ¡es importante informar de que no hay nieve y/o no hay nubes! Si no hay nieve, por favor, introduzca un cero en todos los campos correspondientes de PROFUNDIDAD DE LA NIEVE. Si no hay nubes

en el cielo, por favor, marque NO

NUBES en la tabla de *Tipo de Nube* en la *Hoja de Datos de Temperatura Superficial*.



El hecho de que no haya nieve o nubes presentes, influirá directamente en las lecturas de temperatura superficial, de manera que enviar esto ayudará a explicar las lecturas. Si deja en blanco estos campos podrá llevar a confusión, porque los científicos no sabrán si olvidó tomar el dato o si la medición es cero. También, los datos para ese día podrían no ser útiles para investigación.

5. ¿Se puede utilizar el termómetro de infrarrojos (TIR) para otro tipo de seguimiento de la temperatura?

Sí. Algunos de sus otros usos son en empresas de productos cárnicos, para asegurarse de que sus frigoríficos y congeladores mantienen una temperatura específica. También, los mecánicos usan este aparato para medir la temperatura del aceite de un coche. Una profesora nos ha comunicado que el conserje entró en su aula para comprobar la temperatura en diferentes lugares de la habitación para ayudar a determinar si el sistema de calefacción de la clase está arreglado.

6. La Guía de Campo dice que se deben realizar mediciones en nueve puntos de observación diferentes cada vez que vayamos al sitio de estudio para realizar mediciones de temperatura superficial. ¿Se pueden realizar menos de 9 mediciones?

Le animamos a que realice las 9 mediciones. Los 9 puntos son necesarios para que los científicos GLOBE hallen medias significativas del sitio de estudio y que puedan hacer comparaciones precisas con los datos de satélite. Cuantas más lecturas realice, ¡mejores serán sus datos para los científicos! Si su sitio de estudio es inferior a 30 x 30 metros, aún le animamos a realizar las 9 mediciones, sin embargo, también entendemos que las mediciones no estarán separadas 5 metros. Es necesario que realice al menos 3 mediciones para enviar los datos a GLOBE.

7. ¿Puedo usar el TIR para estudiar la temperatura superficial del agua?

Sí, el TIR se puede utilizar para leer la temperatura de la superficie de un cuerpo de agua. Sin embargo, dado que no se pueden seguir los pasos señalados en la *Guía de Campo de Temperatura Superficial* en cuerpos de agua abiertos, estos valores no se pueden enviar a GLOBE. Sin embargo, pueden ser bastante útiles para estudiar la relación entre la temperatura del aire y la del agua, y se puede incluir como metadatos acompañando las lecturas de temperatura del agua enviadas a GLOBE.

8. ¿Cuándo debo usar el guante térmico?

El termómetro de infrarrojos (TIR) se debe envolver en el guante térmico cuando la temperatura del sitio de estudio difiera en más de 5 grados Celsius de la temperatura del aire del lugar en el que se ha guardado el TIR.

9. ¿Debo redondear al número entero más cercano al anotar la medición de temperatura superficial que aparece en la pantalla digital del TIR?

NO. La medición de temperatura superficial se debe tomar con el decimal más cercano, por ejemplo, 25.8.

Protocolo de Temperatura Superficial – Interpretando los datos

¿Son Razonables los Datos?

Hay muchos factores que influyen en la lectura de temperatura superficial, incluyendo el tipo de cobertura terrestre, la humedad del suelo, la nubosidad y las temperaturas previas a la observación, además de la ubicación, la hora del día y el día del año. Por ello, será más difícil determinar si los datos de temperatura superficial son razonables.

Según se vaya familiarizando con las lecturas de temperatura superficial en su sitio a lo largo del año, le serán más familiares las posibles temperaturas de los distintos tipos de cobertura. Se ejercitará como observador, y será capaz de distinguir si se ha producido alguna anomalía (una medición que parezca extraña, en comparación con los demás datos) lo que le llevará a cuestionar esa lectura o área.

Algunas veces las observaciones que obtiene pueden parecer incorrectas, pero, realmente, las observaciones pueden estar informándole de algo interesante sobre cómo se calientan y enfrían las distintas superficies. Si pregunta, la mayoría de la gente diría que un aparcamiento asfaltado sería mucho más cálido que un lugar con hierba. Un centro GLOBE de Michigan (EEUU) comprobó exactamente lo contrario en una tarde soleada de principios de marzo. El lugar con hierba era más cálido que el asfaltado. En el caso de estas observaciones, el tiempo había sido muy frío durante todo el invierno. En el día soleado en cuestión, el Sol fue capaz de calentar la hierba, mientras que el aparcamiento asfaltado retuvo las temperaturas frías del invierno durante mucho más tiempo. Desde el verano hasta principios del otoño, en una tarde soleada el aparcamiento asfaltado estará más caliente que el sitio con hierba. Sin embargo, en las tardes soleadas durante el invierno y hasta principios de la primavera, la hierba se calentará bajo el Sol, y estará más caliente que el aparcamiento.

Otras veces puede que no haya explicación científica para una observación de temperatura superficial diferente. Por ejemplo, sabe que el suelo está congelado porque puede ver hielo; sin embargo, el TIR registra 40° C. Esto puede llevarle a preguntarse si su TIR está midiendo

de manera precisa, si ha cometido algún error al tomar los datos o si algo ha cambiado en su sitio de estudio. Los científicos también se plantean estas mismas preguntas con sus observaciones. Si cree que el TIR puede estar leyendo mal la temperatura, consulte la sección de abajo *Mantenimiento del Aparato*. El TIR puede necesitar una pila nueva, las lentes pueden estar sucias, o el instrumento puede no estar calibrado.

Así que, ¡prepárese para un aprendizaje interesante y excitante sobre temperaturas de nuestro planeta!

¿Qué Buscan los Científicos en Estos Datos?

Los científicos GLOBE utilizarán las observaciones de temperatura superficial tomadas por el alumnado GLOBE de dos maneras: Una, para validar algoritmos de los satélites que se utilizan para registrar la temperatura superficial de la Tierra. Las imágenes de satélite dan una visión sinóptica del paisaje que las observaciones sobre el terreno no pueden dar. Según se indicó antes, en la sección de *Introducción del Protocolo de Temperatura Superficial*, la superficie de la Tierra emite radiación electromagnética en función de su temperatura. Sin embargo, los satélites observan la energía emitida por la Tierra después de que haya viajado por la atmósfera. Los gases de efecto invernadero de la atmósfera, tales como dióxido de carbono y vapor de agua, absorben parte de la energía emitida por la superficie de la Tierra y estos gases emiten energía a su propia temperatura, lo que puede inducir a error a las observaciones de satélite de la temperatura de la superficie. Este efecto atmosférico dificulta a los científicos el uso de la temperatura superficial que recogen los satélites. Las observaciones de temperatura superficial del alumnado GLOBE permitirán determinar si los algoritmos de los satélites (ecuaciones) para temperatura superficial representan con exactitud la interferencia de la atmósfera.

Otra manera en la que se utilizarán los datos de temperatura superficial es para comparar las observaciones entre diferentes tipos de cobertura para controlar la influencia de la cobertura terrestre en la temperatura de la Tierra. Estas observaciones permitirán comprender las causas y el alcance del efecto de isla de calor urbana. Se compararán las temperaturas superficiales de sitios con hierba en centros escolares urbanos y rurales. La misma comparación se realizará con todos los tipos de cobertura en lugares urbanos y rurales.

El efecto de Isla de Calor Urbana

El efecto de isla de calor urbana es un fenómeno en el que el cambio en la cobertura de vegetación natural a asfalto y edificios puede provocar que la temperatura de una zona aumente (Figura AT-TS-3). La zona centro de una ciudad puede tener entre 5-10°C más que los alrededores. La transpiración de la vegetación, incluyendo árboles y hierba, enfría el aire. La energía del sol que llega a la superficie se utiliza para evaporar el agua y no está disponible para calentar el suelo. Por el contrario, en aparcamientos, carreteras y edificios, se secan bajo la luz solar, y toda la energía procedente del Sol calienta la superficie, calentándose más de lo que estaría de otra manera. Puede apreciar estas diferencias de temperatura cuando está realizando sus observaciones. (**Nota:** La hora del día y la época del año pueden influir en si el pavimento está más caliente que la hierba).

Observar la imagen de temperatura superficial de Toledo, Ohio, EEUU, que se muestra en la Figura AT-TS-4. Esta imagen es del satélite Landsat 7, tomada el 1 de julio de 2000, aproximadamente a las 11:00 AM Hora Local. Las áreas rojas, y las azules y moradas están más frías. Los lugares más calientes son sitios con mucho pavimento, (cemento y asfalto), tales como avenidas y la zona central de la ciudad de Toledo. Las zonas más frías son los parques, que tienen muchos árboles, y el agua, en el río Maumee y en el lago Erie.

Ejemplo de una Investigación del Alumnado

Diseño de una Investigación

Este es un ejemplo de una investigación sencilla que se puede realizar usando un TIR. Los métodos de investigación de clase de Mikell Hedley del Instituto Católico Central de Toledo, Ohio, EEUU, investigan las propiedades de diferentes tipos de coberturas terrestres que influyen en la temperatura superficial. En los límites de cada sitio recogieron muestras de temperatura superficial en 4 puntos de observación diferentes.

Era una tarde soleada, y la clase decidió observar hierba, asfalto, cemento y suelo desnudo. Antes de salir, la señora Hedley pidió a sus estudiantes que hicieran un pronóstico sobre qué áreas estarían más calientes y cuáles más frías.

Alumno 1 – Sé que el asfalto de mi calle se calienta mucho los días de verano. Creo que es porque es negro. Por ello, el asfalto será lo más caliente.

Profesor – Las superficies negras absorben más luz solar que las superficies claras, como el cemento. Comprobaremos si tienes razón. ¿Qué más ocurre?

Alumno 2 – ¿No producen agua las plantas? En clase de biología aprendemos que las plantas producen agua en la fotosíntesis. Por ello, creo que la hierba estará más fría. .

Figura AT-TS-3: Ejemplo de Relación entre Cobertura Terrestre y Temperatura. Miller (1999)

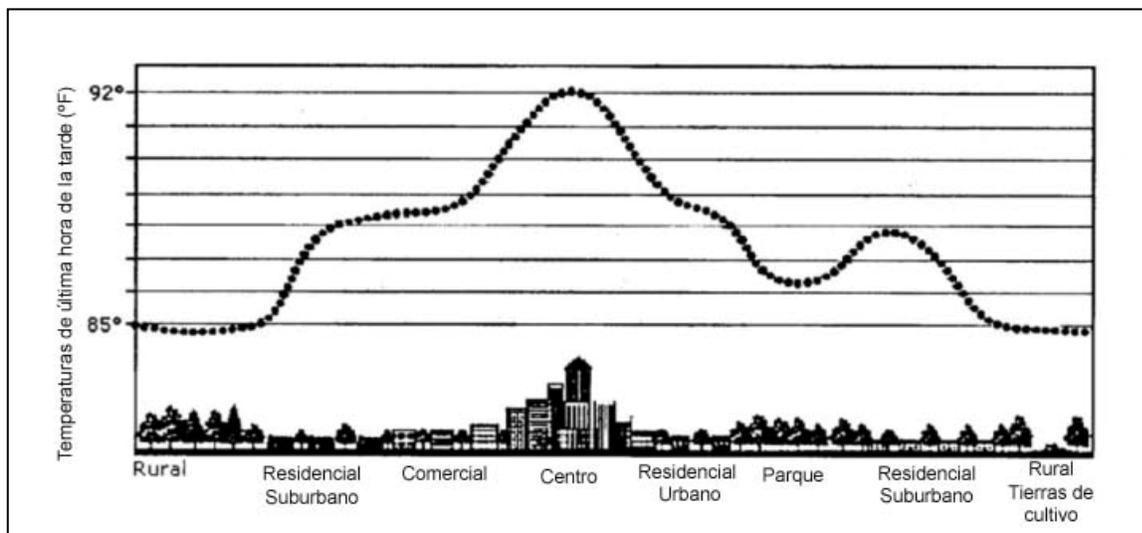
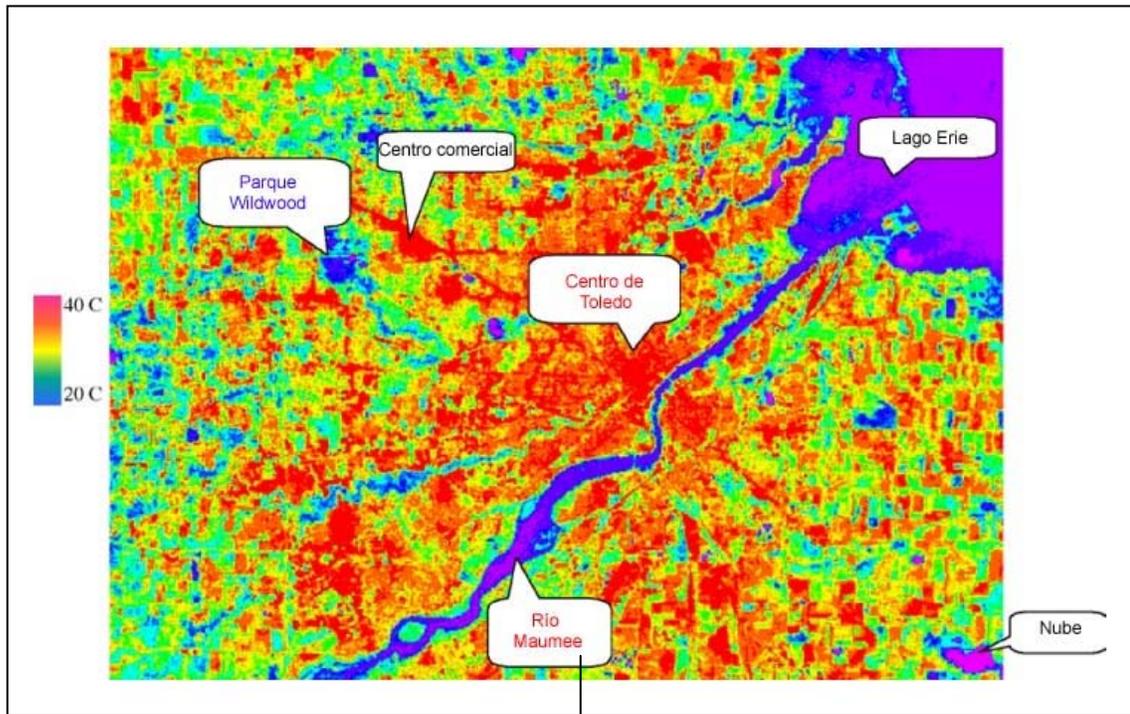


Figura AT-TS-4: Temperatura Superficial para Toledo, Ohio, EEUU.



Profesor – Sí, las plantas toman agua del suelo que al transpirar pasa al aire. La evaporación enfría y, mediante la transpiración el agua en estado líquido pasa a vapor de agua en el aire.

Alumno 3 – Asfalto, cemento y suelo desnudo son densos y compactos. Creo que será necesario más calor para calentarlos, pero la hierba no es tan compacta, por lo que se calentará más rápido y será lo más caliente.

Profesor – Midamos y comprobemos sus hipótesis.

En la Tabla AT-TS-5 se presentan los resultados.

Tabla AT-TS-5: Lecturas de Temperatura Superficial (°C) en Zonas con Diferentes Tipos de Cobertura Terrestre

Cobertura	Puntos de observación			
	1	2	3	4
Hierba	27,5	30,0	28,5	29,0
Asfalto	35,5	33,5	33,5	34,0
Cemento	32,0	33,0	32,0	33,5
Suelo desnudo	30,0	31,0	33,0	31,5

Estos datos muestran que el asfalto tuvo la temperatura más alta, mientras que la hierba tuvo la menor, de manera que se ha comprobado que las hipótesis de los alumnos 1 y 2 son correctas.

Protocolo de Ozono Superficial



Objetivo General

Medir las concentraciones de ozono superficial a nivel del suelo.

Visión General

Se utiliza una tira de papel que cambia de color en presencia de ozono. Se usa un medidor de ozono para calcular la cantidad de ozono en ppb a partir del cambio de color de la tira de papel.

Objetivos Didácticos

Aprender a medir concentraciones de ozono en la atmósfera a nivel del suelo y a observar cambios en las concentraciones a lo largo del tiempo.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El tiempo se puede describir a partir de 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 atmósfera está compuesta por diferentes gases y aerosoles.

Los materiales de las sociedades humanas influyen sobre los ciclos químicos de la Tierra.

Geografía

Las actividades humanas pueden modificar el ambiente.

Beneficios del Estudio de la Atmósfera

La concentración del ozono superficial varía a lo largo del tiempo.

La cobertura de nubes, la temperatura del aire, la dirección del viento y la humedad afectan la concentración de ozono. La calidad del aire se ve influida por la concentración de ozono presente.

Habilidades de Investigación Científica

Utilizar tiras de ozono o un medidor para medir *in situ* concentraciones de ozono.

Usar una veleta para conocer la dirección del viento.

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Utilizar las matemáticas adecuadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones usando la evidencia.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

Hora

Dos períodos de cinco minutos separados 1 hora

Nivel

Todos

Frecuencia

Diariamente

Son preferibles las mediciones realizadas en el intervalo de una hora del mediodía solar local.

Materiales y Herramientas

Hoja de Datos de Ozono

Sujetapapeles

Lápiz o bolígrafo

Tira de prueba química en bolsa de plástico sellada.

Analizador de la tira de prueba del ozono.

Estación de medición de ozono.

Dispositivo para medir la dirección del viento.

Carta de nubes GLOBE.

Caseta meteorológica con termómetro.

Psicrómetro giratorio o higrómetro digital

Reloj

Preparación

Montar o instalar la estación de seguimiento del ozono.

Montar o adquirir e instalar la veleta.

Requisitos Previos

Protocolos de Nubes

Protocolo de Humedad Relativa

Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima y Actual o

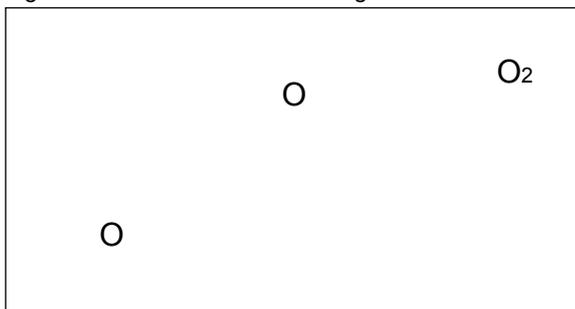
Protocolo de Temperatura Digital Multi-día Máx/Mín/Actual del Aire y del Suelo

Protocolo de Ozono – Introducción

El ozono es uno de los muchos gases del aire presentes en pequeñas cantidades. Estos son los llamados gases traza, que desempeñan un papel en la compleja química que determina la calidad del aire que respiramos. Las cantidades (concentraciones) de estos gases traza varían con la hora del día, de un día para otro, y de un lugar a otro. Estas variaciones se deben a variaciones en las cantidades de otros gases a partir de los cuales se forman los gases traza, y a otras condiciones tales como la temperatura del aire. El seguimiento de las concentraciones de gases traza es importante para comprender la calidad del aire y cómo está cambiando.

La molécula de oxígeno está formada por dos átomos de oxígeno (O_2) (ver Figura AT-OS-1) y representa el 21% de la atmósfera terrestre. El ozono, una molécula compuesta por tres átomos de oxígeno (O_3) (ver Figura AT-OS-2) está presente en cantidades mucho menores. El ozono superficial se produce cuando se liberan ciertos compuestos químicos a la atmósfera y estos reaccionan entre sí en presencia de luz solar. El ozono es un gas traza importante porque es muy reactivo, lo que significa que se unirá y reaccionará fácilmente con todas las superficies, incluyendo el tejido vivo.

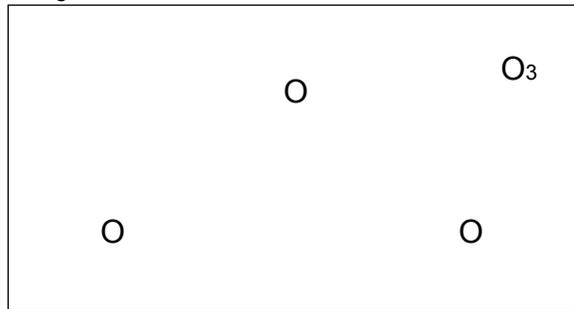
Figura AT-OS-1: Molécula de Oxígeno



Hay ozono tanto en la estratosfera como en la troposfera, el 90% del ozono se encuentra en la estratosfera, quedando una pequeña cantidad en la troposfera. Al ozono estratosférico se le llama a menudo 'ozono bueno' porque absorbe gran parte de los rayos ultravioleta solares, y protege a los seres vivos de la Tierra. Por el contrario, el ozono que se encuentra en la troposfera es 'ozono malo' y se considera un contaminante. Es el principal componente del smog. Algunas veces se utiliza el término "smog fotoquímico", que es el término correcto para la contaminación que se produce cerca de la mayoría de áreas urbanas. Este tipo de smog es producto de reacciones químicas en la atmósfera que se producen sólo en presencia de luz solar.

El ozono es, generalmente, uno de los gases traza más abundantes en la atmósfera y el alumnado GLOBE puede medirlo usando una simple tira de prueba química. Recoger datos de ozono superficial proporcionará un registro de la cantidad de ozono presente en diferentes regiones geográficas del mundo y en diferentes momentos. Estos datos ayudarán a los científicos a comprender cómo las condiciones del tiempo influyen en la cantidad de ozono en el aire. La base de datos GLOBE aportará información valiosa para comprender cómo puede estar cambiando la atmósfera terrestre.

Figura AT-OS-2: Molécula de Ozono



Apoyo al Profesorado

La Medición

La medición GLOBE de ozono superficial se realiza usando una tira químicamente sensible que cambia de color en presencia de ozono. Cuanto más ozono haya, mayor será el cambio. La tira química se cuelga del clip de la estación de monitoreo, preferiblemente en el intervalo de una hora desde el mediodía solar local, y se deja expuesta al aire durante una hora. Posteriormente se lee usando un medidor, que proporciona una lectura más precisa que el ojo, aumentando así el valor científico de estos datos.

El cambio de color será mayor si la tira se expone al ozono por un período superior de tiempo. Por ello, para asegurar que los datos GLOBE sean comparables en todo el mundo, el protocolo especifica que la tira debe estar expuesta sólo una hora, y que se debe informar sobre la hora y minuto de la lectura.

Colocación de la Tira Química

La tira química se expone al aire libre que se mueve libremente por la estación de monitoreo. Es importante mantener la tira en la bolsa de plástico cerrada hasta que se coloque en la estación, ya que una vez que la tira está expuesta comienza a reaccionar con el ozono presente. Cuando se coloque la tira, evitar tocar la parte química para evitar la contaminación; no obstante, no hay peligro si alguien tocara la tira.

Lectura de la Respuesta Química

La lectura de la tira químicamente sensible debe realizarse en el campo. El equipo que recoja la información anotará la respuesta en la *Hoja de Datos de Ozono*.

Cálculo del Nivel de Ozono Superficial

El escáner manual proporciona una lectura más precisa del color de la tira de prueba de ozono que la que podría alcanzar el ojo humano. El medidor está diseñado para proporcionar una lectura de la concentración de ozono en unidades de partes por billón. La correspondencia entre el color de la tira y la concentración de ozono media en el aire durante el tiempo que la tira ha estado expuesta supone que la exposición ha durado sólo una hora.

Coloque la tira química en la pequeña ranura que hay en la parte superior del medidor. Sujete el extremo de la tira química por donde están las palabras "Test Card". La parte química de la tira debe mirar hacia la pantalla o visualizador. Deslizar con cuidado la tira por la ranura de la parte superior del medidor hasta que la parte inferior de la tira toque la base del medidor y no entre más. Esto deja el círculo con los compuestos químicos en el centro del extremo del medidor. El medidor tardará unos segundos en leer el cambio de color de la tira e identificar la concentración de ozono en partes por billón.

Problemas de la Medición

La necesidad de exponer la tira de ozono durante una hora puede suponer un problema. Una manera de resolver esto sería exponer la tira de ozono a la vez que se realizan las mediciones de temperatura máxima, mínima y actual; precipitación; humedad relativa y nubes, que se hacen en el intervalo de una hora del mediodía solar local. Estas mediciones proporcionarán un conjunto de mediciones de nubes y temperatura actual necesarias para las mediciones de ozono. También se debería anotar la dirección del viento a esa hora.

Unos minutos antes de que haya pasado una hora, el alumnado tendrá que ir al sitio para medir la concentración de ozono mediante la tira. Al mismo tiempo, tendrán que abrir la caseta meteorológica y leer la temperatura actual, hacer los *Protocolos de Cobertura de Nubes y Tipo de Nubes*, y de nuevo observar la dirección del viento. Las condiciones del tiempo inusuales que puedan haber influido el resultado de la tira se deben enviar como comentarios o metadatos. No es necesario que la tira de ozono sea leída por los mismos alumnos/as que la colocaron. Esto le da algo de flexibilidad para superar las restricciones de la jornada escolar y los horarios del alumnado.

La clave para esta medición en dos tiempos es establecer un horario claro para que toda persona implicada pueda saber qué debe hacer y cuándo hacerlo. Diseñe un método para que el alumnado sepa cuándo se está acabando la hora y vuelva al sitio para leer y anotar los datos.

Las concentraciones de ozono a menudo varían a lo largo del día. Para lograr un conjunto sistemático de lecturas de ozono que puedan ser comparables

entre muchos centros escolares, el primer conjunto de datos deseado es de mediciones tomadas en el intervalo que comprende una hora desde el mediodía solar local. Esto requeriría el menor esfuerzo mencionado arriba. Si este horario no se ajusta al centro escolar o si se quiere realizar más de una medición de ozono al día, se puede hacer este protocolo a otra hora. Estos datos podrían no mostrarse en las visualizaciones GLOBE de valores de ozono de mediodía, pero se incluirán en las tablas de datos asociadas al centro y estarán disponibles para hacer gráficos. La clave es que la tira de ozono se exponga durante una hora y que las nubes, la temperatura actual y la dirección del viento se envíen tanto al comienzo como final de este período de tiempo.

Uso y Mantenimiento del Medidor

Un medidor manual de ozono se utiliza para medir el nivel de ozono presente en la atmósfera. Es importante leer el medidor manual en una zona a la sombra con el medidor colocado en una superficie llana estable. La luz solar y el movimiento pueden influir sobre la lectura.

Colocar el medidor dentro de la caseta meteorológica proporciona la superficie plana estable necesaria para realizar la medición de ozono. El aparato debe estar dentro de la caseta meteorológica durante 5 minutos para permitir que se ajuste a las condiciones exteriores. Durante estos 5 minutos se pueden anotar los datos de cobertura de nubes, de temperatura y de dirección del viento. Después de anotar estos datos, el alumnado regresará a la caseta meteorológica, encenderá el medidor y esperará 30 segundos para permitir que se estabilicen los procesos electrónicos. El medidor se apagará automáticamente. Enciéndalo inmediatamente para calibrar la tira de prueba no expuesta. Estos mismos pasos se deben repetir al regresar al sitio para tomar la lectura de la tira de ozono expuesta. El medidor se debe volver a llevar a la clase después de calibrar la tira no expuesta así como después de la lectura de la tira expuesta.

El medidor manual de ozono es un instrumento delicado, por lo que se debe tener cuidado para asegurar que las mediciones sean precisas.

1. Mantener el medidor a temperatura ambiente en su funda, para protegerlo de la suciedad y el

polvo cuando no se está usando.

2. Ir a RESET y poner a cero el medidor cada día en MODO 01
3. Cuando se enciende el medidor para calibrarlo con la tira no expuesta o para leer la tira expuesta, tenga cuidado de no tocar o golpear los dos botones del extremo del medidor. Si se tocan los botones sin una tira en el medidor, el medidor responderá intentando guardar una lectura sin tira, y no se tendrá una lectura precisa en ppb. El medidor se tendrá que volver a calibrar con una tira no expuesta para poner a cero la lectura del papel blanco.
4. La tira de prueba del medidor es sensible a los cambios de temperatura. Si la temperatura exterior no está en un rango de 5°C de la temperatura de la clase, el medidor debe permanecer dentro, y la tira expuesta debe llevarse al interior de la clase para su lectura. El tiempo que se emplea en llevar la tira de ozono de la estación de seguimiento a la clase no influirá de manera apreciable sobre las concentraciones de ozono.
5. Apague el medidor cuando no se esté usando.
6. Tenga cuidado de no dejar caer el medidor.
7. Proteja el medidor del agua.
8. Cambie las tres pilas AAA cuando el medidor indique que queda poca batería.

Mediciones de Apoyo

Dado que la química de los gases traza en la atmósfera depende de la cantidad de luz solar presente, se pide al alumnado que anote la cobertura y el tipo de nubes cuando se expone la tira y cuando se hace la lectura. Muchas reacciones químicas también dependen de la temperatura, por lo que se pide medir la temperatura actual cuando se expone la tira y se realiza la lectura. Finalmente, las cantidades de gases traza presentes pueden variar considerablemente dependiendo de lo que haya en contra del viento del sitio de medición. También se mide la dirección del viento al iniciar y finalizar el período de exposición.

Estos datos de apoyo pueden compararse a los datos recogidos por otros centros en diferentes lugares. Según el alumnado vaya aprendiendo

sobre el aire que respiran, se debe investigar sobre cómo las condiciones meteorológicas pueden influir sobre la cantidad de ozono en el aire que los rodea. La comparación de los datos con los de otros alumnos/as de otros lugares del mundo es un tema apropiado para la investigación.

Nota: Si no se dispone de mediciones del viento, sería importante tener datos meteorológicos superficiales del sitio más cercano (disponibles en la Web) para el análisis de los datos (así como para el análisis de otras mediciones del protocolo de atmósfera). Si se toman los datos de la Web, se debe indicar en los metadatos.

Preparación del Alumnado.

Se debe enseñar al alumnado cómo medir y anotar el nivel de ozono superficial. Será importante para la precisión de las mediciones que sean capaces de:

1. Trabajar en grupos de 2-4 personas para recoger, analizar y discutir los resultados.
2. Organizar todos los materiales necesarios para montar y tomar las mediciones de ozono superficial.
3. Seguir un horario para volver al sitio de control del ozono 5-10 minutos antes de la hora de lectura de la tira para realizar las mediciones de apoyo.
4. Identificar y anotar la hora de comienzo a la que se expone la tira química, y leer de manera precisa la tira pasada una hora.
5. Llevar la tira química sensible al lugar de control en una bolsa de plástico para controlar el tiempo de exposición.
6. Leer y seguir las instrucciones de la *Guía de Campo de Ozono* para colocar y leer la tira de ozono.
7. Leer la temperatura actual del termómetro de máximas/mínimas sin modificar la configuración de máximas y mínimas.
8. Identificar y anotar el tipo y cobertura de nubes utilizando los *Protocolos de Nubes*.
9. Anotar los datos de manera precisa y completa para enviarlos a GLOBE y para su posterior análisis y representación mediante gráficos.

10. Anotar las observaciones en sus cuadernos individuales de Ciencias GLOBE.

11. Responder en sus cuadernos de ciencias GLOBE a una pregunta que deje ver la naturaleza individual de su experiencia de aprendizaje, compartir sus respuestas con su equipo, discutir y decidir si añaden su respuesta como resultado de su discusión sin cambiar la respuesta original.

Consejos Útiles

Tenga un área designada en la que esté el sujetapapeles con la *Hoja de Datos* para facilitar a los diferentes grupos el trabajo la toma de datos. Guarde las *Hojas de Datos* en un archivador para que no se pierdan.

De vez en cuando compruebe el registro escrito en el Libro de Datos para asegurar que está completo y es correcto.

A veces una tira química se daña mientras está expuesta al ambiente. Si la tira química se moja, la respuesta no será correcta. Introduzca M para los datos de este día o período de tiempo. Esto indicará que la medición fue tomada, pero que se contaminó.

Si no hay respuesta en la tira química, introduzca 0 para indicar que no hay ozono superficial presente.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Está relacionada la cantidad de ozono que se observa con otros fenómenos atmosféricos?
¿Cuáles? ¿Cómo?

¿Cómo se pueden usar los datos recogidos durante un período de tiempo para pronosticar futuros cambios en la atmósfera?

¿Cuál es la variabilidad diaria del ozono en la atmósfera? ¿Estacionalmente? ¿Anualmente?

Exposición de la Tira de Ozono

Guía de Campo

Actividad

Comenzar la medición de la concentración de ozono superficial.

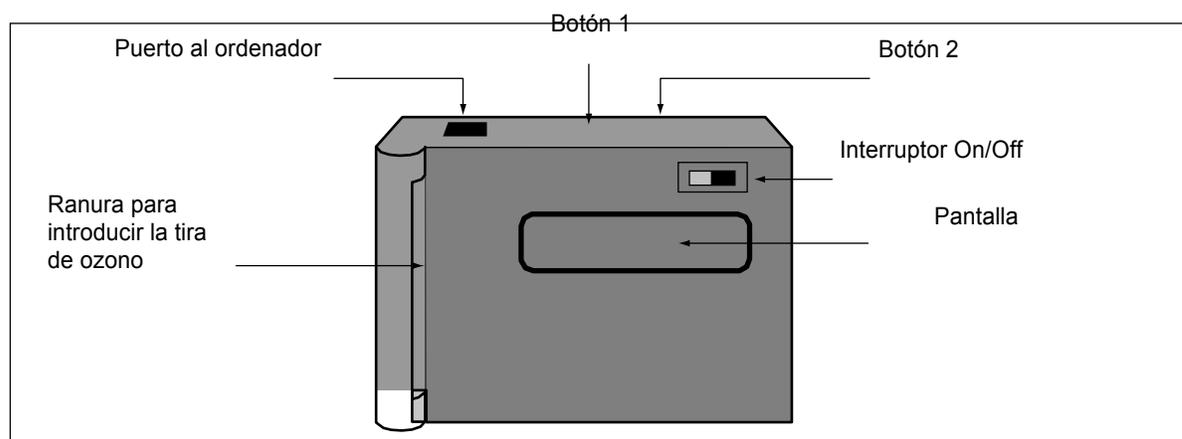
Anotar las condiciones de las nubes, la temperatura actual del aire, la dirección del viento y la humedad relativa.

Qué se Necesita

- Una tira de medición de ozono
- Una bolsa de plástico para llevar la tira de medición al sitio de estudio
- Medidor de ozono
- Portapapeles
- Hoja de Datos de Ozono
- Bolígrafo o lapicero
- Psicrómetro giratorio o higrómetro digital
- Guía de Campo de Medición de la Dirección del Viento
- Guía de Campo de Cobertura de Nubes
- Guía de Campo de Tipo de Nubes
- Guía de Campo del Psicrómetro Giratorio o Guía de Campo del Higrómetro Digital
- Carta de nubes GLOBE
- Veleta
- Llave de la caseta meteorológica
- Un reloj con minuterero.

Nota: Si se usa el higrómetro digital para medir la humedad relativa actual, se debe colocar en la caseta meteorológica al menos 30 minutos antes de calibrar y colocar la tira de ozono no expuesta y tomar los metadatos.

Medidor de ozono



En el Campo o en la Clase

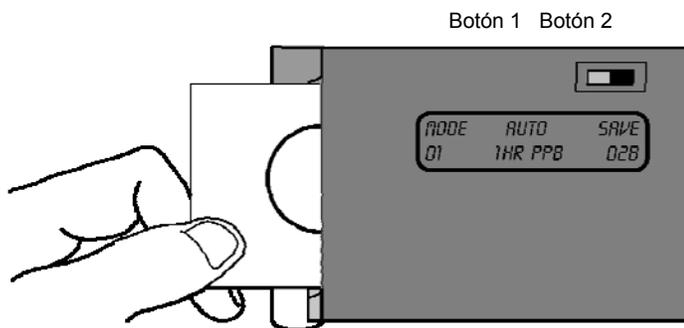
1. Completar la parte superior de la *Hoja de Datos de Ozono*.
2. Sacar una única tira de medición de ozono de la bolsa de plástico,
3. Anotar la fecha y la hora de inicio.

Calibración del Medidor

4. Colocar el medidor en una superficie firme evitando la luz directa del sol, preferiblemente dentro de la caseta meteorológica.
5. Al encender el medidor se debería ver lo siguiente en la pantalla de LCD. (Los medidores más antiguos pueden mostrar 170 como número bajo SAVE y deben ser recalibrados. Contacte con el Grupo de Ayuda GLOBE para obtener ayuda).



6. Colocar la tira de ozono no expuesta en el medidor con la parte química mirando hacia la pantalla.



7. Pulsar el botón 1 (botón izquierdo) hasta que aparezca SELECT> CALIB en la pantalla.
8. Pulsar el botón 2 (botón derecho) y verá 1 HR WHT = y números fluctuando. Eso está bien.
9. Pulsar ambos botones simultáneamente para guardar la lectura de la tira no expuesta.
10. Apagar el medidor y quitar la tira no expuesta. (NOTA: apagar el medidor antes de quitar la tira evitará el cambio accidental de las configuraciones del medidor).

En el Campo

11. Colocar la tira de ozono en el clip de la estación de control. No tocar la parte química de la tira en ningún momento. (No es peligroso, pero tocarlo puede evitar la obtención de una medición precisa). Anotar la hora.
12. Determinar la cobertura y el tipo de nubes siguiendo los *Protocolos Cobertura de Nubes y Tipo de Nubes*.
13. Medir y anotar la temperatura actual del termómetro de la caseta meteorológica (redondeando los 0,5°C).
14. Anotar la dirección del viento.
15. Medir y anotar la humedad relativa, usando bien el psicrómetro giratorio o el higrómetro digital.

Lectura de la Tira de ozono

Guía de Campo

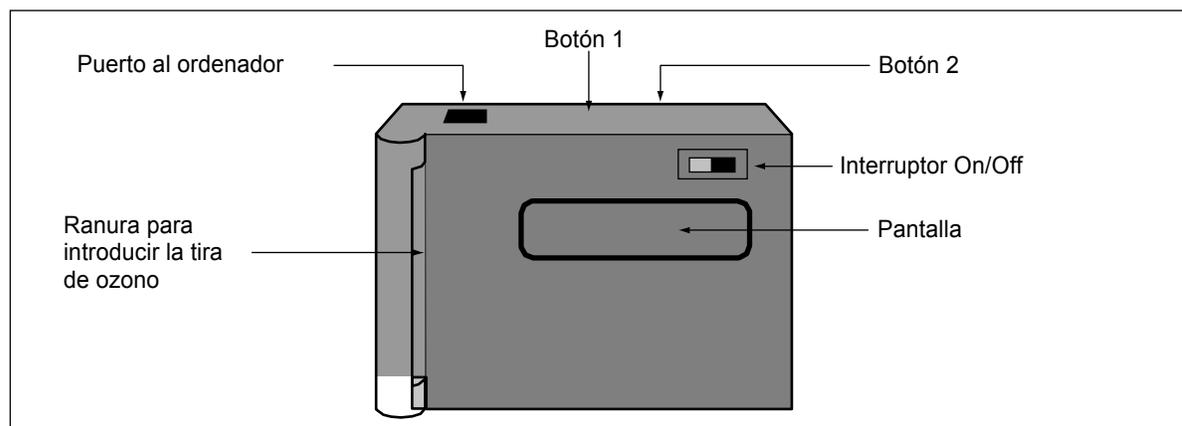
Actividad

Completar la medición de concentración de ozono superficial después de haber expuesto la tira de medición de ozono durante una hora.

Anotar las condiciones de las nubes, la temperatura actual del aire, la dirección del viento y la humedad relativa.

Qué se Necesita

- Medidor de ozono
- Portapapeles
- *Hoja de Datos de Ozono*
- Bolígrafo o lapicero
- Carta de nubes GLOBE
- Psicrómetro giratorio o higrómetro digital
- *Guía de Campo de Cobertura de Nubes*
- *Guía de Campo de Tipo de Nubes*
- *Guía de Campo de Medición de la Dirección del Viento*
- *Guía de Campo del Psicrómetro Giratorio o Guía de Campo del Higrómetro Digital*
- Veleta
- Llave de la caseta meteorológica
- Un reloj con minuterero.



En el Campo

1. Colocar el medidor en la caseta meteorológica y encenderlo. Dejarlo durante 30 segundos para que se ajuste a la situación actual. (No tocar ningún otro botón, excepto el interruptor on/off si se apaga el medidor). Se debería ver algo como lo siguiente:



A screenshot of the ozone meter's LCD display. The display is enclosed in a rounded rectangular border and shows three columns of text. The first column reads 'MODE' above '01'. The second column reads 'AUTO' above '1HR PPB'. The third column reads 'SAVE' above '133'.

2. Quitar la tira de medición del clip; tener cuidado de no tocar la parte química de la tira.

En el Campo o en la Clase

3. Introducir la tira en la ranura de la parte superior del medidor hasta que la parte inferior de la tira toque la base del medidor y no entre más. La parte química de la tira debe mirar hacia la pantalla.
4. La lectura debe dejar de oscilar después de 5-10 segundos. Si fluctúa entre dos números, elegir el menor de los dos, después de que la tira de prueba haya estado en el medidor durante 10-15 segundos.
5. Anotar la lectura de ppb en la *Hoja de Datos* y apagar el medidor. Si la lectura oscila entre dos números, elegir el menor de los dos después de dejar la tira de prueba en el medidor durante 5-10 segundos. Colocar la tira en una bolsa de plástico con precinto.
6. Anotar la hora a la que se lee la tira de ozono.
7. Determinar la cobertura y el tipo de nubes siguiendo la *Guía de Campo de Cobertura de Nubes y de Tipo de Nubes*.
8. Leer y anotar la temperatura actual del aire.
9. Determinar y anotar la dirección del viento.
10. Medir y anotar la humedad relativa usando bien un psicrómetro giratorio o un higrómetro digital.

Nota: El nuevo modelo de medidor se apaga automáticamente después de un minuto. Si esto ocurre, volver a encenderlo para completar la actividad. No es inusual que el medidor muestre más de un valor, dada la naturaleza electrónica del medidor y que el color de la tira expuesta es raramente completamente uniforme (aunque lo parezca a simple vista). Es habitual que la concentración que se muestra en la pantalla oscile entre varios valores y que finalmente comience a aumentar cuanto más tiempo esté la tira en el medidor. Dado que la precisión de la medición es de 10 ppb, valores que oscilen en un rango de 1-5 ppb son aceptables. El objetivo del *Protocolo de Ozono* es ser capaz de distinguir entre valores que se consideran bajos (0-20 ppb), normales (30-50ppb) y altos (>60 ppb).

Medición de la Dirección del Viento

Guía de Campo

Actividad

Determinar la dirección del viento usando una veleta.

Qué se Necesita

- Veleta
- Hoja de Datos de Ozono
- Sujetapapeles

En el Campo

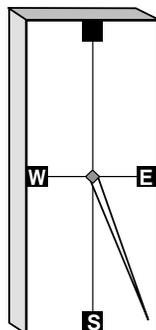
1. Colocar la veleta en una mesa o banco de manera que esté aproximadamente 1 metro sobre el suelo.
2. Utilizar la brújula para encontrar el norte magnético y alinear la N marcada en la base de la maqueta con el norte.
3. Mirar la vela para comprobar si sopla el viento.
4. Poner la mano derecha en la cadera y estirar el brazo izquierdo.
5. Girar el cuerpo de manera que el brazo estirado señale en la misma dirección que la vela. El codo derecho señalará ahora la dirección del viento.
6. Anotar esta dirección en la *Hoja de Datos*.

Por ejemplo, si la vela está señalando hacia el sur, el brazo estirado debe señalar hacia el sur. Para que la vela señale hacia el sur, ¿de dónde debe proceder el viento? Del norte.

El brazo estirado señala a dónde va el viento, y el codo del brazo doblado señala la dirección de la que procede el viento, el norte. Los vientos se identifican por la dirección de la que proceden.

El viento viene del noroeste

Viento



La vela indica hacia el suroeste.





Preguntas Frecuentes

1. ¿Qué ocurre si la tira de ozono no cambia de color después de una hora?

Si no hay cambio de color, introduzca 0 en la hoja de datos, ya que esto indica que hay muy poco o nada de ozono superficial presente.

2. ¿Qué ocurre si la tira de ozono se moja por la lluvia o la nieve y está estropeada, o la superficie no tiene un color completo?

Si la tira de medición del ozono está contaminada o estropeada, los datos no serán precisos. Envíe los datos como M al servidor de datos GLOBE. Anote como comentario las condiciones meteorológicas que pueden haber influido en los resultados. A pesar de ello, mida la temperatura actual, la cobertura y el tipo de nubes y envíelo.

3. No estamos en el centro escolar los fines de semana, ¿cómo podemos tomar datos?

La persistencia en la recogida de datos es importante, por lo que trabaje con el equipo GLOBE para fijar un voluntario que lleve a dos estudiantes al sitio de estudio de atmósfera los fines de semana y en vacaciones si es posible. Los datos únicamente de los días lectivos son también valiosos, aunque los fines de semana algunos centros tienen niveles de ozono diferentes.

4. ¿Se puede colocar el disco de plástico y la tira en la caseta meteorológica?

No. Deben estar en postes diferentes.

5. ¿Por qué es importante medir la temperatura después de anotar el nivel de ozono?

La tira continuará respondiendo a los gases del aire. Por ello, es importante realizar la medición de ozono y después la lectura de la temperatura.

6. ¿Por qué es importante anotar la dirección del viento, la cobertura, el tipo de nubes y la temperatura actual antes de calibrar con una tira no expuesta o de leer la tira expuesta?

El medidor necesita tiempo para ajustarse a las condiciones exteriores. Si se vuelve al sitio de control 5-8 minutos antes de tener que leer la tira expuesta, puede colocar el medidor en la caseta meteorológica y anotar la cobertura y el tipo de nubes, la dirección del viento y la lectura de la temperatura actual mientras se ajusta el medidor. Recuerde que la tira continuará reaccionando con los gases del aire y es importante tomar la respuesta de la tira una hora después de colocarla.

7. ¿Cuáles son algunos problemas comunes del uso del medidor y cómo puedo solucionarlos?

Problema 1: No se si mi medidor está correctamente calibrado

Para comprobar la calibración del medidor, primero encienda el medidor y póngalo a cero. Vaya a CALIB y coloque una tira no expuesta en el medidor. Pulse el botón derecho, botón #2, y deje que el medidor lea la tira no expuesta durante 1 minuto. Anote la lectura superior y la inferior. Un rango máximo (> 5 ppb) entre la lectura superior y la inferior, o lecturas de 180 o superiores indican un problema en el medidor. Contacte con el vendedor y devuélvale el medidor para que lo repare.

Problema 2: La lectura bajo "SAVE" es un rango de números bajos fluctuantes.

El medidor se calibró sin una tira no expuesta. Pulse el botón izquierdo, botón #1, hasta que aparezca CALIB en la pantalla de LCD. Coloque una tira no expuesta en el medidor, pulse el botón derecho, botón #2, y después presione los dos botones simultáneamente para poner a cero la calibración para una tira no expuesta. El medidor debe volver a SAVE 170.

Problema 3: La pantalla LCD muestra 8HR PPB o AQI cuando se enciende el medidor

Si se ha modificado la configuración, la lectura bajo SAVE también será diferente. Alguien ha cambiado las categorías SETTING del medidor. Pulse el botón izquierdo, botón número 1, hasta que aparezca SETTINGS en la pantalla LCD. Pulse el botón derecho, botón #2, y verá DRATION = 8HR. Pulse el botón derecho hasta que aparezca DRATION = 1HR. Pulse el botón izquierdo y aparecerá MEASURE = AQI. Pulse el botón derecho hasta que avance a MEASURE = PPB y pulse el botón izquierdo. Ahora pulse ambos botones simultáneamente para guardar los cambios y vuelva a la pantalla original. Debería aparecer:

MODE	AUTO	SAVE
01	1HR PPB	170

8. ¿Puedo determinar si habrá problemas con mis mediciones a partir de las lecturas del medidor? Si es así, ¿cómo puedo diagnosticar y corregir estos problemas?

Antes de realizar las mediciones diarias, es recomendable encender el medidor y pulsar el botón izquierdo hasta que aparezca “Reset” en la pantalla LCD, y pulsar ambos botones para poner a cero el medidor en MODE.

1. Sin embargo, incluso poner a cero el medidor antes de usarlo cada día puede no evitar que se produzcan problemas menores. Ocasionalmente, la respuesta del medidor indica que algo ha cambiado, y poner a cero el medidor no será suficiente para corregir el problema. Algunos de estos problemas y sus soluciones se identifican a continuación:

Nota: En el momento de colocar la tira y cuando se lea de nuevo la tira expuesta, se debe hacer lo siguiente:

- Colocar el medidor en el ambiente durante 4-5 minutos para que se aclimate a las condiciones ambientales.
- Encender el medidor durante un minuto para que se establezca y, cuando se apague, encenderlo de nuevo inmediatamente, dejar unos segundos que se establezca y después calibrar la tira no expuesta o leer la tira expuesta.

Problema 1: El intervalo de lecturas de una tira no expuesta puede indicar un problema con el medidor.

Solución: Encender el medidor. Ponerlo a cero. Las lecturas correctas de la pantalla LCD son: MODE 01 1 HR PPB y 135 (si muestra 168-170, el medidor necesita ser actualizado, contacte con el equipo de ayuda de GLOBE). Colocar la tira no expuesta en el medidor y pulsar el botón izquierdo hasta que aparezca “CALIB”. Pulsar el botón derecho y dejar al medidor que lea la tira no expuesta durante 1 minuto. Anotar las lecturas más bajas y las más altas. Por ejemplo, el rango de números puede oscilar, pero la fluctuación es de unos 5 ppb. Sin embargo, si la fluctuación tiene un rango mucho mayor que 5 números desde el inferior al superior, o si el rango de lecturas es superior a 180, contactar con el fabricante para determinar si el medidor necesita o no ser reparado.

Problema 2: Las lecturas bajo “SAVE” son números bajos, oscilantes, cuando el medidor se enciende.

Diagnosis: El medidor necesita ser calibrado con una tira no expuesta. Alguien hizo la calibración sin usar una tira.

Solución: Pulsar el botón izquierdo hasta que aparezca “Calib”. Colocar una tira no expuesta en el medidor y pulsar el botón derecho para activar la lectura de la tira no expuesta. Pulsar ambos botones para bloquear la calibración. Antes de quitar la tira no expuesta, la lectura bajo “SAVE” debería estar entre 000 ó 001. Si supera 001, calibrar de nuevo el medidor con una tira no expuesta.

Problema 3: La LCD muestra 8 h en lugar de 1 HR o AQI en lugar de PPB, al encender el medidor.

Diagnosis: Cada una de estas lecturas afectará también la lectura bajo SAVE. Alguien ha cambiado las categorías “DATA” del medidor.

Solución: Pulsar el botón izquierdo hasta que aparezca “DATA”.

Pulsar el botón derecho para leer la primera categoría bajo “DATA”.

Pulsar el botón izquierdo para recorrer la lista de categorías – hasta que la pantalla LCD muestre la categoría “GAS” - después pulsar el botón derecho para ver las subcategorías bajo “GAS” hasta que aparezca “ozone”.

Pulsar el botón izquierdo de nuevo para guardar la categoría “ozone” y avanzar hasta la siguiente categoría general de datos llamada MEASURE=.

Pulsar el botón derecho hasta que aparezca PPB y pulsar el botón izquierdo para guardarlo.

El medidor avanzará automáticamente a “DRATION” o al tiempo que la tira estará expuesta.

Pulsar el botón derecho hasta DRATION=1HR y pulsar ambos botones simultáneamente para guardar los “DATA” corregidos de la configuración instaladas.

Medición de Ozono Superficial – Observando los Datos

¿Son Razonables los Datos?

Las mediciones medias de ozono superficial pueden oscilar desde cerca de 0 ppb hasta más de 150 ppb (e incluso 200 ppb en condiciones extremadamente contaminadas). La investigación ha mostrado que diferentes áreas experimentan diferentes niveles de ozono superficial, los mismos que dependen de la época del año, la localización y el nivel de hidrocarburos y de óxidos de nitrógeno que hay en el aire, debido a que éstos son precursores necesarios para producir ozono cerca de la superficie de la Tierra.

El alumnado observará al realizar mediciones diarias a lo largo de varias semanas un rango de niveles de ozono. A menudo, hay una acumulación gradual a lo largo de varios días, y después las concentraciones caen a lo largo de un corto período de tiempo. Se debe tomar nota de la dirección del viento y la temperatura en este período de varias semanas junto con los frentes meteorológicos que se produzcan. ¿Ha cambiado el viento? ¿Hay días que están densamente nublados y los niveles de ozono son inusualmente bajos? En una escala de tiempo mayor, ¿Cómo varían las mediciones de ozono superficial con la estación y de un año para otro? La experiencia en variaciones de la concentración de ozono en su propio sitio de estudio es el mejor modo de juzgar si las mediciones individuales son razonables.

Aunque las concentraciones de ozono pueden ser bastante variables, hay algunas correlaciones que normalmente se pueden aplicar. La luz solar posibilita algunas de las reacciones químicas de la atmósfera que provocan la formación de ozono. Por ello, es razonable esperar mayores concentraciones de ozono superficial en verano que en invierno. En latitudes bajas, en las que la cantidad de luz solar es relativamente constante (y elevada) a lo largo del año, los valores de ozono superficial más elevados se producen más a menudo cuando existe la fuente estacional de precursores necesaria para generar ozono. Así, en muchas áreas tropicales, los niveles de ozono aumentarán probablemente si hay una época del año preferente en la que se producen quemadas de biomasa. Esta estacionalidad puede estar vinculada a estación seca, ya que es más fácil

quemar la vegetación una vez seca tras un período de varias semanas.

En escalas de tiempo menores se observan frecuentemente, a la vez, densa cobertura de nubes y bajas concentraciones de ozono superficial. No es probable que haya altas concentraciones si está lloviendo. Cuando hay poco viento o no hay viento, las concentraciones locales de los compuestos que dan lugar a la formación de ozono pueden acumularse. Bajo estas condiciones, el ozono que se forma localmente no se transporta ni se diluye con el aire que está más alto en la troposfera, donde las concentraciones de ozono son generalmente inferiores. Los procesos químicos que conducen a la producción de ozono se producen más rápido en condiciones más cálidas.

¿Qué se Busca en Estos Datos?

Datos Mensuales Tomados a Horas Fijas

Un método para recoger datos es medir el ozono cada día en un período de tiempo concreto, generalmente durante al menos un mes, y deseablemente superior. Un ejemplo de un registro de datos de 1 mes se presenta en la Tabla AT-OS-1.

Este es un conjunto de datos típicos que sería recogido por el alumnado a la misma hora cada día. La representación de las concentraciones de ozono frente a la temperatura no muestra ninguna correlación importante, por ejemplo, tanto el día más cálido (11/1) como el día más frío (11/23) tienen las dos lecturas de ozono más elevadas (55 y 46 ppb). Hay, sin embargo, una tendencia general a que las concentraciones sean menores cuando las temperaturas son más frías. Desde el día 10 hasta el 25, las temperaturas están por debajo de 20° C y la media de las concentraciones de ozono es 15 ppb. Cuando las temperaturas son >20° C y no está lloviendo, la concentración media es 38 ppb., más del doble de alta que cuando hace relativamente frío. El otro factor de gran importancia en este análisis es la dirección del viento. Cuando el viento procede del sur o del suroeste, la concentración media es de 41 ppb. Para este conjunto de datos en particular, la dirección del viento parece ser el factor que indica concentraciones más elevadas. Las razones para ello pueden ser simples o complejas. Por ejemplo, si hay un gran área metropolitana cercana y el aire

Tabla AT-OS-1 **Colegio Corazón de María – Ozono ppb y Metadatos**

Fecha	ppb	Temp. fin	Hora fin	Tipo de nubes	Cobertura	Dirección del viento (viene/va)	Notas
11/1/00	55	28	12:50	Cirroestratos, Cúmulonimbos	Roto	SW/SW	
11/7/00	19	26	12:30	Estratocúmulos	Cubierto	SW/SW	Lluvia intensa
11/8/00	12	26	12:25	Estratocúmulos	Cubierto	SE/SE	Lluvia ligera
11/9/00	35	24	12:25	Ninguno	Sin nubes	NW/NW	
11/10/00	13	14	12:15	Ninguno	Sin nubes	NW/NW	
11/11/00	15	16	12:25	Ninguno	Sin nubes	W/NW	
11/14/00	22	14	12:30	Cirros	Nubes dispersas	NW/NW	
11/15/00	16	14	12:30	Cirroestratos	Nubes dispersas	NW/NW	
11/17/00	13	5	12:30	Cirroestratos	Cubierto	NW/NW	31 mm de precipitación
11/20/00	14	14	12:40	Ninguno	Sin nubes	NW/NW	
11/21/00	13	9	12:25	Ninguno	Sin nubes	NW/NW	
11/22/00	16	12	12:45	Cirroestratos	Despejado	NW/NW	
11/23/00	46	6	12:15	Nimboestratos	Cubierto	S/S	
11/25/00	16	15	1:00	Nimboestratos	Cubierto	W/W	
11/27/00	31	21	12:30	Ninguno	Sin nubes	SW/SW	
11/28/00	30	20	12:40	Cirros	Cubierto	SW/SW	
11/29/00	40	21	12:30	Cúmulos	Despejado	W/W	

procede del sur, ¿Se está en la dirección del viento de una fuente importante de contaminación? Tal efecto se observa a menudo en la cuenca de Los Ángeles, donde se encuentran las concentraciones de ozono más elevadas en las áreas en la dirección del viento a las afueras del área metropolitana. Otra razón puede ser la ubicación del sitio de control si, por ejemplo, hay un campo abierto al sur y una región arbolada al norte. El ozono se destruye al entrar en contacto con las hojas de un árbol, de manera que una masa de aire procedente del norte, en este caso, podría disminuir la cantidad de ozono observada en el lugar de seguimiento. En este ejemplo concreto, los metadatos son sumamente importantes para la interpretación de los datos.

Ejemplo de una investigación por Parte de una alumna

Formulación de una Hipótesis

Una alumna del Colegio Corazón de María de Alabama ha decidido centrarse en las interconexiones entre las condiciones atmosféricas y el nivel de ozono superficial observado. Ella ha decidido comenzar su proceso de investigación observando las visualizaciones de las mediciones del nivel de ozono y la temperatura actual en su centro escolar del mes de abril. Su hipótesis inicial es *el nivel de ozono superficial producido está directamente relacionado con la temperatura actual.*

Recogida y Análisis de datos

La medición del ozono superficial es un protocolo nuevo, pero su centro tiene datos de varios meses que recogieron durante la implementación inicial del nuevo protocolo. Ella decide elegir un mes en el que empiezan a mostrarse niveles de ozono más altos para comenzar su análisis. Hay un sitio de control de la Calidad del Aire cerca de su centro, que ha entrado en funcionamiento en marzo, por lo que tiene acceso a los niveles de ozono medidos por un equipo profesional para asegurarse de que los datos que recoge son de buena calidad. Encuentra que los datos difieren en

un rango de +10 ppb de las lecturas profesionales. Claramente, sus datos son suficientemente buenos para su proyecto.

Ella comienza organizando la hoja de datos de sus mediciones de ozono, temperatura fin, tipo y cobertura de nubes, así como la dirección del viento para las fechas en que se recopiló la información. Ver Tabla AT-OS-3.

Creará un trazado de las mediciones de ozono y considera las mediciones de 39 ppb e inferiores, como los niveles más bajos de ozono, y las mediciones de 60 ppb y superiores como los niveles de ozono relativamente altos. Hace un

Colegio Corazón de María Mediciones del Nivel de Ozono y Metadatos

Tabla AT-OS-2

Tomadas a las 17:30 Hora UT

Fecha	ppb	Temp. Fin	Tipos de nubes	Cobertura de nubes	Dirección del viento (viene/va)
4/2/01	54	23	Cirros	Roto	SW/SW
4/3/01	53	24	Estratocúmulos	Roto	NW/NW
4/4/01	37	24	Estratocúmulos	Cubierto	NW/NW
4/5/01	43	26	Cirroestratos	Roto	NW/NW
4/6/01	53	26	Cirroestratos	Roto	N/N
4/7/01	47	24	Cirroestratos	Roto	NE/NE
4/9/01	35	26	Cúmulos	Roto	SW/SW
4/11/01	32	24	Altoestratos	Roto	SW/SW
4/12/01	31	27	Cirros	Nubes dispersas	SW/SW
4/13/01	33	30	Altocúmulos, Cúmulos	Roto	SW/SW
4/14/01	52	28	Cirroestratos, Cúmulos	Roto	W/W
4/16/01	54	29	Altoestratos, Cirrocúmulos	Despejado	NW/NW
4/17/01	49	19	Ninguno	Despejado	N/N
4/18/01	53	17	Ninguno	Despejado	N/N
4/20/01	64	23	Ninguno	Despejado	S/SW
4/23/01	41	27	Ninguno	Despejado	SW/SW
4/24/01	21	25	Cúmulonimbos, Estratocúmulos	Cubierto	SW/SW
4/25/01	57	20	Ninguno	Despejado	NW/NW
4/26/01	62	22	Ninguno	Despejado	N/N
4/27/01	63	25	Ninguno	Despejado	NW/NW
4/28/01	79	26	Ninguno	Despejado	W/SE
4/29/01	82	27	Cirros, Altoestratos, Cirrocúmulos	Roto	W/SE

Figura AT-OS-3

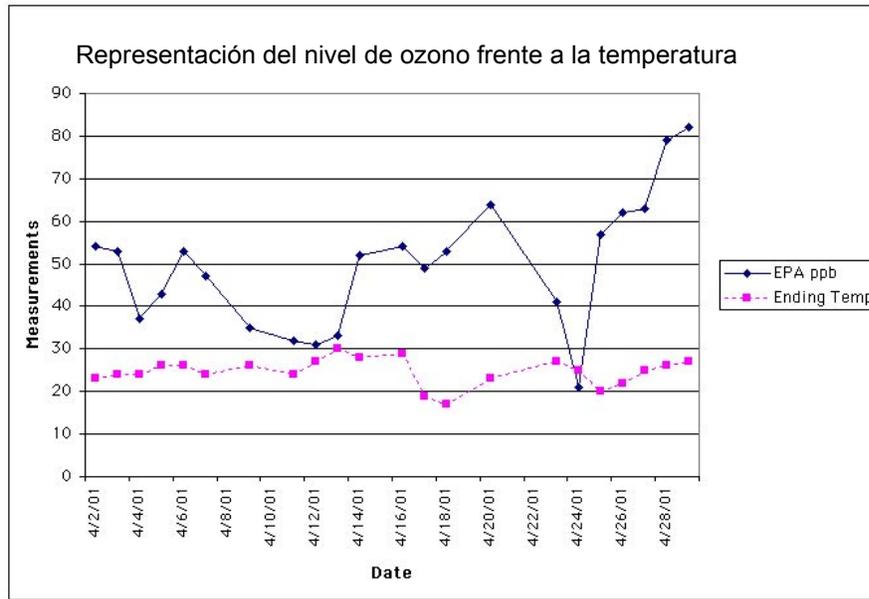


gráfico de las mediciones de ozono y la temperatura. Ver Figura AT-OS-3.

Al revisar sus datos se da cuenta de que hay un patrón para algunos días cuando sube la temperatura, el nivel de ozono aumenta, y cuando ésta baja, el nivel de ozono disminuye. Sin embargo, hay días en los que la temperatura era igual de elevada y el nivel de ozono descendía dramáticamente. Sabe que sus datos son razonables, ya que los comparó con datos profesionales, y se pregunta si reorganizando sus datos por temperatura podría identificar rápidamente los días con temperatura similar que tienen niveles de ozono diferentes. Esto podría permitirle identificar otros factores que influyen sobre el nivel de ozono producido. Ver Tabla AT-OS-4.

Se da cuenta de que en días despejados y con temperatura elevada, el nivel de ozono es mayor, a excepción de un día. Otra observación que hace es que la presencia de nubes influye sobre el nivel de ozono independientemente de la temperatura, y en días de temperatura aproximadamente similar, aquellos con cielo cubierto tienen niveles inferiores de ozono. El patrón general de temperaturas en aumento con cielo roto también indica un incremento en el nivel de ozono producido, excepto por un par de días de temperatura elevada y pocas nubes, pero el nivel de ozono era inferior que en días similares. La dirección del viento era diferente, lo que indica

que quizá la dirección del viento pueda influir en el nivel de ozono. La dirección del viento al principio y al final de los períodos de observación son generalmente las mismas durante este mes, excepto en un par puntos tomados el 28 y el 29 de abril.

Análisis Posteriores

Se puede ir más allá y determinar el intervalo de niveles de ozono por días, identificando patrones de niveles de ozono. Se podría determinar si el número de días con ozono elevado aumenta o disminuye cada mes. Las categorías para calcular el intervalo podrían ser: niveles bajos de 39 ppb o menores, 40-49 ppb, 50-59 ppb, 60-69 ppb, 70-79 ppb y 80 ppb y mayores. La siguiente muestra de datos de ozono desde marzo a junio demuestra cómo se pueden utilizar intervalos para analizar patrones mensuales de ozono. Ver Tabla AT-OS-4.

De un vistazo, se puede observar el desarrollo de patrones desde marzo a junio, y también reconocer la repercusión de los datos inconsistentes en su capacidad para analizar cambios que se producen a lo largo del tiempo. Pueden relacionarlo con los problemas que los científicos tienen con los registros de datos incompletos. Observarán que hay sistemáticamente días con niveles bajos de ozono, pero se puede observar que los niveles de ozono aumentan cada mes. Al darse cuenta de que junio no es un conjunto completo de datos, se puede cuestionar de qué manera los datos que faltan influirán en las conclusiones que se hagan a partir de los datos de junio.

Tabla AT-OS-3 **Colegio Corazón de María –Mediciones de Ozono Abril 2001**

Temp.	Ozono ppb	Tipos de nubes	Cobertura de nubes	Dirección del viento
17	53	Ninguno	Despejado	N/N
19	49	Ninguno	Despejado	N/N
20	57	Ninguno	Despejado	NW/NW
22	62	Ninguno	Despejado	N/N
23	64	Ninguno	Despejado	S/SW
23	54	Cirros	Roto	SW/SW
24	53	Estratocúmulos	Roto	NW/NW
24	47	Cirroestratos	Roto	NE/NE
24	37	Estratocúmulos	Cubierto	NW/NW
24	32	Altoestratos	Roto	SW/SW
25	63	Ninguno	Despejado	NW/NW
25	21	Cúmulonimbos, Estratocúmulos	Cubierto	SW/SW
26	79	Ninguno	Despejado	W/SE
26	53	Cirroestratos	Roto	N/N
26	43	Cirroestratos	Roto	NW/NW
26	35	Cúmulos	Roto	SW/SW
27	82	Cirros, Altoestratos, Cirrocúmulos	Roto	W/SE
27	41	Ninguno	Despejado	SW/SW
27	31	Cirros	Nubes dispersas	SW/SW
28	52	Cirroestratos, Cúmulos	Roto	W/W
29	54	Altoestratos, Cirrocúmulos	Despejado	NW/NW
30	33	Altocúmulos, Cúmulos	Roto	SW/SW

Revisando los porcentajes de cada categoría de nivel de ozono, observará el incremento continuo en los niveles de ozono e identificará la variabilidad general de los niveles de éste para un determinado período de tiempo. Ver la Tabla AT-OS-5. El registro de datos de junio muestra un vacío en los datos, que dificulta la obtención de conclusiones precisas.

Investigaciones Posteriores

Otra cuestión surgida por la alumna es cómo podría identificar un patrón mensual para niveles de ozono. Se pregunta si al calcular la temperatura y el ozono medio, para los cuatro meses, las medias reflejarán un incremento continuo o descenso del nivel de ozono medido. ¿Puede una media de

ozono mensual calculada para cada mes del año proporcionar información sobre el patrón de niveles de ozono? ¿Cómo se relacionan los patrones de nivel de ozono con cambios estacionales a lo largo del año?

La identificación de patrones de ozono en su área facilitará la comprensión de las condiciones atmosféricas que influyen sobre los niveles de ozono. La exploración de la relación entre los patrones de dirección del viento y los niveles de ozono medidos proporciona un nuevo reto, pero puede ser muy interesante. Usando la base de datos GLOBE, la alumna puede elegir otro centro en una ciudad ubicada aproximadamente a la misma latitud pero en una región geográfica

**Colegio Corazón de María – Niveles de ozono
Observados (ppb) Marzo a Junio**

Tabla AT-OS-4

Agrupados por Categoría (nivel) de Concentración de Ozono

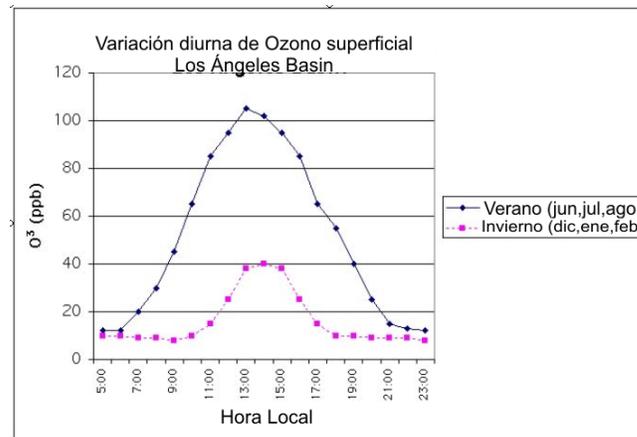
Marzo		Abril		Mayo		Junio	
17		21		35		28	
24		31		37		25	
33		32		45		26	
33		33		46		30	
34		35		49		31	
36		37		50		40	
36		41		54		55	
40		43		56		67	
41		47		56		70	
41		49		57		76	
42		52		57		78	
44		53		58		87	
44		53		58		87	
45		53		59		88	
47		54		60		95	
47		54		62			
48		57		63			
50		62		66			
56		63		66			
60		64		69			
74		79		71			
74		82		74			
				74			
				74			
				86			
Días	22	22		25		15	

Tabla AT-OS-5

Ratio de Niveles de Ozono para Cuatro Meses

Mes	Marzo		Abril		Mayo		Junio	
Número total de días con mediciones de ozono	22		22		25		15	
Categoría	Ratio	%	Ratio	%	Ratio	%	Ratio	%
< 40 ppb	7:22	32%	6:22	27%	2:25	8%	5:15	34%
40 – 49 ppb	10:22	45%	4:22	18%	3:25	12%	1:15	7%
50 – 59 ppb	2:22	9%	7:22	32%	9:25	36%	1:15	7%
60 – 69 ppb	1:22	5%	3:22	16%	6:25	24%	1:15	7%
70 – 79 ppb	2:22	9%	1:22	5%	4:25	16%	3:15	20%
> 80 ppb	0:22	0%	1:22	5%	1:25	4%	4:15	27%

Figura AT-OS-4



diferente para determinar que otras variables pueden influir sobre el nivel de ozono superficial producido. Postular y realizar preguntas adicionales es más fácil cuando los centros GLOBE envían datos sistemáticamente. Como se ha demostrado en este estudio, la falta de datos hace difícil hacer un seguimiento de cómo cambia la atmósfera a lo largo del tiempo.

Estudio de la Variación Diurna del Ozono Superficial y Validación de los Datos

El alumnado puede también querer investigar la variación diurna del ozono superficial. En la Figura AT-OS-4 se muestra un conjunto de mediciones de ozono diurno para la cuenca de Los Ángeles. Las dos curvas representan para el verano (línea discontinua) y el invierno (línea continua) la concentración en función de la hora local. A partir de la diferencia de amplitud entre las dos curvas, es fácil saber por qué serían más interesantes los datos recogidos por el alumnado en verano, a finales de la primavera o principios del otoño que a mediados del invierno, cuando se dan las menores concentraciones de ozono y se espera menor variabilidad.

Tabla AT-OS-6

La Tabla AT-OS-6 resume dos días de mediciones de ozono superficial a horas en las que los estudiantes estarían disponibles para realizarlas. Este conjunto de datos concreto fue obtenido de un sitio de control en funcionamiento de la EPA de manera que las mediciones del alumnado pueden compararse directamente con mediciones tomadas utilizando un medidor de ozono calibrado que cuesta mucho dinero. Esta es una comparación que ha permitido a GLOBE determinar cómo funciona el sistema de medición en el campo.

El objetivo del protocolo de ozono superficial es obtener concentraciones de ozono con una precisión de 10 ppb o mejor. A partir de los datos de la Tabla AT-OS-6, se puede ver que se ha alcanzado el objetivo de precisión en este test. En ambos días, el sistema Zikua mostró concentraciones superiores por la tarde aunque la diferencia diurna era mucho mayor en el segundo día. El medidor de la EPA confirmó el comportamiento diurno y también midió una diferencia mayor entre la tarde y la mañana del día 30.

Fecha	Hora de inicio	GLOBE	EPA
		Lectura (ppb)	Lectura (ppb)
8/29/00	10:00	22	25
	12:00	28	31
	13:00	33	35
	14:00	31	39
	15:00	34	44
8/30/00	10:00	18	10
	11:00	23	25
	12:00	29	31
	13:00	35	38
	14:00	43	53
	15:00	60	59

Protocolo Estación Meteorológica Automatizada AWSWeatherNet



Objetivo General

Un centro que participa en el Programa AWS (, Estación Meteorológica Automatizada, por sus siglas en inglés) WeatherNet transfiere los datos registrados por la estación a GLOBE.

Visión General

Los centros GLOBE que participan en el Programa AWS WeatherNet transfieren sus datos automáticamente a GLOBE. Para la estación meteorológica automatizada se define un sitio de estudio de atmósfera GLOBE, y esto activa la transferencia automática de sus datos de la AWS a la base de datos GLOBE.

Objetivos Didácticos

Ver la continuidad de los datos y observar las variaciones diarias. Los datos recogidos incluyen velocidad y dirección del viento, así como mediciones de presión, obteniendo de este modo un estudio más completo de meteorología. El alumnado puede realizar una investigación más amplia.

Conceptos Científicos y Habilidades de Investigación Científica

Se adquieren *Conceptos Científicos* y *Habilidades de Investigación Científica* mediante el análisis de los datos recogidos con la Estación Meteorológica. Dirigirse a las secciones *Observación de los Datos* de los protocolos que corresponden a las mediciones de la estación meteorológica AWS como guía para obtener ayuda en el análisis de estos datos. Consultar los *Conceptos Científicos* y las *Habilidades de Investigación Científica* recogidos en los recuadros grises de estos protocolos para saber qué conceptos científicos y habilidades de investigación científica se adquirirán.

Tiempo

Aproximadamente 15 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Una vez

Materiales y Herramientas

Estación meteorológica conectada a la Red AWS WeatherNet

Hoja de Datos de Definición del Sitio de Atmósfera

Preparación

Establecer un sistema AWS WeatherNet y obtener un ID del centro.

Requisitos Previos

Ninguno

Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas AWS WeatherNet

La utilización de estaciones meteorológicas automatizadas permite al alumnado realizar mediciones ambientales en intervalos de tiempo menores que tomando los datos manualmente. El gran volumen de datos que se puede recoger a intervalos de tiempo regulares permite el estudio de fenómenos meteorológicos que pueden cambiar rápidamente (como el viento) y que no podrían ser controlados mediante mediciones tomadas con periodos de muestreo más largos.

Una red de estaciones meteorológicas automatizadas en todo el mundo, recogiendo y enviando datos a una base de datos central es una fuente importante de datos para el estudio de patrones meteorológicos globales y para el seguimiento de sistemas meteorológicos. AWS Convergence Technologies, Inc., opera en una gran red privada de estaciones meteorológicas. Una ampliación de esta red es la Red Meteorológica para la Educación (www.weathernetclassroom.com), la cual involucra a escuelas e institutos en el estudio del tiempo y proporciona las herramientas educativas necesarias para ayudar en su estudio.

Apoyo al Profesorado

Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas y GLOBE

La red de estaciones meteorológicas automatizadas permite a los centros utilizar las estaciones meteorológicas para recoger y enviar datos atmosféricos. Dado que la función de la red meteorológica AWS WeatherNet está en la línea de GLOBE, un centro puede participar en ambos programas simultáneamente. Un centro GLOBE que esté participando en la red de estaciones meteorológicas automatizadas puede transferir automáticamente datos recogidos desde la estación a la base de datos GLOBE.

Para ello, el centro debe definir un Sitio de Estudio de Atmósfera GLOBE específico para su estación meteorológica. Completada esta definición especial del sitio, los datos de la estación que el centro envía serán automáticamente transferidos a la base de datos GLOBE. El centro deberá continuar realizando las mediciones adicionales que no son cubiertas por la estación y enviarlas a GLOBE.

Definición de un Sitio de Atmósfera para la Estación Meteorológica AWS WeatherNet

Para definir un Sitio GLOBE para la Estación Meteorológica se necesitará rellenar la *Hoja de Datos de Definición del Sitio de Atmósfera para la Estación Meteorológica AWS WeatherNet*. Además de la información estándar asociada a cualquier Sitio de Estudio de Atmósfera GLOBE que se recoge en la *Hoja de Datos de Definición del Sitio*, se incluirá el ID del centro en la AWS WeatherNet.

Tras completar la *Hoja de Datos de Definición del Sitio de AWS* se debe definir el sitio online a través de la página de Entrada de Datos, Sadisponible en la Sección *Atmósfera* del sitio Web de GLOBE. En esta página se deberán seguir las instrucciones especiales para registrar el Sitio como de la estación AWS WeatherNet. Esto incluye seleccionar como tipo de termómetro la “Estación AWS WeatherNet” y enviar la ID AWS del centro a GLOBE.

Protocolo de la Estación Meteorológica Davis



Objetivo General

Tomar los datos de atmósfera utilizando una Estación Meteorológica Davis

Visión General

Se instala una estación meteorológica para realizar y anotar mediciones atmosféricas a intervalos de 15 minutos. Estas mediciones se transfieren a las computadoras de los centros y posteriormente se envían a GLOBE por correo electrónico.

Objetivos Específicos

Visualizar los datos continuos de los centros y mostrar las variaciones diarias. Los datos recogidos incluyen velocidad y dirección del viento, así como la presión atmosférica, que sustentan un estudio más completo de meteorología. Se puede realizar un conjunto más amplio de investigaciones.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El tiempo se puede describir a partir de mediciones cuantitativas.

El tiempo cambia diaria y estacionalmente.

El tiempo varía a escala local, regional y global.

Geografía

La variación de temperatura de un lugar afecta a las características del sistema terrestre físico geográfico.

Habilidades de Investigación Científica

Las habilidades de investigación se adquieren a través del análisis de los datos recogidos con la Estación Meteorológica. Consulte las secciones *Observación de los Datos* de los protocolos que corresponden a las mediciones tomadas con su Estación Meteorológica como ayuda para este análisis de datos. Consulte las *Habilidades de Investigación Científica* incluidas en los cuadros grises de estos protocolos para saber más sobre las habilidades de investigación que se adquirirán.

Tiempo

2 horas para la definición del sitio y para la instalación.

15 minutos para usar la hoja de cálculo de entrada de datos para preparar y enviar datos a GLOBE periódicamente.

Nivel

Medio y avanzado

Frecuencia

Envío de datos aproximadamente una vez por semana.

Materiales y Herramientas

Estación meteorológica con registrador de datos.

Computadora en la que corra el software de la Estación Meteorológica.

Termómetro de calibración

Pluviómetro

Preparación

Instalar la estación meteorológica

Requisitos Previos

Ninguno

Estaciones Meteorológicas Automatizadas

La utilización de estaciones meteorológicas automatizadas que registren los datos puede permitir al alumnado realizar mediciones ambientales en intervalos de tiempo mucho menores que tomando los datos manualmente. El gran volumen de datos que puede recogerse a intervalos regulares de tiempo permite el estudio de fenómenos meteorológicos que pueden cambiar rápidamente (tales como el viento) y que no pueden ser controlados mediante mediciones realizadas con períodos de muestreo mayores.

Las estaciones meteorológicas utilizadas en este protocolo son fabricadas por Instrumentos Davis (<http://davisnet.com>). Estas estaciones meteorológicas tienen una pantalla de visualización que muestra las lecturas actuales, tales como temperatura, humedad, presión barométrica, velocidad y dirección del viento, así como las de precipitación, que son medidas mediante sensores incorporados en la estación, bien mediante cables o sin cables. El tipo de mediciones realizadas depende del modelo de estación meteorológica y de los tipos de sensores adquiridos.

Además de mostrar las lecturas actuales en la pantalla de visualización, la Estación Meteorológica también recoge datos a lo largo de un período de tiempo mayor mediante un registrador de datos. Este registrador de datos se vende en un kit que también incluye el software que permite descargar los datos en su computadora para visualizarlos, lo cual es necesario para este protocolo.

Una vez descargados los datos de la Estación Meteorológica a la computadora, se pueden exportar a un fichero de texto, importarlos desde un programa de cálculo y manipularlos para darles el formato requerido por GLOBE para su envío por correo electrónico. Existe software disponible en algunos modelos para exportar ficheros de texto en el formato de envío de datos por correo electrónico de GLOBE.

Los siguientes datos atmosféricos pueden ser tomados con este protocolo y enviados a GLOBE: velocidad y dirección media del viento en un intervalo de muestreo de 15 minutos, velocidad y dirección máxima del viento, velocidad del viento integrada en un período de 15 minutos, temperatura, humedad relativa, presión barométrica, índice de precipitación y precipitación total. Las mediciones de nubes, nieve, pH de la

precipitación, aerosoles, y ozono se deben realizar siguiendo los protocolos correspondientes.

Logística de las Mediciones

1. Revisar los antecedentes del *Capítulo de Atmósfera*
2. Instalar la Estación Meteorológica y conectar la computadora según las instrucciones del fabricante.
3. Instalar los sensores de tiempo atmosférico según la *Guía de Campo de Instalación de los Sensores Atmosféricos de la Estación Meteorológica*.
4. Definir el sitio de mediciones como un sitio de estudio de atmósfera, seleccionando *Estación Meteorológica Davis* como tipo de termómetro.
5. Registrar las lecturas a intervalos de 15 minutos y transferir los datos a tu ordenador siguiendo las instrucciones del software.
6. Cuando se esté en condiciones de enviar los datos a GLOBE (se recomienda una vez por semana) exportar los datos almacenados en la computadora a un fichero de texto con el formato de envío de datos por correo electrónico de GLOBE siguiendo la *Guía de Laboratorio para Registrar y Enviar los Datos de la Estación Meteorológica*.
7. Copiar el texto de este fichero como mensaje de un correo electrónico y enviarlo a GLOBE siguiendo las instrucciones para el envío de datos por correo electrónico disponibles en la sección “Introducción de Datos” del sitio Web de GLOBE.
8. Implicar al alumnado en la observación de los datos.
9. Cada año se debe recalibrar la Estación Meteorológica.

Apoyo al Profesorado

Las instrucciones que se dan en este protocolo son específicas para una marca de estación meteorológica. Sin embargo, pueden adaptarse a otros equipos que tengan las mismas especificaciones. Si se tienen dudas o se necesita ayuda con la adaptación de estas instrucciones a otros instrumentos, contacte con su coordinador nacional o a los EEUU, mediante la sección de ayuda de GLOBE. Los elementos esenciales de este protocolo, que se deben mantener independientemente del modelo de equipo, son la ubicación de la estación, la precisión y exactitud de los sensores, así como el intervalo de muestreo.

Cuando se adquiere, la estación meteorológica Davis está certificada como calibrada durante un año entero. Después de ese tiempo hay dos opciones de recalibración. La primera opción es enviarla al fabricante para que la recalibre pagando una cantidad (consultar con el distribuidor para más detalles). La segunda opción es recalibrarlo siguiendo los *Procedimientos de Recalibración de GLOBE* que se explican en este protocolo. Cualquier opción es aceptable, pero es necesario realizar una de las dos, de manera que el equipo continúe realizando lecturas precisas.

Antes de iniciar al alumnado en la instalación de la Estación Meteorológica, revise el material proporcionado en el *Protocolo Selección del Sitio e Instalación* para obtener más información sobre cuestiones importantes a tener en cuenta al seleccionar un área para realizar mediciones atmosféricas.

Registro de los Datos

La base de datos GLOBE necesita datos de la estación meteorológica registrados a intervalos de 15 minutos, por lo que se debe comprobar que el intervalo de muestreo en la estación está configurado en 15 minutos. También las lecturas deben realizarse en los cuartos de hora (por ejemplo, 10:00, 10:15, 10:30, 10:45, etc.). Hay que asegurarse de que las mediciones se están mostrando y enviando en las unidades adecuadas (es decir, milímetros para la precipitación, grados Celsius para temperaturas, porcentajes para la humedad relativa, metros por segundo para la velocidad del viento y kilómetros para distancia recorrida por el viento).

La hora asociada a cada dato enviado a GLOBE

debe estar en Hora Universal (UT). Si se elige tener la estación meteorológica configurada con la hora local habrá que asegurarse de que se corrigen las horas enviadas a GLOBE.

Dada la cantidad de datos, los datos de la estación meteorológica se envían a GLOBE solamente vía correo electrónico. El software proporcionado por Davis también puede permitir la exportación de los datos directamente al formato de entrada de datos GLOBE por correo electrónico (ver las *Preguntas más Frecuentes* para más información sobre la disponibilidad de este software), utilizando “*Exportación de Ficheros (Formato GLOBE)*” opción del menú *Buscar* del menú desplegable de exportación de datos. Este software puede corregir automáticamente las horas a UT. Si se dispone de una versión anterior del software que no tiene esta opción, exportar los datos a un fichero de texto, importar el fichero de texto desde el programa de cálculo, manipular las columnas para cumplir los requisitos para la entrada de datos por correo electrónico, y cortar y pegar los valores resultantes en el mensaje del correo electrónico de entrada de datos.

Procedimientos de Recalibración GLOBE

Los procedimientos de recalibración GLOBE resumidos en este protocolo implican establecer una corrección de compensación para la cubeta superior y comprobar la temperatura del sensor. La corrección para la cubeta superior es equivalente a la diferencia entre las lecturas tomadas con un pluviómetro, que sirve como instrumento de calibración de precisión conocida. Esta corrección ayuda a compensar la desviación que puede producirse en las lecturas a lo largo del tiempo. Una vez enviada a GLOBE, esta corrección se aplicará automáticamente a todos los datos que se envíen posteriormente y se mostrarán los valores corregidos en el sitio Web de GLOBE. No se deben enviar estas correcciones a GLOBE y después aplicarlas a los datos antes de enviarlos a GLOBE, ya que provocaría que se aplicaran ¡dos veces!

Para algunas de las mediciones realizadas por la estación meteorológica, tales como el viento, no hay protocolos de mediciones en GLOBE para usarlos como calibración, de manera que no hay métodos actualmente disponibles para su calibración.

La calibración completa GLOBE de la estación meteorológica consiste en:

- Comprobar el sensor de temperatura siguiendo la *Guía de Campo de Recalibración del Sensor de Temperatura de la Estación Meteorológica*.
- Calibrar la cubeta superior del pluviómetro siguiendo la *Guía de Campo de Recalibración de la Cubeta Superior del Pluviómetro*.

Consejos Prácticos

- Durante la configuración, asegurarse de elegir el valor correcto del volumen de la cubeta superior, o todos los datos de precipitación serán incorrectos.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Los patrones meteorológicos varían a lo largo de un día de la misma manera que lo hacen todos los días? ¿Qué provoca esto?

¿Qué estación tiene mayor variedad de temperaturas? ¿Por qué?

¿Cuáles son las latitudes y altitudes de otros centros GLOBE con patrones de precipitación anual y temperatura similares a los suyos?

¿Su ambiente local se ve influido en mayor medida por la temperatura media o por las temperaturas extremas?

¿Cómo influyen los cambios en la velocidad y dirección del viento, la presión, los cambios de temperatura, y la humedad relativa, en la aparición de precipitaciones?

Instalación de los Sensores Atmosféricos de la Estación Meteorológica

Guía de Campo

Objetivo

Instalar los sensores atmosféricos para la Estación Meteorológica.

Qué se Necesita

- Los sensores que se van a instalar
- Las instrucciones del fabricante
- Las herramientas necesarias para realizar la instalación
- Brújula
- Hoja de definición del sitio GLOBE

Nota: la instalación puede variar significativamente dependiendo de qué sensores se usen y de dónde se instalen

En el Campo

1. Buscar una ubicación para colocar la caseta meteorológica. Si se está utilizando un anemómetro (para medir el viento) que se puede montar por separado del resto del juego del sensor, se debe pensar en montarlo en un lugar diferente. Si el anemómetro está unido al resto de sensores, entonces preferiblemente se deberá colocar en el lugar más apropiado para el termómetro (paso 4). Si se utilizan sensores inalámbricos, hay que asegurarse de que se montan suficientemente cerca de la consola de la estación para permitir una buena comunicación.
2. Si es posible, colocar el juego de sensores de manera que el de temperatura esté a una altura de 1,5 metros sobre el suelo (ó 60cm sobre la profundidad media máxima de la nieve), preferiblemente en un área llana con cobertura superficial natural (cubierto de hierba en la mayoría de los sitios). Intentar evitar que haya edificios en un radio de 10 metros.
3. Si es posible, ubicar el anemómetro donde éste supere la altura de los árboles y edificios cercanos. Si se coloca en la parte más alta de un edificio, se debe intentar mantenerlo al menos 1,2 metros sobre la línea del tejado.
4. Enviar los datos de definición del sitio al Sitio WEB de GLOBE de la misma manera que para cualquier Sitio de Atmósfera, seleccionando como tipo de termómetro *Estación Meteorológica Davis*.

Registro y Envío de los Datos de la Estación Meteorológica

Guía de Laboratorio

Actividad

Registrar y enviar los datos tomados con la Estación Meteorológica.

Qué se Necesita

- Una estación meteorológica configurada y operativa - Un ordenador con acceso a correo electrónico

En el Campo

1. Configurar la estación meteorológica para registrar datos a intervalos de 15 minutos cada cuarto de hora (por ejemplo, 15:15).
2. Descargar los datos de la estación meteorológica a la computadora , siguiendo las instrucciones de la Estación Meteorológica. Nota: algunas estaciones meteorológicas pueden configurarse para transferir estos datos automáticamente.
3. Exportar los datos a un fichero de texto. Guardar este fichero en la computadora (Si el software permite exportar los datos a un fichero con el formato GLOBE de envío de datos por correo electrónico, pasar al paso 5).
4. Utilizar un programa de cálculo u otro software para editar el fichero exportado al formato GLOBE de envío de datos por correo electrónico. Guardar esta hoja de cálculo en el ordenador.
5. Copiar y pegar los datos en el Formato de Envío de Datos por Correo Electrónico de GLOBE en el cuerpo de un mensaje para enviar a GLOBE.

Recalibración del Sensor de Temperatura de la Estación Meteorológica

Guía de Campo

Actividad

Comparar las temperaturas registradas por la Estación Meteorológica con las lecturas del termómetro de calibración.

Qué se Necesita

- Termómetro de calibración que ha sido comprobado siguiendo las instrucciones de la *Guía de Laboratorio del Termómetro de Calibración*
- *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*

En el Campo

1. Colgar el termómetro de calibración a la sombra, en un radio de 30 cm del sensor de temperatura de la Estación Meteorológica.
2. Esperar tres minutos y después leer la temperatura del termómetro de calibración, así como la temperatura de la Estación Meteorológica. Esperar un minuto más para ver si la lectura del termómetro de calibración está cambiando. Si es así, continúe hasta que deje de cambiar. Si la pantalla digital de la Estación Meteorológica está lejos del termómetro de calibración, se necesitará de dos alumnos trabajando juntos . Anotar estas lecturas en la *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*.
3. Repetir el paso 2 cuatro veces más, esperando al menos una hora entre cada grupo de lecturas. Se debe intentar espaciar el conjunto de 5 lecturas a lo largo del día, tanto como se pueda.
4. Enviar los nuevos datos de calibración al sitio Web de GLOBE.

Calibración de la Cubeta Superior del Pluviómetro de la Estación Meteorológica

Guía de Campo

Actividad

Registrar cualquier episodio de precipitación (de 2cm o superior) con un pluviómetro y después comparar la precipitación medida con este pluviómetro, con la precipitación registrada por la cubeta superior de la estación meteorológica.

Qué se Necesita

- Un pluviómetro que cumpla las especificaciones GLOBE
- *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*

En el Campo

1. Colocar el pluviómetro de plástico en un área abierta a menos de 15 m de la cubeta superior del pluviómetro y a su misma altura. Se debe tener cuidado al colocar el pluviómetro de plástico, de manera que no interfiera o se vea afectado por la Estación Meteorológica.
2. Esperar a que se produzca un episodio de precipitación y después tomar la lectura de precipitación del pluviómetro, siguiendo la *Guía de Campo del Protocolo de Precipitación*. Si las lecturas de precipitación son superiores a 2 cm, anotarlas en la *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica* y continúe.
3. Sumar los valores de precipitación registrados por la Estación Meteorológica para este episodio de lluvia. Anotar el resultado en la *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*.
4. Repetir este proceso para otros dos episodios de precipitación.
5. Enviar los datos de calibración al sitio Web de GLOBE.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Qué se debe hacer si hay precipitación en forma de hielo que la estación meteorológica registra como lluvia?

La precipitación en forma de hielo y la nieve derretida pueden llegar a la cubeta superior de la Estación Meteorológica, y pueden, por ello, registrarse como precipitación por la estación. La cubeta superior está calibrada exclusivamente para medir precipitación en forma de lluvia, por lo que todas las mediciones en las que hay precipitación en forma de hielo son erróneas. Por favor, indique si hay cualquier tipo de precipitación en forma de hielo en los metadatos y si es posible edite los datos registrados para eliminar todas aquellas lecturas en las que ha habido precipitación congelada, antes de enviar los datos a GLOBE.

2. Estoy utilizando una Estación Meteorológica Davis, pero mi software no incluye la opción de exportar datos GLOBE. ¿Qué puedo hacer?



Davis está incorporando la opción de exportar datos GLOBE en versiones actualizadas del software de sus estaciones meteorológicas. Estas versiones actualizadas se pueden descargar del Sitio Web de Davis (<http://davisnet.com>). Se puede contactar con Davis para saber si existe una versión de software disponible para el modelo de su Estación Meteorológica que incluya la función exportar GLOBE.

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica

Nombre del Centro: _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Recalibración del Sensor de Temperatura del Aire

Número de lectura	Fecha (año/mes/día)	Hora local (hora:min)	Hora universal (hora:min)	Lecturas del termómetro de calibración (°C)	Sensor digital de temperatura (°C)
1					
2					
3					
4					
5					

Recalibración del Pluviómetro

Número de lectura	Fecha (año/mes/día)	Hora local (hora:min)	Hora universal (hora:min)	Lectura del pluviómetro* (mm)	Lectura digital total de la cubeta superior (mm)
1					
2					
3					
4					
5					

* Debe ser superior a 20 mm para la recalibración

Protocolo de la Estación Meteorológica RainWise



Objetivo General

Registrar datos de atmósfera usando la Estación Meteorológica RainWise

Visión General

Se instala una estación meteorológica para medir y anotar mediciones atmosféricas a intervalos de 15 minutos. Estas mediciones se pasan a la computadora del centro escolar y después se envían a GLOBE por correo electrónico.

Objetivos Didácticos

Observar datos continuos del centro escolar y mostrar las variaciones que tienen lugar durante el día. Entre los datos recogidos se incluyen velocidad y dirección del viento, así como mediciones de presión, proporcionando de ese modo un estudio más completo de la meteorología usando GLOBE. Continuar con un conjunto más amplio de investigaciones.

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.

Geografía

La variabilidad de temperatura en un lugar influye en la caracterización del sistema geofísico de la Tierra.

Habilidades de Investigación Científica

Las habilidades de investigación científica se adquieren analizando los datos recogidos con la Estación Meteorológica. Dirigirse a las secciones de *Observando los Datos* de los protocolos correspondientes a las evaluaciones realizadas con la Estación Meteorológica para obtener una guía de cómo hacer el análisis de los datos. Consultar las *Habilidades de Investigación Científica* que aparecen en los cuadros grises de estos protocolos para saber qué habilidades de investigación científica se adquirirán.

Tiempo

2 horas para la definición del sitio e instalación.

15 minutos para usar la hoja de cálculo de entrada de datos para preparar y enviar datos a GLOBE periódicamente.

Nivel

Medio

Frecuencia

Envío de datos aproximadamente una vez por semana.

Materiales y Herramientas

Estación Meteorológica con registro de datos.
Computadora capaz de utilizar el software de la Estación Meteorológica.
Termómetro de calibración.
Pluviómetro.

Preparación

Instalar la Estación Meteorológica.

Requisitos Previos

Ninguno

Estaciones Meteorológicas Automatizadas

Usar estaciones meteorológicas automatizadas que registran datos puede permitir realizar mediciones ambientales a intervalos de tiempo mucho menores que si se recogen los datos manualmente. El gran volumen de datos que se puede recoger a intervalos regulares de tiempo permite el estudio de los fenómenos meteorológicos que pueden cambiar rápidamente (como el viento) y que no pueden ser seguidos mediante mediciones realizadas con mayores períodos de muestreo.

Las estaciones meteorológicas usadas en este protocolo son fabricadas por RainWise Inc. (<http://www.rainwise.com>). Estas estaciones meteorológicas tienen una pantalla que muestra las lecturas del tiempo actual, como temperatura, humedad, presión barométrica, velocidad y dirección del viento, así como mediciones de precipitación, evaluadas mediante sensores unidos a la estación por cables o sin ellos. El tipo de mediciones realizadas depende del modelo de estación meteorológica y de los tipos de sensores adquiridos.

Además de mostrar las lecturas actuales en la pantalla, la estación meteorológica también registra datos durante un largo período de tiempo mediante el registrador de datos. Este registrador se vende en un kit que también incluye el software que permite descargar los datos a la computadora para visualizarlos, lo cual es necesario para este protocolo.

Una vez descargados los datos de la estación meteorológica a la computadora, se pueden exportar a un fichero de texto, importarlos a un programa de datos y manipularlos para darles el formato requerido por GLOBE para su envío por correo electrónico. Hay software disponible para algunos modelos que permite exportar ficheros de texto en el formato de envío de datos por correo electrónico de GLOBE.

Los siguientes datos atmosféricos se pueden tomar con este protocolo y enviar a GLOBE: velocidad y dirección media del viento durante el intervalo de muestreo de 15 minutos, velocidad y dirección de viento máximas durante el intervalo de muestreo, distancia recorrida por el viento durante el período de 15 minutos, temperatura, humedad relativa, presión barométrica, tasa de

precipitación y precipitación total. Las mediciones de nubes, nieve, pH de la precipitación, aerosoles, y ozono se deben seguir haciendo siguiendo los protocolos correspondientes.

Logística de las Mediciones

1. Revisar los antecedentes del *Capítulo Atmósfera*.
2. Instalar la Estación Meteorológica y conectarla al ordenador según las instrucciones del fabricante.
3. Instalar los sensores meteorológicos atmosféricos según la *Guía de Campo de Instalación de los Sensores Atmosféricos de la Estación Meteorológica*.
4. Definir el sitio de medición como un sitio de atmósfera seleccionando la *Estación Meteorológica RainWise* como tipo de termómetro.
5. Registrar las lecturas a intervalos de 15 minutos y transferir los datos a la computadora siguiendo las instrucciones que se incluyen en el software.
6. Cuando se esté listo para enviar los datos a GLOBE (lo recomendable es una vez a la semana) exportar los datos almacenados en la computadora a un fichero de texto en el formato de envío de datos por correo electrónico de GLOBE, siguiendo la *Guía de Laboratorio de Registro y Envío de Datos de la Estación Meteorológica*.
7. Copiar el texto de este fichero en el cuerpo de un correo electrónico y enviarlo a GLOBE, siguiendo las instrucciones de envío de datos por correo electrónico disponibles en la sección “Introducción de Datos” del sitio Web de GLOBE.
8. Animar al alumnado a observar los datos.
9. Recalibrar la Estación Meteorológica cada año.

Apoyo al Profesorado

Las instrucciones que se proporcionan en este protocolo son específicas para una marca de estación meteorológica. Sin embargo, se pueden adaptar a otros equipos que cumplan las mismas especificaciones. Si tiene preguntas o necesita ayuda para adaptar estas instrucciones a otros aparatos, contacte con su Coordinador o con el equipo de ayuda GLOBE. Los elementos esenciales de este protocolo, que deben permanecer igual, independientemente del modelo, son la ubicación de la estación, la precisión y exactitud de los sensores y el intervalo de muestreo.

Una vez al año se debe recalibrar la estación meteorológica usando los procedimientos de recalibración GLOBE resumidos en este protocolo. Esto ayudará a asegurar la precisión de las lecturas que envía a GLOBE.

Antes de comenzar a instalar la estación meteorológica con el alumnado, revise el material que se proporciona en el *Protocolo de Selección del Sitio e Instalación* para informarse sobre consideraciones importantes a la hora de seleccionar un lugar para realizar las mediciones atmosféricas.

Grabación de Datos

La base de datos GLOBE requiere datos de la estación meteorológica registrados a intervalos de 15 minutos, así que asegúrese de que el intervalo de muestreo de su estación meteorológica esté configurado a 15 minutos. También, las lecturas se deben tomar en los cuarto de hora (por ejemplo, 10:00, 10:15, 10:30, 10:45, etc.). Hay que asegurarse de que las mediciones se están mostrando y se están enviando en las unidades adecuadas (es decir, milímetros de lluvia, grados Celsius para temperaturas, porcentaje para humedad relativa, metros/segundo para velocidad del viento, y kilómetros para la distancia).

La hora asociada a cada dato enviado a GLOBE debe estar en Hora Universal (UT). Si se elige tener la estación meteorológica configurada con la hora local se deberá asegurar que se ajusten las horas antes de enviar los datos a GLOBE.

Debido a la cantidad de datos, los datos de la Estación Meteorológica se envían a GLOBE sólo mediante correo electrónico. El software proporcionado por RainWise permite que los datos se exporten directamente en el formato correcto de GLOBE de envío de datos por correo

electrónico (ver *Preguntas Frecuentes* para informarse sobre la disponibilidad de este software), usando la opción: *Exportación de Ficheros (Formato GLOBE)*” opción del menú *Buscar* del menú desplegable de exportación de datos . “Este software puede convertir automáticamente las horas a UT. Si se tiene una versión más antigua del software que no tenga esta opción, exportar los datos a un fichero de texto, importar el fichero al programa de cálculo, manipular las columnas para cumplir los requisitos del envío de datos por correo electrónico y pegar los valores resultantes en el cuerpo de un mensaje de correo electrónico.

Procedimientos de Recalibración GLOBE

Los procedimientos de recalibración GLOBE esbozados en este protocolo implican la determinación de una corrección de compensación para la cubeta superior y realizar una comprobación del sensor de temperatura. La compensación para la cubeta superior equivale a la diferencia entre las lecturas tomadas por la Estación Meteorológica y las de un pluviómetro, que sirve como instrumento de calibración de precisión conocida. Esta corrección de compensación ayuda a valorar la imprecisión en las lecturas tomadas por la cubeta superior que se pueden producir a lo largo del tiempo. Una vez enviado a GLOBE, esta compensación se aplicará automáticamente a todos los datos que envíe y los valores ajustados se mostrarán en el sitio web GLOBE. No se deben enviar estas correcciones a GLOBE y después aplicarlas a los datos antes de enviarlos a GLOBE, ya que provocaría que se aplicaran ¡dos veces! Para algunas de las mediciones realizadas por la Estación Meteorológica, tales como el viento, no hay protocolos de medición GLOBE para usarlos como calibración, de manera que no hay métodos disponibles para su calibración.

La calibración completa GLOBE de la estación meteorológica consiste en lo siguiente:

- Comprobar el sensor de temperatura siguiendo la *Guía de Campo de Recalibración del Sensor de Temperatura de la Estación Meteorológica*.
- Calibrar la cubeta superior del pluviómetro siguiendo la *Guía de Campo de Recalibración de la Cubeta Superior del Pluviómetro de la Estación Meteorológica*.

Consejos útiles

- Durante la instalación, hay que asegurarse de elegir el valor correcto para el volumen de la cubeta superior o todos los datos de precipitación serán erróneos.

Cuestiones para investigación posterior

Los patrones meteorológicos varían a lo largo de un día de la misma manera que lo hacen todos los días? ¿Qué provoca esto?

¿Qué estación tiene el mayor rango de temperaturas? ¿Por qué?

¿Cuáles son las latitudes y altitudes de otros centros GLOBE con patrones de precipitación anual y temperatura similares al suyo?

¿Su ambiente local se ve influido en mayor medida por la temperatura media o por las temperaturas extremas?

¿Cuál es la relación entre las variaciones de la velocidad y dirección del viento, la presión, las variaciones en la temperatura y la humedad relativa, con la frecuencia de las precipitaciones?

Instalación de los Sensores Atmosféricos de la Estación Meteorológica

Guía de Campo

Actividad

Instalar los sensores atmosféricos para la Estación Meteorológica.

Qué se Necesita

- Los sensores que se van a instalar
- Las instrucciones del fabricante
- Las herramientas necesarias para hacer la instalación
- Brújula
- La hoja de definición del sitio GLOBE

Nota: La instalación real puede variar significativamente dependiendo de qué sensores se estén usando y del lugar en el que se están instalando.

En el Campo

1. Buscar un lugar para instalar la caseta meteorológica. Si se utiliza un anemómetro (para medir el viento) que se pueda montar por separado del resto del juego de sensores, se debe considerar montarlo en un lugar diferente. Si el anemómetro está unido al resto de sensores, entonces preferiblemente montarlo en la mejor ubicación para el termómetro (paso 4). Si se están usando sensores inalámbricos, hay que asegurarse de que se montan suficientemente cerca de la consola de la estación para garantizar una comunicación adecuada.
2. Si es posible, montar el juego de sensores de manera que el de temperatura esté a una altura de 1,5m sobre el suelo (o 60cm sobre la máxima profundidad media de la nieve), preferiblemente en un área llana de superficie natural (hierba en la mayoría de los lugares). Intentar evitar que haya edificios en un radio de 10 metros.
3. Si es posible, montar el anemómetro donde éste supere la altura de árboles y edificios cercanos. Si se monta sobre un edificio, intentar que esté al menos 1,2 metros sobre la línea del tejado.
4. Enviar los datos de definición del sitio al Sitio Web de GLOBE como Sitio de Atmósfera, seleccionando la *Estación Meteorológica RainWise* como tipo de termómetro.

Registro y Envío de Datos de la Estación Meteorológica

Guía de Laboratorio

Actividad

Registrar y enviar los datos recogidos con la Estación Meteorológica.

Qué se Necesita

- Una Estación Meteorológica instalada y operativa
- Un ordenador con acceso a correo electrónico

En el Campo

1. Configurar la Estación Meteorológica para que registre datos a intervalos de 15 minutos en los cuartos de hora (por ejemplo, 15:15).
2. Descargar los datos de la estación meteorológica en la computadora , siguiendo las instrucciones de la Estación Meteorológica. **Nota:** algunas estaciones meteorológicas se pueden configurar para transferir estos datos automáticamente.
3. Exportar los datos a un fichero de texto. Guardar este fichero en la computadora. (Si el software tiene la posibilidad de exportar el fichero de datos en el formato de envío de datos por correo electrónico de GLOBE, pase al paso 5).
4. Usar una hoja de cálculo u otro software para editar el fichero exportado y darle el formato de envío de datos por correo electrónico de GLOBE. Guardar este fichero en la computadora.
5. Copiar y pegar los datos en el Formato de Envío de Datos por Correo Electrónico de GLOBE en el cuerpo de un mensaje para enviar a GLOBE.

Recalibración del Sensor de Temperatura de la Estación Meteorológica

Guía de Campo

Actividad

Comparar las temperaturas registradas por la Estación Meteorológica con las lecturas de un termómetro de calibración.

Qué se Necesita

- Termómetro de calibración que haya sido comprobado siguiendo las instrucciones de la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro*.
- *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*

En el Campo

1. Colgar el termómetro de calibración a la sombra, en un radio de 30cm del sensor de temperatura de la Estación Meteorológica.
2. Esperar tres minutos y después leer la temperatura del termómetro de calibración, así como la de la Estación Meteorológica. Esperar un minuto más para ver si la lectura del termómetro de calibración está cambiando. Si es así, esperar hasta que deje de cambiar. Si la pantalla digital de la Estación Meteorológica está situada lejos del termómetro de calibración, será necesario que dos estudiantes cooperen. Anotar estas lecturas en la *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*.
3. Repetir el paso 2 cuatro veces más, esperando al menos una hora entre cada grupo de mediciones. Intentar espaciar los cinco grupos de lecturas a lo largo del día, tanto como sea posible.
4. Enviar los datos de la nueva calibración al sitio Web de GLOBE.

Calibración de la Cubeta Superior del Pluviómetro de la Estación Meteorológica

Guía de Campo

Actividad

Registrar un episodio de lluvia (de 2cm o más) con un pluviómetro y después comparar la precipitación medida con el pluviómetro con la registrada mediante la cubeta superior de la Estación Meteorológica.

Qué se Necesita

- Un pluviómetro que cumpla los requisitos GLOBE
- *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*

En el Campo

1. Colgar el pluviómetro de plástico en un área abierta a 15 m de la cubeta superior de la Estación Meteorológica y a su misma altura. Hay que asegurarse de que el pluviómetro de plástico esté colocado de manera que no interfiera con, o se vea influido por la Estación Meteorológica.
2. Esperar a que se produzca un episodio de lluvia y después realizar la lectura de precipitación del pluviómetro, siguiendo la *Guía de Campo del Protocolo de Precipitación*. Si la lectura de lluvia es superior a 2 cm, anotarlo en la *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica* y continuar.
3. Sumar todos los valores de lluvia registrados por la estación meteorológica para este episodio de lluvia. Anotar esta suma en la *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*.
4. Repetir este proceso para otros dos episodios de lluvia.
5. Enviar los datos de calibración al sitio Web de GLOBE.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Qué debo hacer si hay precipitación congelada que mi estación meteorológica registra como lluvia?

La precipitación congelada y la nieve derretida pueden provocar que la cubeta superior de la estación meteorológica se incline, registrándose como lluvia en la estación. La cubeta superior está calibrada exclusivamente para lluvia, por lo que cualquier medición provocada por precipitación congelada es errónea. Por favor, informe de cualquier precipitación congelada en los metadatos y, si es posible, edite los datos para eliminar las lecturas de lluvia que hayan sido debidas a precipitación congelada, antes de enviar los datos a GLOBE.



2. Estoy usando una estación meteorológica RainWise, pero mi software no incluye la opción de exportar datos GLOBE. ¿Qué puedo hacer?

El paquete de software *Estación meteorológica virtual* diseñado por Ambient, LLC, incluye la opción exportar datos GLOBE. Esto requiere la versión 12.06p14 o alguna posterior del software. Para descargar e instalar la última versión y el manual de usuario, visite la siguiente página : <http://www.ambientweather.com/Products/Descriptions/Download.asp>.

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-_____

Recalibración del sensor de temperatura del aire

Número de lectura	Fecha (año/mes/día)	Hora local (hora:min)	Hora universal (hora:min)	Lectura del termómetro de calibración (°C)	Sensor digital de temperatura (°C)
1					
2					
3					
4					
5					

Recalibración del pluviómetro

Número de lectura	Fecha (año/mes/día)	Hora local (hora:min)	Hora universal (hora:min)	Lectura del pluviómetro* (mm)	Lectura digital total de la cubeta superior (mm)
1					
2					
3					
4					
5					

* Debe ser superior a 20 mm para recalibración

Protocolo de la Estación Meteorológica WeatherHawk



Objetivo General

Registrar datos de atmósfera usando la Estación Meteorológica WeatherHawkTM.

Visión General

Se instala una estación meteorológica para medir y anotar mediciones atmosféricas a intervalos de 15 minutos. Estas mediciones se pasan a la computadora del centro escolar y después se envían a GLOBE por correo electrónico.

Objetivos Didácticos

Observar datos continuos del centro escolar y mostrar las variaciones que tienen lugar durante el día. Entre los datos recogidos se incluyen velocidad y dirección del viento, así como mediciones de presión, proporcionando de ese modo un estudio más completo de la meteorología, usando GLOBE. Continuar con un conjunto más amplio de investigaciones.

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.

Geografía

La variabilidad de temperatura en un lugar influye en la caracterización del sistema geofísico de la Tierra.

Habilidades de Investigación Científica

Las habilidades de investigación científica se adquieren analizando los datos recogidos con la Estación Meteorológica.. Dirigirse a las secciones de *Observando los Datos* de los protocolos correspondientes a las evaluaciones realizadas con la Estación Meteorológica para obtener una guía de cómo hacer el análisis de los datos. Consultar las *Habilidades de Investigación Científica* que aparecen en los cuadros grises de estos protocolos para saber qué habilidades de investigación científica se adquirirán.

Tiempo

2 horas para la definición del sitio e instalación.

15 minutos para utilizar la hoja de datos para preparar y enviar los datos a GLOBE periódicamente.

Nivel

Medio

Frecuencia

Envío de datos aproximadamente una vez por semana.

Materiales y Herramientas

Estación Meteorológica con registro de datos.
Computadora capaz de utilizar el software de la Estación Meteorológica.

Termómetro de calibración.

Pluviómetro.

Preparación

Instalar la Estación Meteorológica.

Requisitos Previos

Ninguno

Estaciones Meteorológicas Automatizadas

Usar estaciones meteorológicas automatizadas que registran datos puede permitir realizar mediciones ambientales a intervalos de tiempo mucho menores que si se recogen los datos manualmente. El gran volumen de datos que se puede recoger a intervalos regulares de tiempo permite el estudio de los fenómenos meteorológicos que pueden cambiar rápidamente (como el viento) y que no pueden ser seguidos mediante mediciones realizadas con mayores períodos de muestreo.

Las estaciones meteorológicas usadas en este protocolo son fabricadas por WeatherHawk Inc. (<http://www.weatherhawk.com>). Estas estaciones meteorológicas tienen una pantalla que muestra las lecturas del tiempo actual, como temperatura, humedad, presión barométrica, velocidad y dirección del viento, así como mediciones de precipitación, obtenidas por sensores unidos a la estación mediante cables o sin ellos. El tipo de mediciones realizadas depende del modelo de estación meteorológica y de los tipos de sensores adquiridos.

Además de mostrar las lecturas actuales en la pantalla, la estación meteorológica también registra datos durante un largo período de tiempo mediante el registrador de datos. Este registrador se vende en un kit que también incluye el software que permite descargar los datos a la computadora para visualizarlos. Este kit es necesario para este protocolo.

Una vez descargados los datos de la estación meteorológica a la computadora, se pueden exportar a un fichero de texto, importarlos a un programa de datos y manipularlos para darles el formato requerido por GLOBE para su envío por correo electrónico. Hay software disponible para algunos modelos que permiten exportar ficheros de texto en el formato de envío de datos por correo electrónico de GLOBE.

Los siguientes datos atmosféricos pueden ser tomados con este protocolo y enviados a GLOBE: velocidad y dirección media del viento durante el intervalo de muestreo de 15 minutos, velocidad y dirección de viento máximas durante el intervalo de muestreo, distancia recorrida por el viento durante el período de 15 minutos, temperatura, humedad relativa, presión

barométrica, tasa de precipitación y precipitación total. Las mediciones de nubes, nieve, pH de la precipitación, aerosoles, y ozono se deben seguir haciendo siguiendo los protocolos correspondientes.

Logística de las Mediciones

1. Revisar los antecedentes del *Capítulo Atmósfera*.
2. Instalar la Estación Meteorológica y conectarla a la computadora según las instrucciones del fabricante.
3. Instalar los sensores meteorológicos atmosféricos según la *Guía de Campo de Instalación de los Sensores Atmosféricos de la Estación Meteorológica*.
4. Definir el sitio de medición como un sitio de atmósfera seleccionando la *Estación Meteorológica WeatherHawk* como tipo de termómetro.
5. Registrar las lecturas a intervalos de 15 minutos y transferir los datos a la computadora siguiendo las instrucciones que se incluyen en el software.
6. Cuando se esté listo para enviar los datos a GLOBE (lo recomendable es una vez a la semana) exportar los datos almacenados en la computadora a un fichero de texto en el formato de envío de datos por correo electrónico de GLOBE siguiendo la *Guía de Laboratorio de Registro y Envío de Datos de la Estación Meteorológica*.
7. Copiar el texto de este fichero en el cuerpo de un correo electrónico y enviarlo a GLOBE siguiendo las instrucciones de envío de datos por correo electrónico disponibles en la sección “Introducción de Datos” del sitio Web de GLOBE.
8. Animar al alumnado a observar los datos.
9. Recalibrar la Estación Meteorológica cada año.

Apoyo al Profesorado

Las instrucciones que se proporcionan en este protocolo son específicas para una marca de estación meteorológica. Sin embargo, se pueden adaptar a otros equipos que cumplan las mismas especificaciones. Si tiene preguntas o necesita ayuda para adaptar estas instrucciones a otros aparatos, contacta con tu Coordinador o con el equipo de ayuda GLOBE. Los elementos esenciales de este protocolo, que deben permanecer igual independientemente del modelo, son la ubicación de la estación, la precisión y exactitud de los sensores y el intervalo de muestreo.

Una vez al año se debe recalibrar la Estación Meteorológica usando los procedimientos de recalibración GLOBE resumidos en este protocolo. Esto ayudará a asegurar la precisión de las lecturas que envía a GLOBE.

Antes de comenzar a instalar la estación meteorológica con los alumnos, revise el material que se proporciona en el *Protocolo de Selección del Sitio e Instalación* para informarse acerca de las consideraciones importantes a la hora de seleccionar un lugar para realizar las mediciones atmosféricas.

Grabación de Datos

La base de datos GLOBE requiere datos de la estación meteorológica registrados a intervalos de 15 minutos, así que asegúrese de que el intervalo de muestreo de su Estación Meteorológica está configurado a 15 minutos. También, las lecturas se deben tomar en los cuartos de hora (por ejemplo, 10:00, 10:15, 10:30, 10:45, etc.). Hay que asegurarse de que las mediciones se están mostrando y enviando en las unidades adecuadas (es decir, milímetros de lluvia, grados Celsius para temperaturas, porcentaje para humedad relativa, metros/segundo para velocidad del viento, y kilómetros para la distancia).

La hora asociada a cada dato enviado a GLOBE debe estar en Hora Universal (UT). Si se elige tener la estación meteorológica configurada con la hora local deberá asegurarse que se ajusten las horas antes de enviar los datos a GLOBE.

Debido a la cantidad de datos, los datos de la estación meteorológica se envían a GLOBE sólo mediante correo electrónico. El software proporcionado por WeatherHawk permite que los datos se exporten directamente en el formato correcto de GLOBE de envío de datos por correo

electrónico (ver *Preguntas Frecuentes* para informarse sobre la disponibilidad de este software), usando la opción “*Exportación de Ficheros (Formato GLOBE)*” opción del menú *Buscar* del menú desplegable de exportación de datos . Este software puede convertir automáticamente las horas a UT. Si se tiene una versión más antigua del software que no tenga esta opción, exportar los datos a un fichero de texto, importar el fichero al programa de cálculo, manipular las columnas para cumplir los requisitos del envío de datos por correo electrónico y pegar los valores resultantes en el cuerpo del mensaje de correo electrónico.

Procedimientos de Recalibración GLOBE

Los procedimientos de recalibración GLOBE esbozados en este protocolo implican la determinación de una corrección de compensación para la cubeta superior, y realizar una comprobación del sensor de temperatura. La compensación para la cubeta superior equivale a la diferencia entre las lecturas tomadas por la Estación Meteorológica y las de un pluviómetro, que sirve como instrumento de calibración de precisión conocida. Esta corrección de compensación ayuda a valorar la imprecisión en las lecturas tomadas por la cubeta superior que se pueden producir a lo largo del tiempo. Una vez enviado a GLOBE, esta compensación se aplicará automáticamente a todos los datos que envíe y los valores ajustados se mostrarán en el sitio web GLOBE. No se deben enviar estas correcciones a GLOBE y después aplicarlas a los datos antes de enviarlos a GLOBE, ya que provocaría que se aplicaran ¡dos veces!

Para algunas de las mediciones realizadas por la estación meteorológica, tales como el viento, no hay protocolos de medición GLOBE para usarlos como calibración, de manera que no hay métodos disponibles para su calibración.

La calibración completa GLOBE de la estación meteorológica consiste en lo siguiente:

- Comprobar el sensor de temperatura siguiendo la *Guía de Campo de Recalibración del Sensor de Temperatura de la Estación Meteorológica*.
- Calibrar la cubeta superior del pluviómetro siguiendo la *Guía de Campo de Recalibración de la Cubeta Superior del Pluviómetro de la Estación Meteorológica*.

Consejos útiles

- Durante la instalación, hay que asegurarse de elegir el valor correcto para el volumen de la cubeta superior o todos los datos de precipitación serán erróneos.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Los patrones meteorológicos varían a lo largo de un día de la misma manera que lo hacen todos los días? ¿Qué provoca esto?

¿Qué estación tiene el mayor rango de temperaturas? ¿Por qué?

¿Cuáles son las latitudes y altitudes de otros centros GLOBE con patrones de precipitación anual y temperatura similares al suyo?

¿Su ambiente local se ve influido en mayor medida por la temperatura media o por las temperaturas extremas?

¿Cuál es la relación entre las variaciones de la velocidad y dirección del viento, la presión, las variaciones en la temperatura y la humedad relativa, con la frecuencia de las precipitaciones?

Instalación de los Sensores Atmosféricos de la Estación Meteorológica

Guía de Campo

Actividad

Instalar los sensores atmosféricos para la Estación Meteorológica.

Qué se Necesita

- Los sensores que se van a instalar
- Las instrucciones del fabricante
- Las herramientas necesarias para hacer la instalación
- Brújula
- La hoja de definición del sitio GLOBE

Nota: La instalación real puede variar significativamente dependiendo de qué sensores se estén usando y del lugar en el que se están instalando.

En el Campo

1. Buscar un lugar para instalar la caseta meteorológica. Si se utiliza un anemómetro (para medir el viento) que se pueda montar por separado del resto del juego de sensores, se debe considerar montarlo en un lugar diferente. Si el anemómetro está unido al resto de sensores, entonces preferiblemente montarlo en la mejor ubicación para el termómetro (paso 4). Si se están usando sensores inalámbricos, hay que asegurarse de que se montan suficientemente cerca de la consola de la estación para garantizar una comunicación adecuada.
2. Si es posible, colocar el juego de sensores de manera que el de temperatura esté a una altura de 1,5 metros sobre el suelo (o 60 cm sobre la máxima profundidad media de la nieve), preferiblemente en un área llana de superficie natural (hierba en la mayoría de los lugares). Intentar evitar que haya edificios en un radio de 10 metros.
3. Si es posible, ubicar el anemómetro donde éste supere la altura de los árboles y edificios cercanos. Si se coloca en la parte más alta de un edificio, se debe intentar mantenerlo al menos 1,2 metros sobre la línea del tejado.
4. Enviar los datos de definición del sitio al Sitio Web de GLOBE como Sitio de Atmósfera, seleccionando la *Estación Meteorológica WeatherHawk* como tipo de termómetro.

Registro y Envío de Datos de la Estación Meteorológica

Guía de Laboratorio

Actividad

Registrar y enviar los datos recogidos con la Estación Meteorológica.

Qué se Necesita

- Una estación meteorológica instalada y operativa
- Una computadora con acceso a correo electrónico

En el Campo

1. Configurar la Estación Meteorológica para que registre datos a intervalos de 15 minutos en los cuartos de hora (por ejemplo, 15:15).
2. Descargar los datos de la estación meteorológica a la computadora, siguiendo las instrucciones de la Estación Meteorológica. **Nota:** algunas estaciones meteorológicas se pueden configurar para transferir estos datos automáticamente.
3. Exportar los datos a un fichero de texto. Guardar este fichero a la computadora. (Si el software tiene la posibilidad de exportar el fichero de datos en el formato de envío de datos por correo electrónico de GLOBE, pase al paso 5).
4. Usar una hoja de cálculo u otro software para editar el fichero exportado y darle el formato de envío de datos por correo electrónico de GLOBE. Guardar este fichero en el ordenador.
5. Copiar y pegar los datos en el Formato de Envío de Datos por Correo Electrónico de GLOBE en el cuerpo de un mensaje para enviar a GLOBE.

Recalibración del Sensor de Temperatura de la Estación Meteorológica

Guía de Campo

Actividad

Comparar las temperaturas registradas por la Estación Meteorológica con las lecturas de un termómetro de calibración.

Qué se Necesita

- Termómetro de calibración que haya sido comprobado siguiendo las instrucciones de la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro*.
- *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*

En el Campo

1. Colgar el termómetro de calibración a la sombra, en un radio de 30 cm. del sensor de temperatura de la Estación Meteorológica.
2. Esperar tres minutos y después leer la temperatura del termómetro de calibración, así como la de la Estación Meteorológica. Esperar un minuto más para ver si la lectura del termómetro de calibración está cambiando. Si es así, esperar hasta que deje de cambiar. Si la pantalla digital de la Estación Meteorológica está situada lejos del termómetro de calibración, será necesario que dos alumnos trabajen juntos. . Anotar estas lecturas en la *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*.
3. Repetir el paso 2 cuatro veces más, esperando al menos una hora entre cada grupo de mediciones. Intentar espaciar los cinco grupos de lecturas a lo largo del día, tanto como sea posible.
4. Enviar los datos de la nueva calibración al sitio Web de GLOBE.

Calibración de la Cubeta Superior del Pluviómetro de la Estación Meteorológica

Guía de Campo

Actividad

Registrar un episodio de lluvia (de 2cm o más) con un pluviómetro y después comparar la precipitación medida con el pluviómetro, con la registrada mediante la cubeta superior de la Estación Meteorológica.

Qué se Necesita

- Un pluviómetro que cumpla los requisitos GLOBE
- *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*

En el Campo

1. Colgar el pluviómetro de plástico en un área abierta a 15 m. de la cubeta superior de la Estación Meteorológica y a su misma altura. Hay que asegurarse de que el pluviómetro de plástico esté colocado de manera que no interfiera con o se vea influido por la estación meteorológica.
2. Esperar a que se produzca un episodio de lluvia y después realizar la lectura de precipitación del pluviómetro, siguiendo la *Guía de Campo del Protocolo de Precipitación*. Si la lectura de lluvia es superior a 2 cm., anotarlo en la *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica* y continuar.
3. Sumar todos los valores de lluvia registrados por la Estación Meteorológica para este episodio de lluvia. Anotar esta suma en la *Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica*.
4. Repetir este proceso para otros dos episodios de lluvia.
5. Enviar los datos de calibración al sitio Web de GLOBE.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Qué debo hacer si hay precipitación congelada que mi estación meteorológica registra como lluvia?

La precipitación congelada y la nieve derretida pueden provocar que la cubeta superior de la estación meteorológica se incline, registrándose como lluvia en la estación. La cubeta superior está calibrada exclusivamente para lluvia, por lo que cualquier medición provocada por precipitación congelada es errónea. Por favor, informe de cualquier precipitación congelada en los metadatos y, si es posible, edite los datos para eliminar las lecturas de lluvia que hayan sido debidas a precipitación congelada, antes de enviar los datos a GLOBE.

2. Estoy usando una estación meteorológica WeatherHawk, pero mi software no incluye la opción de exportar datos GLOBE. ¿Qué puedo hacer?



El paquete de software *Estación meteorológica virtual* diseñado por Ambient, LLC, incluye la opción exportar datos GLOBE. Esto requiere la versión 12.06p14 o alguna posterior del software. Para descargar e instalar la última versión y el manual de usuario, entre a la siguiente página:

<http://www.ambientweather.com/Products/Descriptions/Download.asp>.

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-_____

Recalibración del Sensor de Temperatura del Aire

Número de lectura	Fecha (año/mes/día)	Hora local (hora:min)	Hora universal (hora:min)	Lectura del termómetro de calibración (°C)	Sensor digital de temperatura (°C)
1					
2					
3					
4					
5					

Recalibración del Pluviómetro

Número de lectura	Fecha (año/mes/día)	Hora local (hora:min)	Hora universal (hora:min)	Lectura del pluviómetro* (mm)	Lectura digital total de la cubeta superior (mm)
1					
2					
3					
4					
5					

* Debe ser superior a 20 mm para recalibración

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE



*Actividades de Aprendizaje de Apoyo.
Haciendo y Comprendiendo las Mediciones*

Observación, Descripción e Identificación de las Nubes

El alumnado se inicia en el aprendizaje de los tipos de nubes y sus nombres.

Cálculo de la Cobertura de Nubes

El alumnado practica el cálculo del porcentaje de cielo cubierto por nubes.

Observación de las Nubes

El alumnado hace un seguimiento de las nubes y del tiempo, de este modo se inicia en la comprensión de las relaciones entre ambos.

Observación de la Visibilidad y el Color del Cielo

El alumnado observa el color del cielo y aprende a asociar el color con la presencia o ausencia de aerosoles.

Construcción de un Reloj Solar

El alumnado estudia el movimiento del sol a lo largo del día, realizando observaciones cuantitativas de la dirección y longitud de la sombra producida por un gnomon (llamado gnomon solar).

Cálculo de la Masa Relativa del Aire

El alumnado se inicia en los conceptos de ángulo de elevación solar y masa de aire relativa, y aprende cómo determinar esta masa relativa de aire a partir de mediciones del ángulo de elevación solar.

Estudio de la Caseta Meteorológica*

El alumnado explora cómo la ubicación y el diseño de las casetas meteorológicas puede influir en las mediciones de temperaturas realizadas mediante termómetros situados en su interior.

Construcción de un Termómetro*

El alumnado construye termómetros sencillos para comprender cómo y por qué funcionan los termómetros de cristal con líquido en su interior.

Construcción de un Modelo para Representar el Ozono Superficial en ppb*

El alumnado construye y compara cubos de diferentes volúmenes para llegar a comprender mejor las pequeñas concentraciones, tales como partes por millón y partes por billón.

Actividades de Aprendizaje de Apoyo al Uso de las Visualizaciones para Observar los Datos

Elaboración de un Mapa de Contornos*

El alumnado construye uno o más mapas de curvas usando los datos GLOBE.

Creando Visualizaciones Personalizadas*

El alumnado realiza una visualización para aprender las opciones de diseño implicadas en ella, y cómo estas opciones afectan a lo que se transmite.

Aprendiendo a Usar las Visualizaciones: Un Ejemplo con la Altitud y la Temperatura*

El alumnado utiliza las visualizaciones para investigar la relación entre altitud y temperatura, asimismo se inicia en el aprendizaje de la representación de patrones importantes mediante visualizaciones.

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

Observación, Descripción e Identificación de Nubes



Objetivo General

Enseñar al alumnado a observar las nubes, describirlas con un vocabulario corriente y comparar sus descripciones con los nombres oficiales de las nubes.

Visión General

El alumnado observa y dibuja las nubes, describiendo sus formas. Inicialmente se harán descripciones de naturaleza personal y, posteriormente, se utilizará un vocabulario más científico. Se establecerá una relación entre las descripciones de los estudiantes y las clasificaciones estándares utilizando los diez tipos de nubes identificados en GLOBE. Cada alumno tendrá un cuaderno personal de nubes para usarlo junto con la Carta de Nubes GLOBE.

Objetivos Didácticos

El alumnado será capaz de identificar tipos de nubes usando los nombres estándares de la clasificación de nubes.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Se puede describir el tiempo mediante observaciones cualitativas.

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

Las nubes se forman por la condensación del vapor de agua en la atmósfera.

Geografía

La naturaleza y amplitud de la cobertura de nubes afecta a las características del sistema físico geográfico.

Ventajas del Estudio de la Atmósfera

Las nubes se identifican por su forma, altitud, composición y características de precipitación.

Las nubes ayudan a comprender y pronosticar el tiempo.

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas.

Utilizar una carta de nubes para clasificar los diferentes tipos de nubes.

Desarrollar descripciones utilizando la evidencia.

Compartir procedimientos, descripciones y pronósticos.

Tiempo

Dos clases. Pueden ser en días en los que haya diferentes tipos de nubes.

Nivel

Todos

Materiales y Herramientas

Carta de Nubes GLOBE.

Hojas de Observando el Tipo de Nubes (en el apéndice)

Cuaderno de ciencias GLOBE.

Bibliografía que contenga imágenes de nubes.

Cámara de fotos o de video para fotografiar las nubes (opcional).

Preparación

Buscar bibliografía y marcar las páginas adecuadas.

Requisitos Previos

Ninguno

Antecedentes

Un pronóstico del tiempo preciso comienza con observaciones cuidadosas y sistemáticas. El ojo humano representa uno de los mejores (y el menos caro) de los instrumentos meteorológicos. Mucho de lo que sabemos sobre el tiempo es el resultado de la observación humana realizada a lo largo de miles de años. Aunque ser capaz de identificar nubes es útil en sí mismo, observar nubes regularmente y registrar el tiempo asociado con ciertas nubes mostrará a los alumnos la relación entre los tipos de nubes y el tiempo. Reconocer tipos de nubes puede ayudar a pronosticar el tipo de tiempo que se espera tener en un futuro cercano. No se describen esas relaciones aquí, pero hay muchos libros de meteorología que pueden ayudar al alumnado a conocerlas. Invitar a un meteorólogo local a una clase para que hable con el alumnado es un modo seguro de estimular su interés acerca de la relación entre las nubes y los patrones meteorológicos.

En esta actividad se pide observar cuidadosamente las nubes, dibujarlas y describirlas con sus propias palabras *antes* de emplear los nombres oficiales. La actividad se puede repetir en diferentes días, cuando haya diferentes nubes. De hecho, si se puede, estaría bien hacer un descanso y hacer “trabajo de nubes” al aire libre siempre que aparezca un nuevo tipo de nube en el cielo. Con el tiempo, el alumnado logrará una familiaridad considerable con los tipos de nubes. Si no se puede salir con el alumnado siempre que aparezca una nube interesante, quizá se puedan observar a través de una ventana.

Creación de un Cuadernillo Personal de Nubes

Se pueden incluir, en los cuadernos de ciencias GLOBE o en cuadernillos separados, un conjunto de notas personales e individuales sobre las nubes y los tipos de nubes. Se debería dedicar una página de los cuadernos de ciencias GLOBE a cada tipo de nube que se identifique. Se pueden incluir no sólo las propias observaciones de los alumnos y descripciones, sino también fotografías de nubes que realicen o que se consigan de otras fuentes. Cualquier día se pueden observar varios tipos de nubes en el cielo a la misma hora.

Si se ven varios tipos de nubes, se deberá anotar cada uno de ellos en una página separada de sus cuadernos de ciencias GLOBE.

Identificando y Clasificando Nubes

El protocolo GLOBE pide que se identifiquen diez tipos de nubes comunes. Los nombres utilizados para las nubes se basan en tres factores: su *forma*, la *altitud* a la que se encuentran, y si *producen precipitación*.

1. Las nubes tienen tres formas básicas:
 - Cúmulos* (amontonados e hinchados)
 - Estratos* (en capas)
 - Cirros* (tenues)
2. Las nubes se producen en tres rangos de altitud (concretamente, la altitud de la base de la nube):
 - Nubes altas (sobre 6000 m), llamadas “cirros o cirro-”
 - Cirros
 - Cirrocúmulos
 - Cirroestratos
 - Nubes medias (2000 - 6000m), nombradas por “alto-”
 - Altocúmulos
 - Altoestratos
 - Nubes bajas (por debajo de 2000m), sin prefijo
 - Estratos
 - Nimboestratos
 - Cúmulos
 - Estratocúmulos
 - Cumulonimbos

Nota: Aunque tanto los cúmulos como los cumulonimbos pueden tener bases que comienzan por debajo de 2000m, a menudo se hacen suficientemente grandes como para llegar hasta el rango medio o alto. Por ello, a menudo se habla de ellas como “nubes de desarrollo vertical”. Solamente las nubes altas son tenues, por lo que el término cirro se ha convertido en sinónimo de tenue así como hablar de nubes altas.

3. Las nubes, cuyos nombres incorporan la palabra “nimbo” o el prefijo “nimbo-” son nubes que producen precipitación.
4. Las estelas de condensación son nubes lineales que se forman alrededor de pequeñas partículas que emiten los aviones.

Estas son, realmente, causadas directamente por la actividad humana, y son de gran interés para los investigadores. Se distinguen tres subtipos:

1. *Estelas de condensación de corta duración:* Línea que aparece tras un avión; no permanece después de que el avión haya pasado.
2. *Estelas de condensación persistentes no dispersas:* Estelas de condensación apreciables (lineales y estrechas) que no parecen dispersarse apreciablemente ni muestran signos de dispersarse, y que permanecen bastante después de que el avión que las ha creado desaparezca de la zona. Cada estela subtiende un estrecho ángulo en el cielo;
3. *Estelas de condensación persistentes dispersas:* Nubes de tipo cirro lineales de aspecto difuso; cada estela subtiende un ángulo más ancho en el cielo.

Consejos para Identificar Nubes

Es útil saber algunas cosas para identificar u nombrar nubes según las clasificaciones oficiales:

Las nubes que son tenues y altas en el cielo son siempre cirros de un tipo u otro. Si las nubes cirros contienen olas o ráfagas, entonces son cirrocúmulos. Si se forman capas continuas que parecen cubrir el cielo son cirroestratos. Las estelas de condensación se producen también a altos niveles, y parecen nubes de forma lineal.

Las nubes a altitudes medias se nombran con el prefijo “alto-.” Si se encuentran en capas son altoestratos; si forman montones o parecen hinchadas, son altocúmulos.

Las nubes que se forman a baja altitud (bajo los 2000 m) son de la familia cúmulo o estrato. Las nubes de la familia cúmulo son hinchadas y amontonadas. Las nubes de la familia de los estratos forman capas o láminas que cubren amplias extensiones del cielo.

Las nubes bajas que son oscuras, amenazantes y que *producen lluvia* reciben la denominación “nimbos.” Los nimboestratos cubren todo el cielo con amplias capas y producen lluvia continua.

Los nimboestratos son más grandes horizontal que verticalmente. La precipitación asociada con los nimboestratos generalmente es de baja a moderada en intensidad, pero cae sobre una amplia área en un período largo de tiempo. Los cimulonimbos tienen bases oscuras y partes superiores hinchadas, a menudo con forma de yunque, y se llaman a veces “cabezas de trueno”. Suelen producir fuertes precipitaciones, generalmente acompañadas por relámpagos y truenos.

Utilización de Fotografías

No debería ser difícil encontrar fotografías de nubes en libros, cartas y revistas. Sin embargo, el alumnado se divertirá realizando sus propias fotografías de nubes. Presente esto como una actividad posterior al dibujo de las nubes y a la descripción con sus propias palabras. La grabación en video de las nubes en movimiento también introduce una nueva perspectiva en la formación de las nubes y su comportamiento, particularmente si se puede utilizar un trípode y hacer fotografías a intervalos prefijados.

Parte 1: Descripción de las Nubes con sus Propias Palabras

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Organice al alumnado en parejas. Envíeles al exterior, a un espacio abierto, con sus cuadernos de ciencias GLOBE para observar las nubes. Cada uno debe hacer un dibujo detallado de las nubes en el cielo. Si hay diferentes tipos de nubes, deben dibujar un único tipo por página en sus cuadernos.
2. Cada uno debe anotar la fecha y la hora del día en la que realiza la observación, así como describir el aspecto de la nube junto al dibujo, usando tantas palabras como sea necesario. Haga hincapié en que no hay respuestas correctas o erróneas, y que deben utilizar cualquier palabra que les parezca correcta. Algunas de las posibles palabras que se pueden usar para describir las nubes son:
Tamaño: Pequeño, grande, pesadas, ligeras, compactas, densas.
Forma: Esponjosa, fibrosa, algodonosas, grumosa, rasgada, lisa, irregular, plana, jirones, se parece a...
Color: Gris, negra, blanca, plateada, blanco leche.
Descripción: Nubarrón, amenazadora, sombrío, envolvente, bonita, niebla, burbujeante, aislada en movimiento, arremolinada.
3. Al volver a clase se volverán a unir las parejas para compartir las descripciones realizadas. Pida a cada grupo de cuatro que hagan una “lista de grupo” de todas las palabras que han usado para describir cada tipo de nube que han observado. Deben seleccionar las palabras que consideran que son las mejores para describir las nubes que vieron.
4. Usando la carta de nubes de GLOBE, deberán hacer corresponder sus dibujos con una de las fotografías y anotar el nombre científico del tipo de nube junto a su dibujo.

Parte 2: Comparación de sus Descripciones con las Descripciones Oficiales

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. (Se puede posponer esta discusión hasta que la clase disponga de las descripciones de varios tipos de nubes.)
Inicie un debate de clase. Pida a un grupo de cuatro personas que haga el dibujo de una nube en la pizarra y que anote las palabras que su grupo ha utilizado para describirla. Si se han observado diferentes nubes, haga que un grupo diferente dibuje cada tipo. Pida al resto de grupos que aporten otras palabras que hayan utilizado para describir estas nubes.
Pida al alumnado que agrupe las palabras que consideren que deberían ir juntas. Pídeles que le asignen un nombre a las características específicas de las nubes (tales como tamaño, forma, color, altitud u otras características) a las que hacen referencia los grupos de palabras que han formado. ¿Representan estos grupos las principales características de las nubes a las que un observador les prestaría atención? ¿Hay alguna característica de las nubes que no haya sido incluida? ¿Cuál dirían ellos que es la base de su sistema, es decir, cuáles son las características de las nubes a las que hay que prestar mayor atención?
2. Pida al alumnado que indique los nombres “oficiales” de las nubes dibujadas en la pizarra. Explíqueles que el sistema utilizado para clasificar las nubes se basa en tres características básicas: forma, altitud y precipitación. Compare el sistema oficial con la clasificación desarrollada por los estudiantes. ¿Qué características de las nubes incluye y omite cada uno? Pregunte a los alumnos cuáles de sus propias palabras utilizarían para describir las siguientes familias de nubes:
 - Estratos
 - Cúmulos
 - Cirros
 - Nimbos

3. Repetir cada observación, dibujo y descripción de los diferentes tipos de nubes en días posteriores según vayan apareciendo nuevas nubes en el cielo. Pida al alumnado que utilice una página nueva de su cuaderno de ciencias GLOBE para cada nuevo tipo de nube que observe. Pídales que anoten tanto el nombre oficial de la nube como sus propias descripciones de ella. Continúe con el debate sobre la base para el sistema de clasificación oficial.

Adaptaciones para los Estudiantes Mayores y Menores

Los estudiantes más jóvenes (menores) pueden describir las nubes en términos del tipo de familia básico: cirros, cúmulos y estratos. También pueden describir la altura de las nubes: bajas, medias o altas; su forma: grandes o pequeñas; y su color: blancas, grises o negras.

Los alumnos mayores pueden relacionar los tipos de nubes con la aparición de ciertos tipos de tiempo. Ver la Actividad de Aprendizaje *Observación de las Nubes*. También pueden fijarse en la secuencia de los tipos de nubes a lo largo de varios días, y pueden investigar los factores que hacen que se formen las nubes.

Esta actividad puede presentar interesantes posibilidades de colaboración con un profesor de arte o de literatura, cada uno de los cuales puede aportar una perspectiva diferente, quizá no científica, sobre la descripción de las nubes.

Investigaciones Posteriores

Examinar la relación entre el viento y las nubes. Registrar la dirección del viento y la velocidad de cada tipo de nube observable.

Explicar la relación entre el ciclo hidrológico y las condiciones atmosféricas.

Las imágenes de satélite y las fotografías espaciales proporcionan observaciones de la dinámica de la atmósfera y de fenómenos a gran escala que no es posible visualizar desde tierra. Utilice las imágenes tomadas desde el espacio para pronosticar el tiempo o para seguir las tormentas. Considere las ventajas y las desventajas de

utilizar las imágenes espaciales frente a la información y los datos meteorológicos locales.

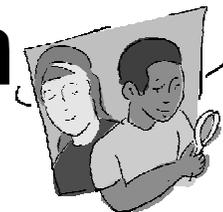
Registrar las tormentas y las nubes a cierta distancia para ayudar a mejorar la comprensión de las condiciones meteorológicas locales. Use binoculares para estudiar las nubes y su formación a la distancia. Utilice mapas locales como ayuda para identificar la distancia de los hitos y la velocidad a la que se mueven las nubes.

Cree juegos de nubes para practicar sus habilidades de investigación y los conceptos:

Juego de nubes #1: Cada estudiante debe crear un juego de cartas de 12x7cm que incluya los nombres de los diez tipos de nubes. Un segundo conjunto de cartas debe incluir las imágenes de los diez tipos de cartas. Por parejas, los estudiantes mezclarán las cartas, poniéndolas boca abajo. Se turnarán para dar la vuelta a dos cartas a la vez, intentando encontrar parejas. Si se encuentra, se tiene un nuevo turno. El juego termina cuando todas las cartas han sido emparejadas. El ganador será quien haya encontrado más parejas.

Juego de nubes #2: En grupos, los estudiantes pueden hacer preguntas sobre las nubes: aspecto, forma, altitud y porcentaje de cobertura predominante. En una ficha de 12x7cm escribe la frase como una respuesta. Por ejemplo: “Nubes dispersas” es la respuesta a la pregunta “¿Cuál es la cobertura de nubes que hay en el cielo cuando éste está cubierto entre una décima parte y la mitad?” Divida la clase en grupos para jugar. Los jugadores contestan a las fichas de respuesta en forma de pregunta (ver arriba).

Estimación de la Cobertura de Nubes



Objetivo General

Ayudar al alumnado a comprender mejor el porcentaje de cobertura de nubes y a realizar observaciones más precisas de su cobertura.

Visión General

Trabajando en parejas o en pequeños grupos, los alumnos utilizan cartulinas para simular la cobertura de nubes. Estiman el porcentaje de cobertura de nubes representado por pedacitos de papel sobre un fondo que contraste, y asignan una clase de cobertura de nubes a las simulaciones que crean sus compañeros.

Objetivos Didácticos

El alumnado comprende las dificultades de la estimación visual del porcentaje de cobertura de nubes y adquiere experiencia en la estimación de la cobertura evaluando la precisión de las estimaciones, utilizando fracciones y porcentajes.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Las nubes se pueden describir mediante mediciones cuantitativas.

Las nubes cambian a diferentes escalas temporales y espaciales.

Geografía

La naturaleza y distribución de la cobertura de nubes afecta a las características del sistema físico geográfico.

Habilidades de Investigación Científica

Estimar la cobertura de nubes

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Utilizar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Compartir los resultados y las explicaciones.

Tiempo

Una clase

Nivel

Todos

Materiales y Herramientas

Cartulinas de colores: Una azul y otra blanca por alumno.

Pegamento en barra, cola o cinta adhesiva.

Preparación

Ninguno

Requisitos Previos

Familiaridad con fracciones y porcentajes.

Antecedentes

Incluso los observadores experimentados tienen dificultad para estimar la cobertura de nubes. Parece deberse, en parte, a nuestra tendencia a subestimar el espacio abierto entre objetos, en comparación con el espacio ocupado por los objetos en sí mismos, en el caso de las nubes. El alumnado tiene una oportunidad para experimentar este enfoque de percepción por sí mismo, reflexionar sobre sus consecuencias para su trabajo científico, y crear estrategias para mejorar su habilidad en la estimación de la cobertura de nubes.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Iniciar a los alumnos en la idea de observar y cuantificar la cobertura de nubes. Explicar que simularán la cobertura de nubes utilizando cartulinas y que estimarán la cobertura representada por los pedacitos blancos sobre el fondo azul. Mostrarles los procedimientos seguidos en los pasos 3 - 6 de abajo para que los alumnos entiendan cómo hacerlo.

Se debería revisar el *Protocolo de Cobertura de Nubes* con los alumnos antes de realizar esta actividad de aprendizaje o usar la actividad como un primer paso en la presentación del protocolo al alumnado.

El paso 7 de abajo requiere que se explique las categorías de clasificación que se utilizan – sin nubes, despejado, nubes aisladas, nubes dispersas, roto, y cubierto.

1. Organice a los alumnos en parejas.
2. Proporcione a cada pareja los materiales necesarios:
 - Una hoja de cartulina azul clara.
 - Una hoja de cartulina blanca dividida en 10 segmentos iguales.
 - Cuaderno de ciencias GLOBE
 - Barra de pegamento, cola o cinta adhesiva.
3. Haga que cada pareja de alumnos elija un porcentaje de cobertura de nubes a representar. Deben elegir un múltiplo de 10% (es decir, 20%, 30%, 60%, etc., no 5% ó 95%). No deberían revelar el porcentaje que han elegido a nadie.
4. Haga que cada pareja corte la cartulina blanca de manera que represente el porcentaje de cobertura que han elegido. Por ejemplo, si han elegido 30%, deben cortar el 30% de su cartulina blanca y reciclar el 70% restante.
5. Los alumnos deben cortar su cartulina blanca en formas irregulares para representar nubes.
6. Pida a los alumnos que peguen los pedacitos

de nubes sobre la cartulina azul, teniendo cuidado de no superponer los pedazos de cartulina blanca. En la parte trasera de la cartulina azul, anote el porcentaje de cobertura de nubes.

7. Los alumnos deben turnarse para visitar las simulaciones de otros y estimar el porcentaje de cobertura de nubes. En cada simulación, deben clasificar el cielo como “sin nubes, despejado, nubes aisladas, nubes dispersas, roto o cubierto, utilizando la Tabla AT-CO-1.” Deberán anotar sus estimaciones en el cuaderno de ciencias GLOBE, utilizando una tabla parecida a la que se muestra en la Tabla AT-CO-2.
Haga que el alumnado vea todas las simulaciones, o divida la clase de manera que los estudiantes vean sólo algunas de las simulaciones.
8. Cuando los alumnos completen sus estimaciones de cobertura de nubes, cree una tabla en la pizarra para comparar sus estimaciones con los porcentajes reales. Ver Tabla AT-CO-3.
9. Crear una segunda tabla que compare las clasificaciones correctas con las incorrectas. Ver Tabla AT-CO-4.
10. Debata con la clase acerca de la precisión de sus estimaciones. ¿Qué son más precisos – los porcentajes de las estimaciones o las clasificaciones?

Tabla AT-CO-1

Porcentaje	Si menor que	Si mayor o igual que
10%	Sin nubes	Despejado
25%	Despejado	Nubes dispersas
50%	Nubes dispersas	Roto
90%	Roto	Cubierto

Tabla AT-CO-2

Nombre	Porcentaje estimado	Clasificación
Javier & Alicia	40%	Nubes dispersas
Juan & José	70%	Roto

Tabla AT-CO-3

Nombre	% Real	Subestimaciones	Estimaciones correctas	Sobrestimaciones
Javier & Alicia	60	4	5	12
Juan & José	70	6	9	6

Tabla AT-CO-4

Nombre	Clasificación correcta	Clasificado como menor cobertura	Clasificado correctamente	Clasificado como mayor cobertura
Javier & Alicia	Roto	4	9	8
Juan & José	Roto	7	12	2

¿Dónde se produjeron los mayores errores?

¿Pueden los alumnos hacer una medición cuantitativa de su precisión colectiva?

¿Tiene la clase tendencia a sobrestimar o a subestimar la cobertura de nubes?

¿Qué factores influyeron en la precisión de las estimaciones (por ejemplo, tamaño de las nubes, la agrupación de las nubes en una parte del cielo, el porcentaje del cielo que estaba cubierto)?

¿Siente el alumnado que hacer estas estimaciones es algo para lo que tienen talento, o es algo que pueden aprender? ¿Dónde más pueden ser tales habilidades espaciales valiosas?

¿Qué clasificaciones de nubes fueron las más fáciles y las más difíciles de identificar?

¿Qué estrategias permitieron a los alumnos estimar correctamente la cobertura de nubes?

¿Qué estrategias podrían proporcionar clasificaciones más precisas?

Observación de la Visibilidad y el Color del Cielo



Objetivo General

Observar, documentar, y clasificar cambios en la visibilidad y el color del cielo a lo largo del tiempo, así como comprender la relación entre el color del cielo, la visibilidad y los aerosoles en la atmósfera.

Objetivos Didácticos

Ser consciente de los cambios en la visibilidad y el color del cielo que se producen por las partículas suspendidas en el aire.

Visión General

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

La atmósfera está compuesta por diferentes gases y aerosoles.

Geografía

Las actividades humanas pueden modificar el medio físico, especialmente la calidad del aire y la composición de la atmósfera.

Beneficios del Estudio de la Atmósfera

Los aerosoles disminuyen la cantidad de energía solar que llega a la superficie de la Tierra.

Los aerosoles de la atmósfera aumentan la calima, disminuyen la visibilidad e influyen en la calidad del aire.

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas.

Observar y describir las condiciones del cielo.

Desarrollar descripciones y explicaciones a partir de la evidencia.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

Observaciones iniciales: 20 minutos

Observaciones continuas: 10 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Observaciones iniciales: durante cinco o diez días, preferiblemente en días con poca cobertura de nubes.

Observaciones continuas: a lo largo del año, preferiblemente en días con poca cobertura de nubes.

Materiales y Herramientas

Lápices de colores o acuarelas, y pinceles.

Papel blanco.

Opcional: Cámara de fotos o cartas de pintura de muestra (de una tienda de pinturas local).

Hoja de Datos de la Visibilidad y Color del Cielo.

Tabla Resumen de la Visibilidad y Color del Cielo.

Tijeras y cinta adhesiva

Preparación

Ninguno

Requisitos Previos

Protocolo de Cobertura de Nubes

Antecedentes

¿Por qué es azul el cielo despejado? La atmósfera está compuesta principalmente por moléculas de oxígeno y nitrógeno. La luz solar rebota en estas moléculas, en un proceso llamado dispersión. La luz con menores longitudes de onda, en el rango azul del espectro visible, se dispersa más eficazmente que en las longitudes de onda mayores. Para un observador en el suelo, esta luz dispersa, llena todo el cielo y es así que el cielo despejado aparece azul.

Sin embargo, hay también partículas sólidas y líquidas, llamadas aerosoles, suspendidas en la atmósfera. Cuando hay relativamente pocos aerosoles, el cielo aparece despejado. Por ejemplo, un edificio o un pico de una montaña aparece claramente definido, con colores similares a como se vería si se estuviera mucho más cerca del objeto distante. En un día muy despejado, se vería un color del cielo azul o azul profundo, y las condiciones del cielo como despejado o inusualmente despejado. Los aerosoles proceden de fuentes naturales tales como condensación y congelación del vapor de agua, volcanes, tormentas de polvo y cristales de sal que se evaporan de la bruma marina. Proceden también de actividades humanas tales como la quema de combustibles fósiles y de biomasa (por ejemplo, madera, estiércol, hojarasca) y de arar o cavar el suelo. Los aerosoles son mucho más grandes que las moléculas (su tamaño va desde unos 10^{-6} m - 1 micrón - a 10^{-7} m) y dispersan la luz de todas las longitudes de onda del visible. Los aerosoles individuales son muy pequeños para ser visibles por el ojo humano, pero su presencia influye en la apariencia del cielo. Según aumenta la concentración de aerosoles y, por tanto, la dispersión de la luz, el cielo parece menos azul. La calima es el efecto visible de los aerosoles en la atmósfera, ésta es una condición cualitativa que se puede observar. Cuando hay gran concentración de aerosoles se dice que hay calima. Las concentraciones de aerosoles se pueden también medir cuantitativamente.

Los cielos con gran cantidad de aerosoles son de color azul pálido o casi blancos. Dependiendo del tipo de aerosoles presentes en la atmósfera, el cielo podría también parecer parduzco o amarillento. La dispersión de la luz visible en un cielo con aerosoles afecta a la visibilidad

horizontal, de manera que los objetos distantes son menos distinguibles, descoloridos o con colores distorsionados. Los objetos distantes que son visibles en un día despejado podrían desaparecer en un día de calima. Los aerosoles, probablemente producidos por el smog urbano, provocan la calima apreciable en esta fotografía del Empire State Building de la ciudad



Fotografía © Forrest M. Mims III. Utilizada con autorización. Puede ser reproducida libremente con reconocimiento.

de Nueva York. En las últimas décadas la visibilidad horizontal ha disminuido en todo el mundo, como media, debido al incremento de las concentraciones de aerosoles. Como resultado, las vistas escénicas en todo el mundo se han oscurecido.

Preparación del Profesorado

En esta actividad, el alumnado observará atentamente la atmósfera durante algunos días y anotarán sus observaciones. A través de estas observaciones directas serán capaces de comprender que la visibilidad y el color del cielo están relacionados, y que ambos se deben a la presencia relativa o ausencia de aerosoles.

El alumnado clasificará el color del cielo utilizando categorías estándares y representarán el color del cielo utilizando pinturas o lápices de colores. También anotará la visibilidad basándose en la observación de objetos alejados, tales como una montaña o un edificio. No es importante que se realicen observaciones cada día, pero se debería intentar reunir una amplia variedad de datos sobre la visibilidad y las condiciones del cielo que se producen en la zona. Se debe intentar realizar observaciones en días muy despejados, en días con calima y en días intermedios. Después de que hayan observado y anotado ejemplos de los anteriores, la clase anotará sus observaciones en una tabla resumen y verá si aparece algún patrón que relacione la visibilidad con el color del cielo.

Visibilidad

Por “visibilidad” se entiende la claridad con la que los objetos se pueden ver a través de la atmósfera que se interpone. Para juzgar la visibilidad o la claridad de la atmósfera, se necesitaría poder ver un paisaje alejado, tal como un edificio lejano, una montaña o colina. Observando el mismo paisaje u objeto cada día se desarrollará gradualmente un sentido para juzgar si el día es inusualmente despejado, con calima, con mucha calima, o con calima extrema. Sólo la práctica, muchos ejemplos diferentes y el debate harán que estas categorías queden claras.

Color del Cielo

También se pide observar, clasificar y representar el color del cielo. Se clasificará el color del cielo utilizando las categorías que aparecen en la lista que hay al final de la hoja de datos. Se representará el color del cielo con pinturas o lápices de colores. También se puede probar la utilización de fotografías o muestras de pintura.

Según se van haciendo más observaciones, el alumnado adquirirá más confianza en sus clasificaciones y más destreza para pintar el color del cielo.

El alumnado se dará cuenta de que el cielo tiene diferentes colores en diferentes partes del mismo. Cerca del horizonte generalmente es más claro, debido a la presencia de aerosoles. La parte más oscura del cielo se puede ver a medio camino entre el horizonte y directamente sobre nuestras cabezas, en la dirección opuesta al sol – es decir, cuando se mira al cielo con nuestra sombra delante de nosotros. El alumnado debería intentar localizar el color más oscuro (el más azul) del cielo y anotarlo.

Correlación entre Visibilidad y Color del Cielo

Uno de los objetivos de esta actividad es que el alumnado se de cuenta de que en los días más despejados, con mayor visibilidad, el cielo es de color azul intenso, mientras que los días de calima aparece lechoso. Los cambios en la visibilidad y el color del cielo de deben a cambios en las concentraciones de aerosoles en la atmósfera. Debido a que los aerosoles dispersan la luz solar, altas concentraciones de aerosoles pueden dificultar la percepción de objetos distantes y hacer que el cielo aparezca más claro. En días despejados, cuando hay pocos aerosoles, la visibilidad es elevada, y el cielo azul profundo. Pero NO les diga esto a los alumnos/as, deje que ellos lo descubran al compartir las observaciones con el resto de la clase al completar la *Tabla Resumen de Visibilidad y Color del Cielo*. La mayoría de las observaciones deberían encontrarse alrededor de la diagonal principal que va desde la parte superior izquierda a la inferior derecha.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Dirija al alumnado en un debate sobre aerosoles, visibilidad y color del cielo. Comience preguntándoles sobre lo que recuerdan de cuando había mucha calima. ¿Cómo era la visibilidad? ¿Cómo reconocieron que la visibilidad era baja? ¿De qué color era el cielo? ¿Cuándo ocurrió? ¿Qué lo causó?
2. Continúe preguntándoles sobre lo que recuerdan de cuando el cielo estaba completamente despejado. ¿Qué parecía? ¿De

- qué color era ? ¿Cómo era la visibilidad?
¿Cuándo ocurrió? ¿Qué tiempo hacía?
¿Qué piensan que hizo que el aire estuviera tan despejado en ese momento?
3. Si no ha salido aún en el debate, hable sobre el papel de los aerosoles en la aparición de la calima. Discuta sobre las fuentes locales y regionales de aerosoles. Hable, también, sobre cómo los aerosoles, tales como el polvo, pueden ser transportados largas distancias e influir en las condiciones locales.
 4. Explíqueles que llevarán a cabo una investigación sobre el color del cielo y la visibilidad. Muéstreles la *Hoja de Datos de Visibilidad y Color del cielo* y explíqueles cómo usarla. Realice observaciones tantos días como sea necesario para obtener un rango completo de condiciones del cielo en los datos.
 5. Después de que la clase haya hecho un gran número de observaciones, que cubran el rango completo de condiciones del cielo que se producen en la zona, reúnanse para discutir los datos en grupo. Discutan sobre las condiciones que había cuando observaron los cielos más despejados y los cielos con más calima. ¿Qué tiempo hacía? ¿Qué piensan que explicaría los cielos más claros y con más calima? Cuando hubo cielos con calima, ¿fue la calima creada por factores locales, regionales o transfronterizos?
 6. En la pizarra o en un mural, cree una tabla similar a la *Tabla Resumen de la Visibilidad y Color del Cielo* mostrada. Invite al alumnado a aportar sus datos a la tabla colocando una cruz en la casilla apropiada para representar sus observaciones.
 7. Cuando la tabla se haya completado con las observaciones del alumnado, observe la tendencia de los datos de la diagonal, desde la parte superior izquierda a la parte inferior derecha. Pídales que expliquen por qué se produce esta tendencia. ¿Cuál es el elemento común que provoca tanto la baja visibilidad como cielos blanquecinos?
 8. (Opcional) Pida al alumnado o cree una “clave” para ayudarles a hacer futuras observaciones. Seleccione un ejemplo de color del cielo para cada nivel de

visibilidad/color del cielo para “inusualmente despejado” a “con extremada calima”. Use estas claves para estandarizar las observaciones de condiciones de calima. El alumnado puede continuar realizando observaciones a lo largo del año y observar las relaciones con la estación del año, las tormentas, la hora del día, la temperatura, la dirección del viento y otras condiciones. Dependiendo de las edades del alumnado, estas claves de colores pueden ser dibujos del cielo, fotografías o muestras de pinturas de colores que se pueden obtener en tiendas que venden pintura para interior.

Preparación del Alumnado para la Observación de la Visibilidad y el Color del Cielo

Hacer estas observaciones de visibilidad y color del cielo sólo en días en los que se pueda ver el cielo. Para cada día que se haga una observación, anote la fecha, la hora local, la estimación de la visibilidad y el color del cielo.

Tanto la visibilidad como el color del cielo son clasificaciones subjetivas. Esto significa que se debería esperar alguna variación entre los observadores y cambios en su propia clasificación según se vaya adquiriendo experiencia. Según se adquiere experiencia en la observación de la atmósfera y del cielo se puede cambiar de opinión sobre las clasificaciones iniciales. Se puede decidir que lo que inicialmente se clasificó como un cielo de color azul profundo ahora se considera simplemente azul, o se puede decidir que lo que pensaba que era “con algo de calima” era realmente “con mucha calima”. No se preocupe por ello y modifique las observaciones iniciales. Puede considerar que su habilidad para la clasificación está evolucionando y cambia progresivamente. A medida que pase el tiempo adquirirá mayor confianza y habilidad para clasificar coherentemente.

1. Estimación de la visibilidad.

Seleccione algún objeto alejado – una cordillera montañosa, un edificio y otro objeto a varios kilómetros. Utilice este objeto como “objeto de referencia” para valorar la visibilidad cada día que haga una observación. Tome nota de la claridad con la que se ve, seleccione una de las categorías de visibilidad de las de abajo y anótela en la *Hoja de Datos de Visibilidad y Color del Cielo*.

Inusualmente despejado.

Despejado.

Con algo de calima.

Con mucha calima.

Con extremada calima.

2. Observación del color del cielo.

Ahora mire al cielo y encuentre qué parte tiene el color más oscuro. Cuando haga esta actividad asegúrese de no mirar directamente al sol, incluso si está parcialmente oculto por nubes. Elija una categoría para el color del cielo de la lista de abajo y anótelo en la *Hoja de Datos de Visibilidad y Color del Cielo*.

Azul profundo.

Azul.

Azul claro.

Azul pálido.

Lechoso.

3. Pinte o dibuje con lápices de colores, lo más aproximado que pueda, el color del cielo en la casilla para el dibujo. También se pueden utilizar las muestras de pintura o fotografías para representar el color del cielo.

Preguntas para la Comprensión

1. Cuando se observan cielos azules, ¿qué otras condiciones es probable que existan? ¿Qué más se observaría en días muy despejados?
2. ¿Conoce algún patrón diario en el color del cielo y la visibilidad en su zona? ¿Hay generalmente más calima a ciertas horas del día? ¿Qué provoca esto?
3. ¿Cuál es la relación entre calima y color del cielo y el tiempo?
4. ¿Están el color del cielo y la calima en su zona relacionados con la cantidad de viento y la dirección del viento? Si es así, ¿por qué?
5. ¿Están el color del cielo y la calima en su zona relacionados con la época del año? Es decir, ¿hay patrones estacionales en los datos?

Tabla Resumen de Visibilidad y Color del Cielo

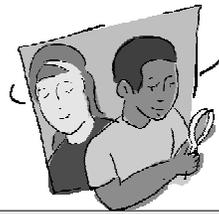
Haga una marca o una “x” en la casilla de la tabla que corresponda a cada observación.

Visibilidad/Color del cielo	Azul	Azul	Azul claro	Azul pálido	Lechoso
Inusualmente despejado					
Despejado					
Con algo de calima					
Con mucha calima					
Con extremada calima					

¿Qué aprecia en el patrón de observaciones?

¿Cómo explicaría este patrón?

Construcción de un Reloj Solar



Objetivo General

Investigar el movimiento del sol a lo largo del día y determinar la hora del mediodía solar local.

Visión General

Se construirá un reloj solar y se utilizará para observar el movimiento del sol en el cielo en el transcurso de un día haciendo cambios en la posición de una sombra una vez cada hora. Se determinará la hora aproximada del mediodía solar local en el centro escolar al observar la hora de la sombra más corta. El alumnado volverá al sitio de estudio otro día para estimar la hora que es usando su reloj solar.

Objetivos Didácticos

Comprender el movimiento diario del sol en el cielo y experimentar la realización de un conjunto de observaciones cuantitativas simples.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

El movimiento diario y estacional del sol en el cielo puede ser observado y descrito.

Geografía

Las características físicas de un lugar dependen de su latitud y de la relación con la radiación solar incidente.

Habilidades de Investigación Científica

- Identificar preguntas y respuestas.
- Diseñar y dirigir investigaciones científicas.
- Construir un instrumento científico.
- Desarrollar explicaciones y predicciones a partir de la experiencia.
- Compartir resultados y explicaciones.

Tiempo

Mediciones diarias de unos 5 minutos durante un día de clase soleado; 15 minutos para volver al reloj solar en días posteriores; tiempo para debate en clase.

Nivel

Primaria y secundaria

Materiales y Herramientas

- Poste de madera o similar de, al menos, 50 cm. de largo.
- Algo para hacer sombra (banderas, piedras, palos, clavos, etc.)
- Metro

Preparación

Ninguno

Requisitos Previos

Ninguno

Antecedentes

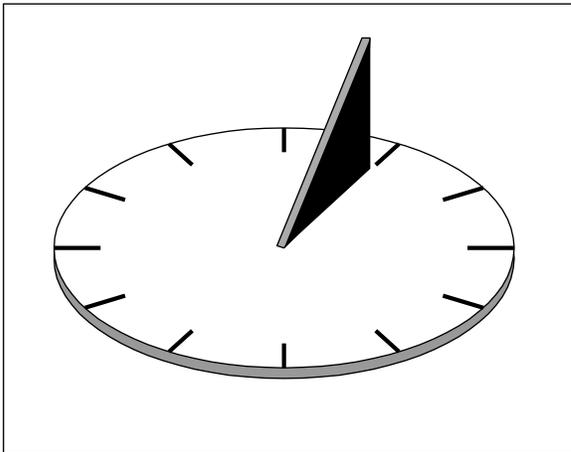
El alumnado puede haberse dado cuenta de que cuando llegan al centro escolar por la mañana el sol brilla por un lado del centro y que cuando se van por la tarde brilla por el otro lado. Esto ocurre porque el sol parece viajar por el cielo cada día.

Antes de inventarse los relojes, la gente utilizaba este movimiento del sol para determinar la hora, mediante la construcción de relojes solares. Los relojes solares son simplemente objetos fijos verticales, tales como un poste, localizados en una superficie plana.

El poste se llama *gnomon* y la superficie plana es una *esfera o dial*. Según se desplaza el sol por el cielo, la longitud y posición de la sombra que produce el *gnomon* sobre la *esfera* cambia. La sombra es mayor al amanecer y al anochecer y es más corta al mediodía solar local.

En esta actividad se construirá un reloj solar marcando la posición de la sombra proyectada por el *gnomon* cada hora durante un día de clase. Se volverá al reloj en un día posterior para ver si se puede averiguar la hora del día con el reloj solar construido.

Figura AT-RS-1



Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Elegir un día que esté soleado al menos durante siete horas desde que comiencen las clases.
2. Llevar al alumnado al exterior a un lugar relativamente llano del patio al que no llegue la sombra de los edificios y de los árboles hasta el final del día escolar. Colocar el poste en el suelo asegurándose de que está perpendicular respecto al suelo utilizando para ello una plomada (una cuerda de la que cuelga un peso) o un nivel. Medir y anotar la altura desde el suelo a la parte superior del

poste.

3. Pedir al alumnado que ponga un número 1 en el primer objeto (roca, bandera, etc.) que vayan a utilizar para marcar la posición de las sombras. Pedirles que coloquen el marcador en el suelo al final de la sombra, y anoten la hora que marcan sus relojes.
4. Deben medir y anotar la distancia desde la base del gnomon hasta el final de la sombra en la tabla proporcionada. (Opcional: que el alumnado mida el ángulo también utilizando una brújula).
5. Pedir a algunos alumnos/as que vayan al gnomon al menos una vez cada hora durante el tiempo restante de día escolar. Deberán medir la longitud de la sombra (y el ángulo opcional), colocar un nuevo marcador numerado al final de la sombra y anotar la hora del día.
6. Pedir al alumnado que utilice la tabla para determinar qué marcador está más cercano al poste. Esta es la hora de la sombra más corta y es la observación más cercana al mediodía solar. Si tiene tiempo, pida al alumnado que realice mediciones más frecuentes alrededor de la hora de esta observación el día siguiente para obtener una mejor estimación del mediodía solar.

Figura AT-RS-2:

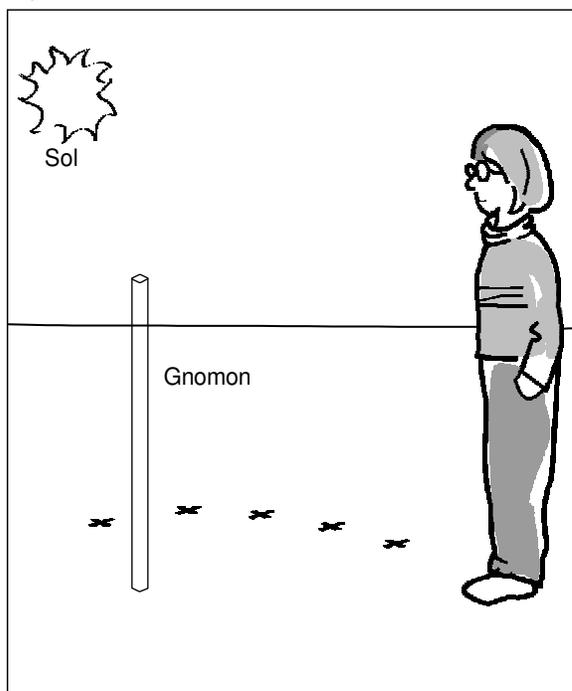
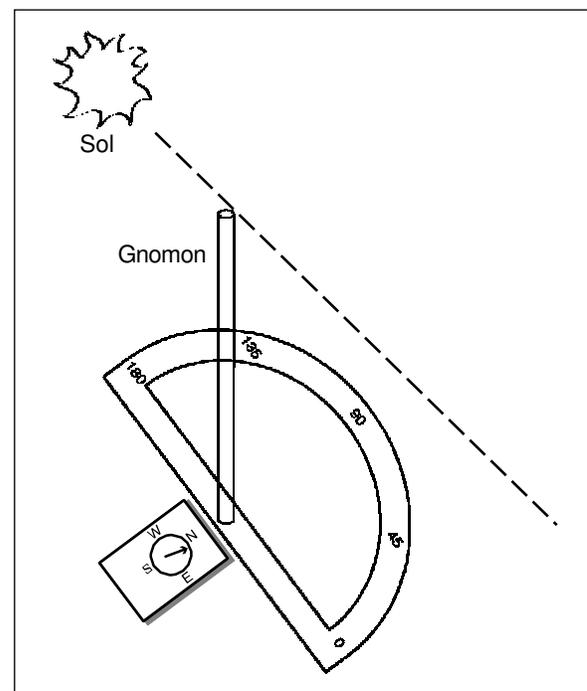
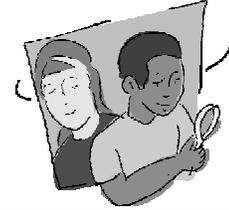


Figura AT-RS-3:



Cálculo de la Masa Relativa del Aire



Objetivo General

Enseñar al alumnado el concepto de masa relativa del aire y demostrar cómo el ángulo de elevación solar influye en la intensidad de la luz solar que llega a un observador que se encuentra en el suelo.

Visión General

El alumnado trabaja en grupos para calcular la masa relativa del aire usando geometría simple.

Objetivos Didácticos

Comprender la relación entre ángulo de elevación solar y masa relativa del aire.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

Procesos dinámicos tales como la rotación de la Tierra influyen en la energía transferida desde el sol a la Tierra.

Beneficios del Estudio de la Atmósfera

La longitud del recorrido de la luz solar incidente a través de la atmósfera (masa relativa del aire) varía en función del ángulo de elevación solar.

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas.
Utilizar las herramientas y técnicas apropiadas.

Utilizar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar y crear modelos a partir de la experiencia.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

Lecturas de elevación por la mañana: 5 minutos cada una; es necesario que sea un día soleado.

Cálculo de la masa del aire: 20 minutos

Nivel

Medio y secundaria

Materiales y Herramientas

Metro dividido en centímetros.

Poste, al menos de 50cm de alto, para ser utilizado como indicador (por ejemplo, poste de madera)

Hoja de Datos de Calculando la Masa de Aire Relativa

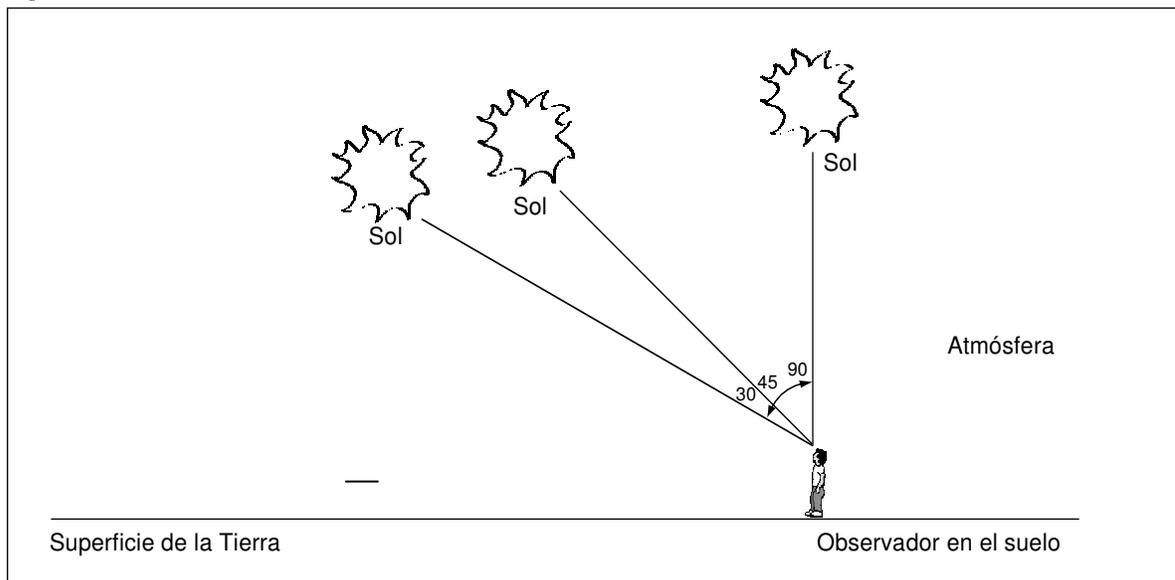
Preparación

Ninguna

Requisitos Previos

Construcción de un Reloj Solar
(sugerido para alumnado más joven)

Figura AT-MA-1



Apoyo al Profesorado

Antecedentes

La *Masa Relativa de Aire* es una proporción que indica la cantidad de atmósfera que debe atravesar la luz antes de llegar a un observador que se encuentra en el suelo. Cuando el sol está completamente vertical, la luz solar atraviesa la menor cantidad de atmósfera para alcanzar el suelo. Esto se define como una masa relativa del aire 1,0. En este caso, el sol está a 90° sobre el horizonte. Cuando el sol está a 30° sobre el horizonte, la luz solar atraviesa el doble de atmósfera para alcanzar a un observador en el suelo, y la masa relativa del aire es 2,0. Así, la masa relativa del aire es función del ángulo de elevación solar.

En el *Protocolo de Aerosoles*, la cantidad (la intensidad) de luz solar que llega al aparato depende de la cantidad de atmósfera entre el aparato y el sol, así como de la cantidad de aerosoles en la atmósfera. Por ello, la masa de aire relativa que se calcula en esta actividad es importante para interpretar los datos obtenidos mediante el fotómetro solar GLOBE. En *Observación de los Datos del Protocolo de Aerosoles*, se proporciona una técnica para calcular el espesor óptico de aerosoles a partir de las lecturas del voltaje del fotómetro. Este cálculo requiere conocer la masa relativa en el momento de observación.

Para ayudar al alumnado a comprender cómo el ángulo de elevación solar influye en la masa relativa del aire, haga un esquema en la pizarra como el que se muestra arriba o utilice un proyector para mostrar la figura. Invite a los estudiantes a usar un metro para medir la distancia desde la parte más alta de la atmósfera hasta el observador para ángulos de 90 , 45 y 30 grados. Deberían apreciar que según disminuye el ángulo de elevación solar, aumenta el camino que debe recorrer la luz solar a través de la atmósfera. Pídales que hallen la proporción de cada recorrido respecto al ángulo de 90 grados. Estas proporciones son recorridos relativos a través de la atmósfera y equivalen a las masas relativas de aire.

La masa relativa del aire se puede calcular en el campo a partir de la longitud de la sombra proyectada por un poste vertical. El poste utilizado con este propósito se llama *gnomon solar*. En la Figura AT-MA-2A, el recorrido a través de la atmósfera (p) es función del ángulo de elevación (e). La distancia desde el suelo a la parte superior de la atmósfera (d) se puede considerar constante. Como se muestra en la Figura AT-MA-2B, la luz solar que llega al gnomon solar proyecta una sombra creando un triángulo rectángulo. Los tres lados de este triángulo son: la altura del gnomon (h), la longitud de la sombra del poste sobre el suelo (r), y la hipotenusa (c).

El ángulo de elevación solar (e) es igual en los triángulos rectángulos de ambas figuras, haciendo que sean triángulos semejantes, dado que la relación entre la hipotenusa y el lado opuesto e es la misma en ambos casos. Por ello, se puede determinar la masa relativa del aire (p/d) midiendo el triángulo formado por el gnomon solar y su sombra.

Hay varias maneras de hallar la masa relativa del aire dependiendo de la destreza matemática del alumnado. Si sólo saben aritmética, pídeles que midan c directamente como se sugiere en los pasos siguientes.

Ecuación 1 Masa relativa de aire $= \frac{c}{h}$

Si saben algo de geometría y saben hacer raíces cuadradas, entonces se puede medir la longitud de la sombra (r) y la altura del gnomon (h), y:

Ecuación 2 Masa relativa de aire $= \frac{c}{h}$

$$= \sqrt{\frac{h^2 + r^2}{h^2}} = \sqrt{1 + \frac{r^2}{h^2}}$$

Si saben funciones trigonométricas, se puede medir e, y:

Ecuación 3 $\text{sen}(e) = h/c$

Ecuación 4 Masa relativa de aire $= c/h = 1/\text{sen}(e)$

Pida al alumnado que piense cuánta masa relativa de aire influiría sobre la intensidad de la luz solar que vería un observador desde el suelo. Lo más importante es comprender que cuanto mayor sea el recorrido, menor luz solar llegará. Esto pasa incluso en una atmósfera despejada, tal como los estudiantes lo pueden comprobar al observar que la luz solar no es tan fuerte cerca del amanecer y del anochecer como al mediodía.

También se debe destacar que fuera de los trópicos el sol nunca se encuentra directamente sobre nuestras cabezas, y la masa relativa de aire es siempre mayor que uno.

El alumnado también puede preguntar por qué el sol parece más rojo al amanecer y al anochecer que al mediodía. El recorrido de la luz solar a través de la atmósfera es mayor al amanecer y al anochecer, por lo que el número de moléculas de gas y partículas que pueden dispersar la luz solar es mayor a estas horas. Los gases de la atmósfera dispersan la luz azul con más intensidad que la luz roja. Al anochecer, cuando la masa relativa del aire es mayor, dominan los colores naranjas y rojos porque casi toda la luz violeta, azul, verde y amarilla ha sido dispersada, dejando sólo los tonos rojos y naranjas (longitudes de onda). Las cantidades relativas de las diferentes longitudes de onda en la luz solar junto con la cantidad relativa dispersada por los gases de la atmósfera hacen que nuestro cielo sea azul. Durante la mayor parte del día cuando miramos al cielo y no al sol, la luz que llega a nuestros ojos es luz solar dispersa, y el azul es el color predominante. Los aerosoles del cielo tienden a hacer que el cielo parezca menos azul y más blanquecino.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Organizar al alumnado en grupos de tres
2. Elegir un día soleado. A no ser que el centro escolar esté a una latitud relativamente alta (superior a $\sim 50^\circ$ N ó S), es mejor realizar esta actividad antes de media mañana o después de media tarde.
3. Buscar un lugar llano en el exterior que no tenga sombra durante esta actividad. Colocar un gnomon solar (un poste de madera u otro objeto recto) de al menos 50 cm. sobre el suelo. Utilizar una cuerda con un peso en un extremo o un nivel para asegurarse de que el poste es perpendicular respecto al suelo. Mida la longitud del gnomon sobre el suelo y anótela en la *Hoja de Datos de Cálculo de la Masa Relativa de Aire*. A continuación, mida la distancia desde la parte superior del poste hasta el final de la sombra. Esta es la hipotenusa del triángulo. Mida la distancia con un metro. Pida a los tres estudiantes de cada grupo que hagan esta lectura individualmente y que anoten los resultados en la misma *Hoja de Datos*.
4. Pídeles que hallen la media de las hipotenusas anotadas.

Figura AT-MA-2A: Esquema Simple de Masa Relativa de Aire

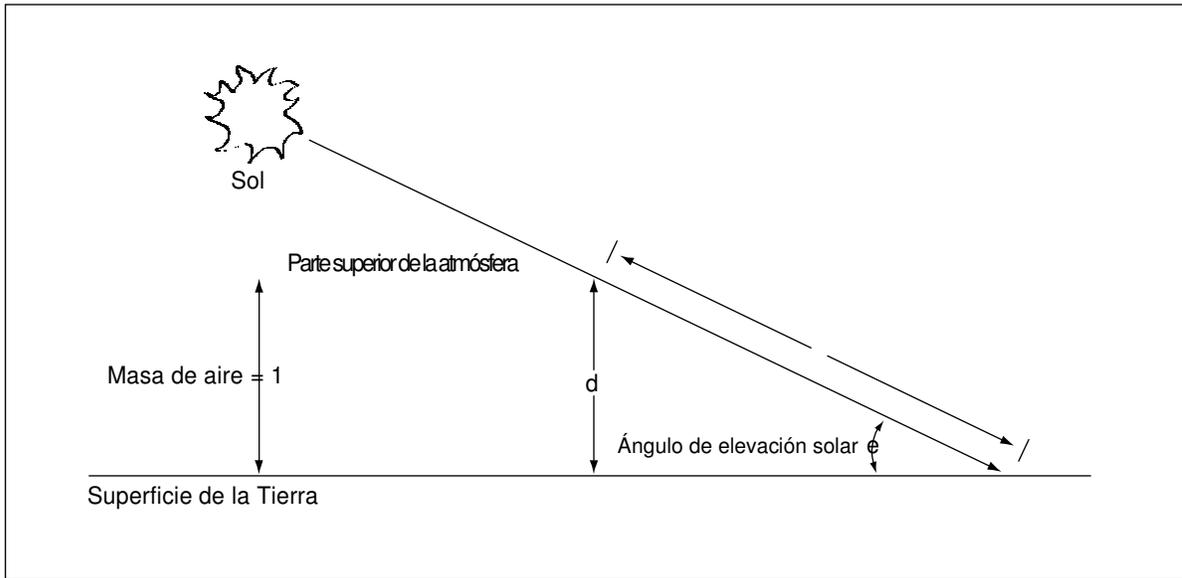
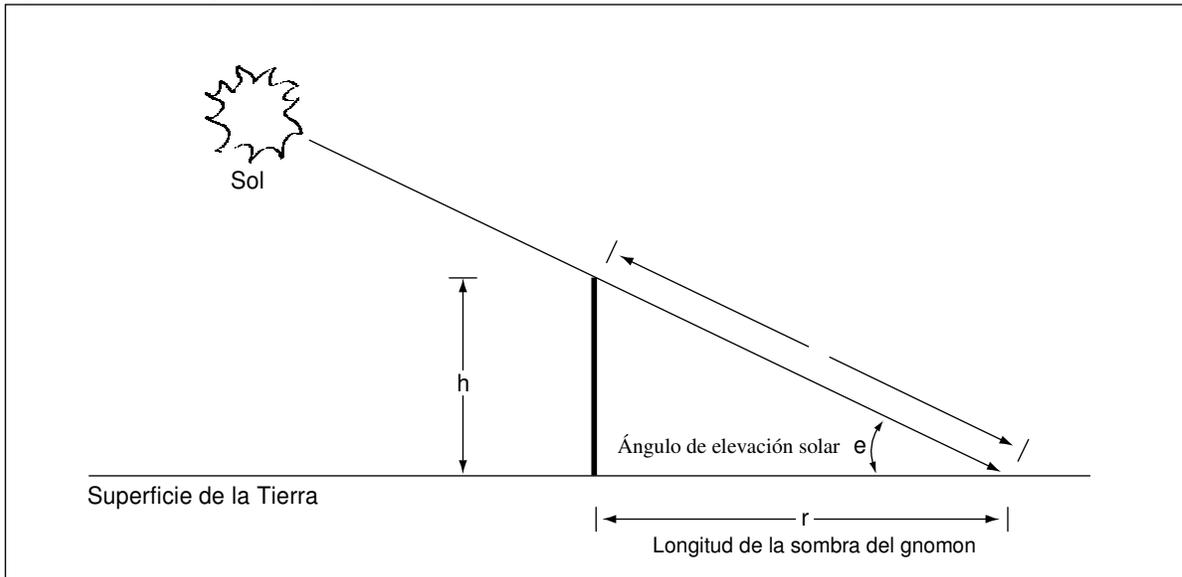


Figura AT-MA-2B: Esquema simple de la masa relativa del aire



Variación de la Masa Relativa de Aire

1. Calcular el valor de masa relativa del aire para cada uno de los cinco días usando las ecuaciones 1 ó 2.
2. Formular las siguientes preguntas al alumnado: ¿Cómo podrían variar los resultados de la masa relativa del aire si los resultados fueran calculados a diferentes horas del día? ¿Cómo podrían variar los resultados de la masa relativa del aire realizados a la misma hora del día en diferentes momentos del año?

Modificaciones para el Alumnado Mayor

Pedir al alumnado que mida y calcule la media de la longitud de la sombra, en lugar de la hipotenusa, y que calcule la masa relativa del aire mediante la ecuación 2.

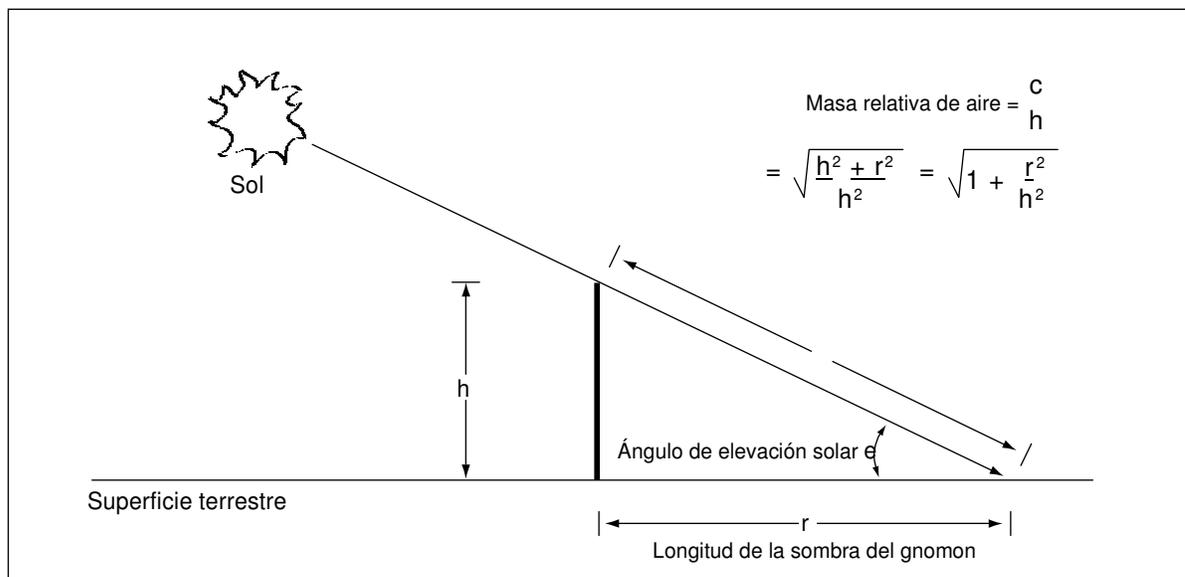
Pedir al alumnado que calcule el ángulo de elevación solar y utilice las ecuaciones 3 y 4 para calcular la masa relativa del aire.

Cálculo de la Masa Relativa de Aire

Hoja de Datos

- Colocar un gnomon solar en el exterior un día que vaya a ser soleado por la mañana. Trabajar con grupos de tres estudiantes y medir la altura del gnomon, así como la longitud de la hipotenusa del triángulo formado por el gnomon solar y la sombra que proyecta usando un metro o, si la sombra es muy grande, una cinta métrica. Un miembro del grupo debe ayudar a sujetar el metro o la cinta métrica en la parte superior del poste mientras se lee la longitud hasta el final de la sombra. Cada miembro del grupo debe realizar estas mediciones. Anotar el nombre de cada miembro del grupo y cada una de las mediciones en la siguiente tabla:

Nombre del alumno/a	Hora local	Hora universal	Altura del poste(h)	Longitud de la hipotenusa (c)
1.				
2.				
3.				
Media				



- Calcular la longitud media de la hipotenusa a partir de la suma de las mediciones de los tres miembros del grupo y dividiéndola entre 3. Anotar el valor medio de la longitud de la hipotenusa del grupo en la tabla anterior.

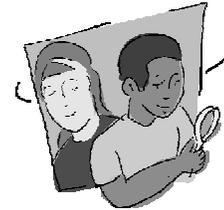
3. Calcular la masa relativa del aire (m) a partir de la siguiente ecuación:

$$m = \frac{c}{h}$$

4. ¿Cómo influiría en la masa relativa del aire, realizar la medición a diferentes horas a lo largo del día?

5. ¿Cómo variarían las lecturas de masa relativa del aire realizadas a la misma hora del día pero en diferentes estaciones? Explicar la respuesta.

Estudio de la Caseta Meteorológica



Objetivo General

Descubrir por qué la caseta meteorológica se construye de una determinada manera.

Visión General

El alumnado construye casetas meteorológicas que tienen propiedades variables y las colocan en el mismo lugar, o ponen casetas similares en diferentes lugares, y comparan los datos de temperatura tomados en cada una de ellas. Deberán predecir qué pasará con cada diseño o ubicación diferente de la caseta y seguir los pasos de la investigación del alumnado.

Objetivos Didácticos

Comprender los requisitos GLOBE para la caseta meteorológica y desarrollar un proyecto de investigación dirigido.

Conceptos Científicos

Ciencias Físicas

La transferencia de calor se produce por radiación, conducción y convección.

Geografía

Las mediciones de las variables atmosféricas ayudan a describir las características físicas del ambiente.

Beneficios del Estudio de la Atmósfera

Las mediciones de la temperatura atmosférica se ven influidas por el diseño y la ubicación de la caseta meteorológica.

Habilidades de Investigación Científica

- Identificar preguntas y respuestas.
- Diseñar y dirigir investigaciones científicas.
- Desarrollar explicaciones y pronósticos a partir de la experiencia.
- Compartir resultados y explicaciones.

Tiempo

Una clase para discutir sobre la caseta y diseñar un experimento. Dos o tres clases más para experimentar con las casetas modelo.

Nivel

Todos

Materiales y Herramientas

Al menos un par de casetas de cartulina para cada propiedad a estudiar (por ejemplo, envase de cereales, envase de leche, caja de zapatos).

Dos o más termómetros idénticos.

Dependiendo del número de características a investigar, se pueden necesitar los siguientes materiales: pintura blanca y negra (para investigar el color).

Dos brochas (si se utiliza pintura).

Tijeras muy resistentes (necesarias si las casetas se hacen a partir de cartulina y también para investigar el objetivo de las rendijas en la caseta).

Papel (para comparar el efecto de tener casetas hechas de diferentes materiales).

Dos o más termómetros por grupo de alumnos (dependiendo del número de propiedades a estudiar a la vez).

Cuerda.

Uno más postes de madera, suficientemente fuertes como para ser colocados en el suelo y sujetar la caseta meteorológica (las casetas pueden ser clavadas a los postes).

Clavos (para sujetar las casetas a los postes).
Martillo.

Metro.

La propia caseta meteorológica GLOBE (si no se dispone de la caseta meteorológica real, se debería tener el dibujo y la descripción física de la misma que se proporciona en *Construcción de Instrumentos, Selección del Sitio y Configuración.*)

Preparación

Ninguna

Requisitos Previos

Una caseta meteorológica montada (altamente deseable).

Antecedentes

Aunque pueda parecer que la temperatura del aire es fácil de medir, no es tan fácil para mucha gente alrededor del mundo realizar mediciones exactamente de la misma manera de forma que se puedan comparar entre sí. Factores tales como el viento, la luz del sol, el calor radiante del suelo o paredes cercanas y la humedad pueden influir sobre un termómetro. Por ello, se deben proteger estos instrumentos colocándolos en una caseta construida siguiendo una serie de requisitos que protegen el termómetro de estos diversos factores, a la vez que permiten detectar el aire. Además, el lugar donde se coloca la caseta y la forma en la que se coloca el termómetro en su interior son de importancia crítica.

Siguiendo un enfoque sistemático para la construcción y colocación de las casetas meteorológicas GLOBE, científicos y alumnado pueden estar razonablemente seguros de que las diferencias de temperatura enviadas desde varias áreas a lo largo de un tiempo se deben a diferencias reales en la temperatura del aire. Por supuesto, hay algunas variaciones inevitables de un sitio a otro y GLOBE permite algunas excepciones de los estrictos requisitos de ubicación de la caseta meteorológica siempre que se documenten mediante comentarios (también llamados metadatos) y enviados a la base de datos GLOBE.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Día Uno

1. Se debería comenzar la discusión pidiendo al alumnado que identifique las principales características de la caseta meteorológica GLOBE que pueden influir sobre la temperatura de su interior. Estas incluyen:
 - El color de la caseta.
 - Las rendijas laterales de la caseta.
 - Los materiales de los que está formada la caseta.

La discusión debería conducir a por qué estas características son importantes.

2. La discusión sobre las características físicas de la caseta debería continuar con un debate sobre la colocación de la caseta y el termómetro de su interior. Las preguntas a realizar son:

- ¿Por qué debe colocarse la caseta lejos de edificios y árboles?
- ¿Por qué debe colocarse sobre una superficie natural, como hierba?
- ¿Por qué debe colocarse a 1,5 metros sobre el suelo?
- ¿Por qué se debe orientar la caseta con la puerta hacia el Norte en el hemisferio norte y hacia el Sur en el hemisferio sur?
- ¿Por qué el termómetro no debe tocar la caseta?

Se debería prever el efecto que cada uno de los parámetros anteriores tiene sobre la medición de la temperatura (por ejemplo, si la caseta se coloca sobre asfalto en lugar de instalarla sobre hierba, las temperaturas medidas serán superiores). Después será el momento de comprobar las previsiones.

Día Uno / Día Dos (Dependiendo del Tiempo que Lleven las Discusiones)

1. Se debe dividir al alumnado en equipos. El número de equipos se determinará a partir del número de propiedades a investigar, de la disponibilidad de materiales y del número de alumnos. Se pueden hacer hasta ocho equipos para estudiar los ocho parámetros básicos tratados anteriormente. Cuanto más se permita al alumnado decidir qué investigar y cómo investigarlo, más se aproximará a realizar una investigación completa.
2. Cada equipo debe construir dos casetas. Esta tarea es simple si se utilizan cajas ya hechas, tales como cajas de cereales o de zapatos, pero será más complicado si tienen que hacer las casetas a partir de cartulinas.

Si las casetas se hacen a partir de cartulinas, el diseño real de la caseta (tanto si es cilíndrica, como una caja de cereales, o rectangular, como una caja de zapatos) no es tan importante como el hecho de que todas las casetas tengan el mismo diseño y tamaño.

Esto es clave en el diseño de proyectos de investigación para el alumnado. Siempre se deben tratar de mantener tantos factores iguales como sea posible, y elegir uno que cambie de manera sistemática.

3. Cada equipo debe elegir o se le debe asignar una propiedad a estudiar. Para los que investiguen las propiedades físicas de la caseta, será necesario un trabajo posterior sobre ella. Las siguientes son las posibles variaciones en las casetas para estudiar sus propiedades:
 - Pintar una caseta de blanco y otra de negro.
 - Hacer una caseta con rendijas y otra sin ellas (pinte ambas de blanco);
 - Si se utilizan cajas ya hechas, utilizar papel blanco para construir una caseta de similar forma y tamaño a la de cartulina. Pintar la caseta de cartulina de blanco. Utilizar una lata y una caja del mismo tamaño y forma.
4. Las casetas se deben colocar en postes cercanos unos de otros y a la misma altura sobre el suelo, a no ser que un equipo esté investigando el efecto de la altura de la caseta o su localización. Para la mayoría de los equipos, no es necesario que los postes sean superiores a un metro de altura. El equipo que investigue la altura de la caseta sobre el suelo debe colocar una caseta sobre el suelo y la otra en un poste de aproximadamente 1,5 metros de altura.
5. A cada equipo se le debe dar dos termómetros idénticos. Antes de colocar los termómetros en las casetas, hay que asegurarse de que los termómetros marquen la misma temperatura mientras están dentro. Si no lo hacen, entonces se debe cambiar los termómetros para tener una pareja que arroje la misma lectura, o bien anotar la diferencia entre ellas y en consecuencia ajustar sus mediciones. Por ejemplo, si el termómetro A muestra 18°C y el B 19,5°C cuando ambos están en uso, entonces se deberá restar 1,5°C de cada lectura tomada del termómetro B durante el experimento.

Dado que esta es una actividad de aprendizaje, no es importante que los termómetros estén calibrados como deberían estarlo para tomar datos GLOBE.

Día Tres / Día Cuatro

1. Elegir un día soleado y, si es posible, algo ventoso. Para la mayoría de las comparaciones, no se quiere un día cubierto, que llueva o nieve.
2. Cada equipo debería anotar la temperatura de inicio de sus termómetros. (De nuevo, estas deberían ser iguales o anotar las diferencias).
3. Después los termómetros deberán colocarse en las casetas de manera que no toquen la superficie de cartulina (o de papel) (a no ser, por supuesto, que el grupo esté investigando cómo influye que el termómetro esté tocando la pared de la caseta). Si se utilizan cajas ya hechas, se debe colgar el termómetro de una cuerda desde la parte superior de la caseta.
4. Cada equipo debe llevar sus dos casetas (con los termómetros en su interior) fuera. Los equipos que investigan las propiedades físicas de la caseta (el color, las rendijas, el material) deben buscar un área abierta separada de edificios, preferiblemente un campo abierto. Los equipos que estudian la ubicación de la caseta se dividirán en dos subgrupos. Uno de ellos colocará su caseta en un área apropiada (un área cubierta de hierba, lejos de edificios). El otro grupo colocará su caseta en un sitio no ideal. Es decir, para investigar los efectos de la colocación de la caseta, coloque:
 - Una caseta en una ubicación ideal, una cercana a la parte soleada de un edificio, otra en mitad de un aparcamiento u otra área pavimentada o asfaltada a 1,5 metros sobre la superficie, otra sobre el suelo en la base del poste.
5. Se debe anotar la temperatura de cada termómetro unos cinco minutos después de colocar las casetas. Deben esperar otros cinco minutos y anotar las temperaturas de nuevo. Las temperaturas deberían seguir anotándose a intervalos de 5 minutos, hasta que las temperaturas de las casetas se hayan

estabilizado y no cambien entre dos mediciones sucesivas. Se debe tener en cuenta que no necesariamente llevará el mismo tiempo en ambas casetas. Es decir, puede llevarle a un termómetro más que a otro alcanzar la temperatura máxima. Por ello, es importante comprobar ambos termómetros.

6. Una vez que la temperatura se haya estabilizado en ambas casetas, se pueden llevar las casetas y las temperaturas anotadas de vuelta a la clase.
7. Cada equipo debe proporcionar un breve resumen de lo que ha hallado a toda la clase, y después comentar sus resultados.
8. Cada equipo debe hacer un pequeño informe recogiendo las temperaturas anotadas. El equipo debe comentar sus hallazgos en términos de cómo el parámetro concreto estudiado influye sobre la temperatura, y proporcionar cualquier conclusión con la que puedan justificar por qué eso es así.

Adaptaciones Para el Alumnado Mayor

Para el alumnado mayor: Los mayores pueden estudiar cuál de los parámetros es el más importante comparando cuantitativamente los resultados de diferentes pares de comparaciones. También pueden comprobar el efecto combinado de diferentes cambios haciendo que más de una caseta pertenezca a varias categorías.

Por ejemplo, pueden estudiar los efectos combinados del color y la ventilación, construyendo una caseta negra y otra blanca sin rendijas, y una caseta blanca y otra negra con rendijas. También pueden investigar qué efecto tienen las diferentes condiciones meteorológicas en sus resultados. Por ejemplo, el experimento se podría realizar en un día despejado y en un día cubierto, en un día sin viento y en un día ventoso.

También podrían comparar grupos de tres o más casetas. Un ejemplo de esto podría ser colocar casetas idénticas junto a un edificio, a 5 metros de un edificio y a 10 metros de un edificio; o podría haber casetas sin rendijas, con pocas rendijas y con muchas rendijas.

Evaluación del Alumnado

La comprensión de la importancia del diseño y ubicación de la caseta se puede evaluar en términos de:

- Las conclusiones que recojan en sus informes orales y escritos.
- La comprensión que muestren en las discusiones de clase.
 - Su capacidad para tratar con cuestiones tales como: ¿Cuál será el efecto sobre la caseta blanca si se cubre de una gran capa de polvo?;
- La validez de las mediciones que tomen.

El progreso del alumnado en investigación puede valorarse en términos de:

- Participación y creatividad en el diseño de experimentos.
- Uso de las matemáticas, y si los resultados son cuantitativos en términos de su análisis.
- Si es lógico su razonamiento para llegar a las conclusiones.
- Cómo discuten y razonan sobre posibles ampliaciones del proyecto.

Construcción de un Termómetro



Objetivo General

Construir un instrumento que pueda utilizarse para medir la temperatura del agua.

Visión General

Se construirá un termómetro a partir de una botella de plástico, que será similar al termómetro que utilizan los centros GLOBE. Ambos se basan en el principio de que la mayoría de las sustancias se expanden y se contraen según varían su temperatura. Este experimento también demuestra el principio de transferencia de calor.

Objetivos Didácticos

Comprender cómo y por qué funciona un termómetro.

Conceptos Científicos

Ciencias Físicas

Las sustancias se expanden y se contraen según se calientan y se enfrían.

Geografía

La variabilidad de la temperatura de un lugar influye sobre las características del sistema físico-geográfico.

Habilidades de Investigación

Científica

- Identificar preguntas y respuestas.
- Diseñar y dirigir investigaciones científicas.
- Construir un instrumento científico.
- Desarrollar explicaciones y predicciones a partir de la experiencia.
- Compartir resultados y explicaciones.

Tiempo

Dos clases:

1. Para experimentar – una clase.
2. Para discutir los principios de expansión, contracción, y transferencia de calor mediante conducción y convección – 15 a 30 minutos.

3. Para anotar los datos de clase en la pizarra y en el proyector, así como hacer gráficos – 30 minutos
4. Para que cada grupo presente a la clase sus resultados, ideas y otras variables a estudiar, así como cualquier problema que se haya encontrado – 30 minutos

Nivel

Intermedio

Materiales y Herramientas

(Por grupo de estudiantes)

Hielo.

Agua.

Una botella de plástico de un litro.

Un sorbete (pajita, pajilla, cañita, popote) transparente o blanco.

Arcilla para modelar.

Botellas de plástico de 2 litros – las partes superiores de estas botellas se cortarán.

Tijeras o cuchillo para cortar la parte superior de las botellas de plástico en 2.

Colorante alimenticio (el amarillo no funciona tan bien como el rojo, azul y verde)

Un reloj con segundero.

Una regla.

Un rotulador o un bolígrafo para marcar el sorbete .

Hoja de la Actividad Construcción de un Termómetro

Preparación

Reunir los materiales.

Revisar los principios de transferencia de calor.

Requisitos Previos

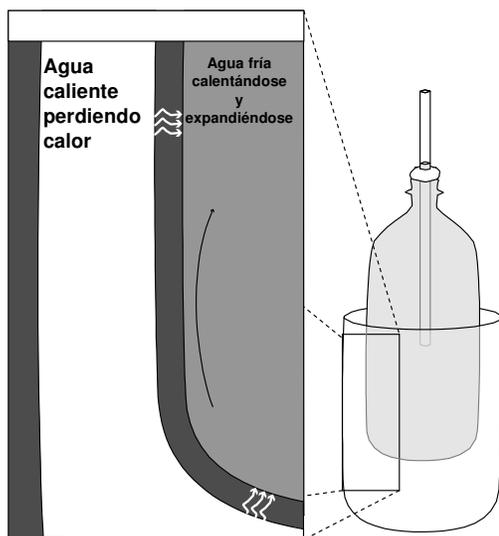
Habilidad para hacer un gráfico

Antecedentes

Se utilizan varios principios científicos en esta actividad. Uno es el principio de expansión y contracción. La mayoría de las sustancias se expanden cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían. En el rango de temperaturas de este experimento, el agua también se expande cuando se calienta y se contrae cuando se enfría. (Según se aproxima el agua a su punto de congelación, de nuevo se expande.)

Figura AT-TE-4

Proceso de Transferencia de Calor



Las sustancias se expanden cuando se calientan porque su energía cinética, o energía de movimiento, aumenta con la temperatura. Las moléculas se mueven más rápido y se alejan, haciendo que el material se expanda. Cuando la sustancia se enfría, el movimiento molecular disminuye y la sustancia se contrae.

En el caso del agua, el coeficiente de expansión es bastante pequeño, por lo que el volumen de agua aumenta sólo en un pequeño porcentaje. Sin embargo, dado que todo el incremento de volumen es conducido por el sorbete de pequeño diámetro, la expansión se puede apreciar.

Este experimento también muestra la transferencia de calor por conducción. La conducción se produce cuando se transfiere energía de una molécula a la siguiente por contacto directo, tal como sucede cuando se calienta el asa metálica de una sartén. Los metales son buenos conductores del calor. La madera es un mal conductor. En este experimento, el agua caliente del recipiente exterior transfiere su calor por conducción a través de la pared de la botella de plástico de un litro al agua que se encuentra en el interior de ella.

La convección es el movimiento a gran escala de un líquido o un gas que tiende a redistribuir el calor en un volumen entero. Un ejemplo común de convección es el agua hirviendo en una cazuela.

En este caso, el agua en contacto con la parte inferior de la cazuela (donde se encuentra la fuente de calor) se calienta y es menos densa que el agua que se encuentra en la parte superior de la misma. Esta agua caliente asciende y el agua más fría se hunde, y se calienta por contacto con la parte inferior de la cazuela.

Preparación

Esta actividad se hace bien en grupos de dos o tres alumnos. Aquí hay algunas de las tareas y sus descripciones:

Alumno/a 1 Recopilador – reúne los materiales y monta el termómetro.

Alumno/a 2 Controlador del tiempo/anotador– lleva el tiempo a intervalos de 2 minutos cuando comienza el experimento– hace marcas en el sorbete para mostrar cuánto se ha movido el agua – mide el sorbete al final del experimento y le dice al anotador las mediciones – comparte con la clase los resultados del experimento.

Alumno/a 3 Anotador – anota las mediciones que ha hecho el controlador del tiempo – también comparte con el grupo las mediciones de las *Hojas de Datos*.

Haga una copia de la Hoja de Actividades “*Construcción de un Termómetro*” para cada grupo de estudiantes.

El profesor debe preparar los materiales antes del comienzo de la clase. Si se va a trabajar en pequeños grupos, éstos se deberían constituir por adelantado. El alumnado debe traer las botellas de 1 y 2 litros. De una semana de tiempo más o menos para recopilar los materiales necesarios si el alumnado tiene que traer las botellas. Estudie los posibles problemas que se citan más adelante antes de hacer el experimento en clase.

Asegúrese de que se comprendan los principios de transferencia de calor (conducción y convección) y la expansión y contracción de materiales. Sería bueno comentar algunos ejemplos de cada uno, en diferentes situaciones. Puede ser necesario repasar cómo medir en milímetros.

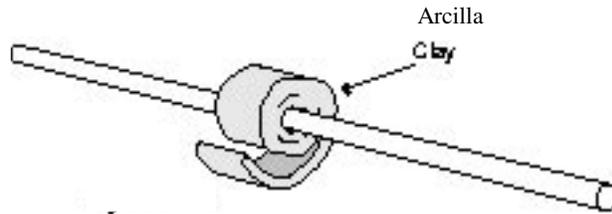
Qué hacer y cómo hacerlo

Esta actividad se puede hacer como una demostración, pero probablemente es más eficaz si los estudiantes o los grupos de estudiantes pueden construir sus propios termómetros. Estas instrucciones también aparecen en el Apéndice la Hoja de la Actividades “Construcción de un Termómetro”, que puede fotocopiarse y repartirse.

Construcción del Termómetro

1. Llenar del todo la botella de 1 litro con agua del grifo.
2. Añadir cuatro gotitas de colorante para comida. Esto facilita ver la línea de agua. Son mejores los colores azul, verde o rojo.
3. Enrollar arcilla para modelar en una pequeña bola de unos 25 mm de diámetro. Después retirar la arcilla de manera que forme un cilindro de la longitud y diámetro de un lápiz. Aplanar la arcilla con forma de lápiz a modo de cinta gruesa. Enrollar la cinta alrededor del punto medio del sorbete. Ver Figura AT-TE-5.

Figura AT-TE-5



Hoja de Datos del Grupo Mediciones en Milímetros

2 minutos

4 minutos	
6 minutos	
8 minutos	
10 minutos	

Hoja de Datos de Clase

	Grupo A	B	C	D	Media
2 minutos					
4 minutos					
6 minutos					
8 minutos					
10 minutos					

- Colocar el sorbete en la botella y utilizar la arcilla para sellar la botella. Tener cuidado de no cerrar el sorbete. También se debe evitar cualquier agujero o grieta en la arcilla que permita que salga agua. La mitad del sorbete estará dentro de la botella y la otra mitad fuera. Presionar el tapón de arcilla hacia el cuello de la botella suficientemente como para forzar que cuando el nivel de agua ascienda en el sorbete, se pueda ver. Ver Figura AT-TE-6.

Experimento

- Colocar la botella de un litro llena (botella termómetro) en un recipiente de botella de plástico de 2 litros. Marcar una línea en el sorbete que señale el nivel que alcanza el agua.
- Llenar el recipiente de 2 litros con agua caliente del grifo. Esperar dos minutos. Marcar el sorbete en la línea de agua. Repetir esta marca cada dos minutos, durante diez minutos. Transcurridos los diez minutos, utilizar una regla para medir la distancia de cada marca desde la marca de agua original, en la parte inferior del sorbete. Anotar las mediciones en la Hoja de Datos del Equipo. Observar atentamente los cambios. ¿Se observa alguno? Describir lo que se observa.
- Poner hielo y agua fría en un segundo recipiente de dos litros.
- Colocar la botella termómetro en el agua fría. Anotar las observaciones.
- ¿Qué ocurre con el nivel de agua en el sorbete cuando el termómetro se coloca en agua caliente? (Respuesta: Aumenta unos 4 cm si hay una diferencia de 25°C). ¿Qué ocurre con el nivel de agua cuando el termómetro se coloca en agua fría? (Respuesta: Disminuye).
- Explica por qué crees que ocurre esto.
- A partir de la respuesta a la pregunta 6, ¿cómo funciona el termómetro de máximas-mínimas que se utiliza en las mediciones GLOBE de temperatura del mediodía?
- ¿Cuáles son las otras cosas (variables) que, si cambian, pueden hacer que el experimento funcione de manera diferente? (Varias respuestas: la cantidad de agua en contacto con el termómetro botella

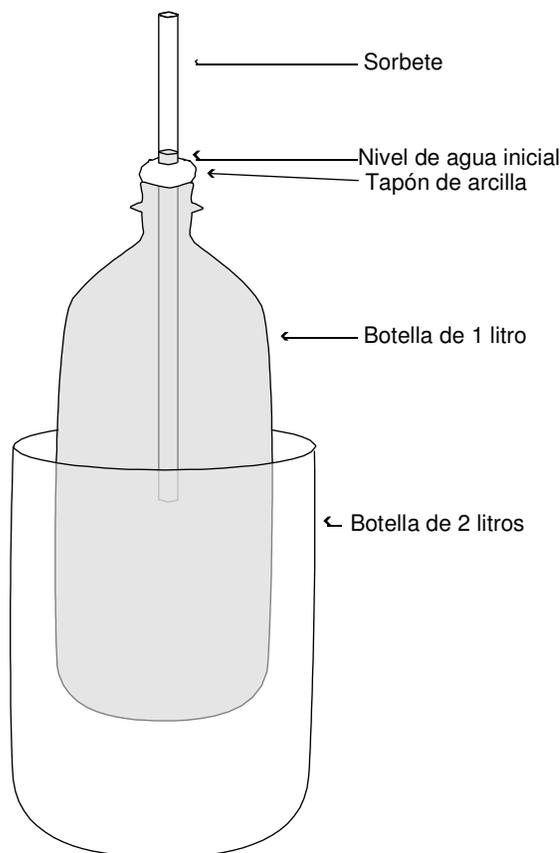


Figura AT-TE-6

la temperatura del agua, el tamaño del recipiente, el diámetro del sorbete).

- Hacer un gráfico con las mediciones anotadas en la Hoja de Datos del Equipo. En el eje x (horizontal) se representaría el tiempo (en minutos) y en el eje y (vertical) las mediciones de la línea inicial antes de que se añada el agua caliente (en milímetros). Hay que asegurarse de poner un título al gráfico y de nombrar los ejes del gráfico de manera que cualquiera que lo vea lo pueda entender.
- Hacer una hoja de datos de la clase en la pizarra o sobre un papel para colgarlo. Anotar los datos en la *Hoja de Datos de la Clase*. Compartir los datos con los de los compañeros para hallar el movimiento medio del agua en cada período de 2 minutos.
- Añadir los datos de las medias del movimiento del agua al gráfico. Hay que asegurarse de nombrar esta nueva línea. ¿Cómo difiere el gráfico de las mediciones, respecto del gráfico de la media de la clase?

12. Explicar el gráfico. ¿Qué información proporciona el gráfico? ¿Podría extraer alguna conclusión?
13. ¿Por qué podría ser importante tener más de un criterio cuando se están sacando conclusiones?

Posibles Problemas con el Experimento

- El cierre con arcilla para modelar tiene grietas, y permite que salga el agua.
- Si la botella de 1 litro no está llena del todo, llevará más tiempo al agua subir por el sorbete. De hecho, puede que el agua no suba en absoluto por el sorbete.
- No hay suficiente diferencia de temperatura entre el agua en la botella de 1 litro y el agua de la botella de 2 litros. Una diferencia de 25 grados Celsius o superior es lo óptimo. Si la diferencia es menor, no se observarán grandes movimientos en el sorbete. El agua caliente del grifo y agua fría del grifo deberían tener la diferencia de temperaturas suficiente para que el experimento funcione.
- El alumnado puede olvidar marcar el nivel inicial en el sorbete. Asegúrese de que los estudiantes comprenden que la marca debe hacerse inmediatamente después de colocar la botella de 1 litro en la botella de 2 litros, antes de añadir el agua caliente.
- Si se tienen problemas para tener o mantener hielo en la clase, se puede omitir esta parte del experimento o hacerla como una demostración.

Adaptaciones para el Alumnado Menor y Mayor

Para los más jóvenes: Los alumnos/as más jóvenes pueden construir el termómetro y observar el movimiento del agua en el sorbete, pero no marcar el nivel del agua a intervalos de 2 minutos. El profesor debe cortar la botella de plástico de 2 litros antes de comenzar.

Para los mayores: Se podrían estudiar otras variables, tales como la diferencia en el tamaño de los sorbetes, el uso de recipientes grandes o pequeños para los termómetros. Podrían diseñar sus propios experimentos, dirigirlos y presentar sus hallazgos a la clase. Podrían calibrar su termómetro con un termómetro estándar.

Investigaciones Posteriores

1. Usar un termómetro estándar para medir la temperatura del agua del interior de la botella termómetro y compararla con la temperatura del agua fuera del termómetro. ¿El movimiento del agua en el sorbete cambia cuando hay diferentes temperaturas? Realizar un experimento, anotar los resultados y presentar los hallazgos a la clase.
2. ¿El tamaño de los recipientes influye en el funcionamiento del termómetro? Diseñar un experimento que estudie este concepto, ejecute el experimento y haga un cuadro en el que se muestren los resultados.
3. Ir a la biblioteca e investigar qué materiales se utilizan para construir diferentes termómetros. Hay que asegurarse de que se encuentran los diferentes principios en los que se basa. Presentar los resultados a la clase.
4. Llamar a los centros de información meteorológica o a las cadenas de radio o televisión locales y preguntar qué tipo de termómetros utilizan. Hacer una visita a la estación meteorológica. Hacer fotos y crear un póster para compartirlo con la clase.
5. Construir termómetros utilizando diferentes diámetros de sorbetes y observar si hay diferencias. ¿Qué ha podido causar las diferencias que se aprecian? ¿Influiría esto en la construcción de termómetros?
6. Averiguar cómo registran los científicos la temperatura a diferentes profundidades del océano. Mostrar la temperatura media del agua en un mapa de océanos. Hacer un cuadro para compartir con la clase.

Evaluación del Alumnado

El alumnado debería ser capaz de contestar las preguntas sobre el experimento que aparecen en la Hoja de Actividades del Alumno. También debería ser capaz de explicar cómo funciona un termómetro en clase o en un cuestionario.

Construcción de un Termómetro

Hoja de Actividades

Objetivo General

Ayudar a comprender cómo y por qué funciona un termómetro de cristal con un líquido en su interior.

Visión General

El termómetro construido a partir de una botella de plástico que se hace en esta actividad es similar al termómetro que se utiliza en la caseta meteorológica GLOBE. Sin embargo, hay diferencias. Ambos utilizan líquidos, pero los líquidos son diferentes. ¿Sabe qué líquido se utiliza en el termómetro estándar GLOBE? Asimismo, el termómetro que construirá no está graduado. Sin embargo, los principios de funcionamiento son similares en ambos tipos de termómetros.

El termómetro que se utiliza para las mediciones y los instrumentos que construirá se basan en el principio de que las sustancias se expanden y se contraen según varía su temperatura.

Este experimento también demuestra el principio de la transferencia de calor. Cuando se coloca un objeto caliente junto a un objeto frío, el calor se transfiere desde el objeto caliente al objeto frío por conducción. Por ejemplo, en invierno, si pone su mano desnuda sobre el salpicadero de un coche, su mano transfiere calor al metal por conducción.

Por lo general, cuando se trabaja se forma parte de un equipo. En esta actividad también se formará parte de un equipo. Aquí está la descripción de los trabajos a realizar:

Alumno 1 – Recopilador – recopila los materiales y construye el termómetro.

Alumno 2 – Controlador de tiempo/anotador – utiliza un reloj para llevar los intervalos de 2 minutos a partir del comienzo del experimento – hace marcas en el sorbete mostrando la cantidad de agua desplazada – mide el sorbete al final del experimento y le da al anotador las mediciones – comparte con la clase los resultados del experimento.

Alumno 3 – Anotador – anota las mediciones realizadas por el controlador del tiempo – también pasa las mediciones del grupo a la tabla de la clase.

Materiales y Herramientas

(Por Grupo de Estudiantes)

Hielo.

Agua.

Una botella de plástico de 1 litro.

Un sorbete transparente o blanco.

Arcilla para modelar (una bola de unos 25mm de diámetro)

Tijeras o cuchillo para cortar la parte superior de la botella de plástico de dos litros.

Dos botellas de plástico de 2 litros – la parte superior de la botella se debe cortar de manera que se pueda utilizar como recipiente para agua caliente y para la botella de plástico de 1 litro.

Colorante alimenticio (el amarillo no es tan bueno como el rojo, azul y verde)

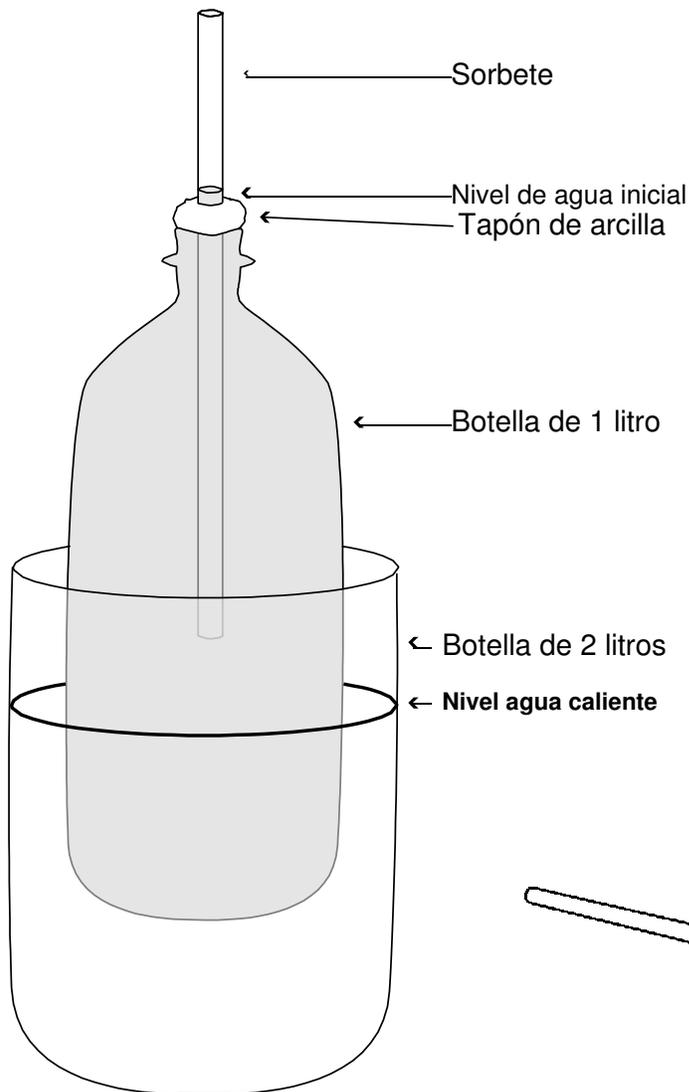
Reloj con segundero.

Metro.

Rotulador o bolígrafo para hacer marcas en el sorbete

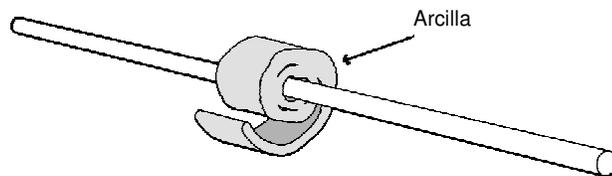
Construcción del Termómetro

1. Llenar toda la botella de plástico de un litro con agua fría del grifo.
2. Añadir cuatro gotitas de colorante alimenticio – esto ayuda a ver mejor el nivel del agua.
Preferiblemente de colores azul, verde o rojo.



3. Hacer una pequeña bola con la arcilla de unos 25 mm. de diámetro. Después, desenrollarla, de manera que forme un cilindro de la altura y diámetro de un lápiz. Aplanar la arcilla para formar una cinta gruesa. Enrollar la cinta alrededor del punto medio del sorbete. .

4. Colocar el sorbete en la botella y utilizar la arcilla para sellar la botella. Al hacer esto, tener cuidado de no cerrar el sorbete. También se debe evitar cualquier agujero o grieta en la arcilla que permita que salga agua. La mitad del sorbete estará dentro de la botella y la otra mitad fuera. Presionar el tapón de arcilla hacia el cuello de la botella suficientemente como para forzar que cuando el nivel de agua ascienda en el sorbete, éste se pueda ver.



Experimento

1. Colocar la botella de 1 litro llena (la botella de plástico termómetro) en un recipiente construido a partir de una botella de plástico de 2 litros. Hacer una marca en el sorbete por donde se observa el nivel del agua.
2. Llenar el recipiente de 2 litros con agua caliente del grifo. Esperar dos minutos. Marcar en el sorbete el nivel del agua. Repetir el marcado cada dos minutos, durante diez minutos. Transcurridos los diez minutos, utilizar una regla para medir la distancia de cada marca desde la marca de agua original, en la parte inferior del sorbete. Anotar las mediciones en milímetros bajo “agua caliente” en la siguiente tabla:

Hoja de Datos del Equipo

<i>Tiempo</i>	<i>Agua caliente</i>	<i>Agua fría</i>
2 minutos		
4 minutos		
6 minutos		
8 minutos		
10 minutos		

Observar atentamente cualquier cambio. ¿Se aprecia alguno? Describir lo que se observa.

3. Poner hielo y agua fría en el segundo recipiente de dos litros.

4. Meter la botella termómetro en agua fría. Anotar las observaciones en milímetros bajo “agua fría” en la tabla de arriba.

5. ¿Qué le sucede al nivel de agua del sorbete cuando el termómetro se mete en agua caliente?

¿Qué le sucede al nivel de agua del sorbete cuando el termómetro se mete en agua fría?

6. Explique por qué cree que se producen estos cambios.

7. A partir de las respuestas a la pregunta 6, ¿cómo funciona el termómetro de máximas - mínimas utilizado para las mediciones GLOBE?

8. ¿Qué otras cosas (variables), si cambiaran, podrían hacer que el experimento funcionara de forma diferente?

9. Hacer un gráfico con las mediciones anotadas en la hoja de datos del equipo del paso 2. En el eje x (horizontal) se representará el tiempo (en minutos) y en el eje y (vertical) las mediciones de la línea inicial, antes de que se añada el agua caliente (en milímetros). Hay que asegurarse de poner un título al gráfico y nombrar los ejes del gráfico de manera que cualquiera que lo vea lo pueda entender.

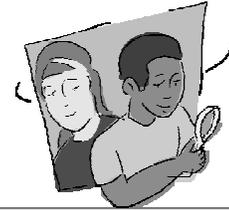
10. Anotar los datos de la Hoja de Datos de la clase sobre la pizarra o como indique el profesor/a. Compartir los datos con los de los compañeros / as para hallar el movimiento medio del agua en cada período de 2 minutos.

11. Añadir los datos medios del movimiento del agua al gráfico. Hay que asegurarse de nombrar esta nueva línea. ¿Cómo difiere el gráfico de sus mediciones respecto del gráfico promedio de la clase?

12. Explicar el gráfico. ¿Qué información proporciona? ¿Se podría extraer alguna conclusión?

13. ¿Por qué podría ser importante tener más de un criterio cuando se están sacando conclusiones?

Observación de las Nubes



Objetivo General

Estudiar la relación entre el tipo de nubes, la cobertura de nubes y el tiempo. Estimular el interés del alumnado para realizar observaciones del tipo de nubes.

Visión General

El alumnado observa el tipo y cobertura de nubes, así como las condiciones del tiempo a lo largo de un período de cinco días, correlacionando estas observaciones. El alumnado hace predicciones y las comprueba, utilizando sus observaciones.

Objetivos Didácticos

El alumnado aprende a hacer deducciones a partir de observaciones y a utilizarlas para hacer y probar predicciones.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

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

Las nubes afectan al tiempo y al clima.

Geografía

La naturaleza y amplitud de la cobertura de nubes afectan a las características del sistema físico geográfico.

Ventajas del Estudio de la Atmósfera

Las nubes nos ayudan a comprender y predecir el tiempo.

Habilidades de Investigación

Científica

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Desarrollar explicaciones y revisiones utilizando la evidencia.

Compartir resultados y explicaciones.

Tiempo

Diez minutos, una o tres veces al día durante cinco días, más un período de media o una clase para discusión.

Nivel

Todos.

Materiales y Herramientas

Cartas de Nubes GLOBE

Preparación

Ninguno.

Requisitos Previos

Ninguno.

Qué Hacer y cómo Hacerlo

Durante un período de cinco días, los alumnos deben mirar detenidamente las nubes y anotar lo que ven en sus cuadernos de ciencias. Si no conocen aún los nombres de las nubes, pueden intentar hacerlos corresponder con los de la carta de nubes o pueden anotar qué parecen las nubes. Lo mejor sería que pudieran mirar el cielo tres veces al día: una por la mañana (en su camino al centro escolar); otra al mediodía (alrededor de la hora de la comida); y otra al final de la tarde o cerca del anochecer (quizá en su regreso a casa

del colegio). Las horas exactas de cada observación no son críticas, aunque ayudaría que las observaciones se hagan más o menos a la misma hora cada día. (Por ejemplo, las observaciones de la mañana se deberían hacer sobre las 8 a.m., mejor que un día a las 7 a.m. y otro a las 10 a.m. Lo mismo es válido para las observaciones de mediodía y las de por la tarde o al anochecer). Si el alumnado puede hacer únicamente una observación, es mejor elegir una hora dentro de un intervalo de una hora del mediodía solar local. Al final de cada día, deberían también anotar el tiempo de ese día. ¿Fue

una mañana lluviosa y una tarde despejada? ¿Nevó todo el día? ¿Fue tranquilo y húmedo? El alumnado no tiene que cuantificar su información sobre el tiempo (es decir, no tienen que anotar “21 milímetros de precipitación” o “79% de humedad relativa”), pero deberían describir el tiempo tan detallada y claramente como sea posible.

Según se anotan las observaciones de nubes y tiempo, se debe buscar cualquier patrón. Por ejemplo, ¿son los altocúmulos nubes matutinas seguidas de tormentas de tarde? ¿Están las pequeñas nubes hinchadas de la mañana o del mediodía asociadas alguna vez con precipitación más tarde durante el día? ¿Siguen a las estelas de condensación de la mañana amplios cirros o altocúmulos más tarde durante el día?

Tras una semana anotando nubes y tiempo, pídale al alumnado que utilice sus observaciones para predecir el tiempo. ¿Pueden predecir por la mañana el tiempo que hará por la tarde? ¿Pueden predecir el tiempo del día siguiente? Pídeles que expliquen por qué han hecho las predicciones que hicieron. Cada alumno debe ir anotando cómo le ha ido en la predicción del tiempo. ¡Deben desarrollar el respeto hacia la dificultad de la previsión del tiempo!

Preguntas Frecuentes

¿Qué ocurre si las nubes y las condiciones meteorológicas se mantienen durante cinco días seguidos?

Esto puede ocurrir en algunos lugares en ciertas épocas del año. Si se necesita pasar a otros temas, se puede hacer que el alumnado comente sus observaciones sin hacer predicciones y continuar.

En la predicción meteorológica, predecir que mañana hará el mismo tiempo que hoy se conoce como pronóstico persistente y, generalmente, es correcto más de la mitad de las veces. Para que un sistema de previsión sea útil, el pronóstico debe ser más preciso que un pronóstico persistente a lo largo de un período de meses y años.

Otro enfoque sería aumentar las observaciones realizadas a más de cinco días, hasta que se observe más variedad de tipos de nubes y de condiciones meteorológicas. Algunas veces los patrones meteorológicos se mantienen en un lugar durante un mes o más, así que se podría tener más éxito si retoman la realización de mediciones en una fecha posterior.

Construcción de un Modelo para Representar el Ozono Superficial en ppb



Objetivo General

Construir un modelo que proporcione una representación visual de las partes por billón del volumen de ozono superficial en el aire.

Visión General

Se trabajará en equipos para construir cubos de diferentes volúmenes y se compararán para obtener una sensación de lo que es partes por millón de volumen y partes por billón de volumen.

Objetivos Didácticos

Adquirir noción de las pequeñas cantidades de gases, tales como el ozono, presente en la atmósfera terrestre.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

La atmósfera se compone de diferentes gases y aerosoles.

Ventajas del Estudio de la Atmósfera

La concentración del ozono superficial en la atmósfera es variable.

General

Las maquetas a escala nos ayudan a comprender conceptos.

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas.

Usar las herramientas y técnicas apropiadas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar y construir modelos a partir de la evidencia.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

Dos o tres clases

Nivel

Medio y Secundaria

Materiales y Herramientas

Copias de los patrones cúbicos a construir.

Tijeras

Reglas métricas divididas en mm

Metro de madera

Cinta adhesiva clara.

Cubos de centímetros para hacer cubos de diferentes tamaños

Modelo de metro cúbico de madera o de cartulina con patrón de cmcúbico, clavijas, piezas esquineras, cinta adhesiva o Velcro.

Preparación

Hacer copias de las hojas con los patrones para construir modelos de cubos de diferentes tamaños.

Construir y mostrar el modelo de un metro cúbico.

Requisitos Previos

Habilidad para medir de manera precisa en mm., cm., m.

Habilidad para calcular el área de un rectángulo.

Introducción

Los científicos de los distintos campos construyen modelos para imaginarse cosas que no pueden observar directamente. Ejemplos de tales modelos son los que se han hecho a escala del sistema solar o de moléculas y átomos. Esta actividad se centra en la construcción de una maqueta de diferentes proporciones químicas: partes por millón de volumen y partes por billón de volumen. En *Hidrología*, la Actividad de Aprendizaje “*Modelar una Cuenca de Captación*” es otro ejemplo de construcción de un modelo como ayuda en la comprensión del ambiente.

Las experiencias educativas del alumnado pueden variar, por lo que se pueden necesitar ciertas instrucciones para comprender un modelo de partes por millón de volumen.

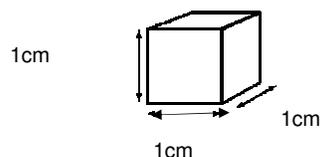
La primera actividad se ha diseñado para proporcionar una exploración práctica sobre centímetros cúbicos y para enseñar al alumnado cómo se calcula el volumen de un cubo. Comience con un modelo muy básico en el que se pueda ver directamente y contar los componentes. La actividad pasa a un modelo en el que algunos de los componentes están ocultos, motivo por el cual, el modelo debe ser desarmado para dejar ver los componentes de su interior y determinar el volumen. Esta actividad inicial proporciona unos fundamentos comunes a partir de los cuales un grupo de alumnos puede investigar sobre modelos cúbicos de volúmenes más complejos. Los cubos de centímetros pueden usarse para demostrar el volumen de cubos de diferentes tamaños. En el caso de que no haya ninguno disponible, se proporciona en el Apéndice un patrón con instrucciones para construir modelos de cartulina.

El alumnado de una clase tiene diferentes conocimientos previos en matemáticas. Para desarrollar un nivel común de comprensión, se debe presentar al alumnado el volumen cúbico comenzando con cubos que tengan 1 cm. de alto (h), ancho (a) y largo (l). Esto desarrollará el concepto básico de un centímetro cúbico como una unidad.

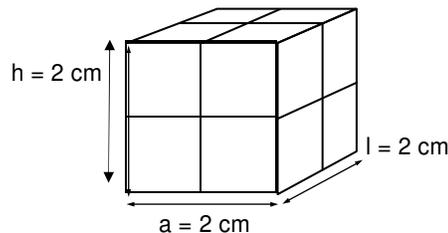
Qué hacer y cómo hacerlo

Preguntar a la clase si saben qué es una parte por billón. Permitir que se desarrolle un pequeño debate. Suponer que este concepto va a ser nuevo para el alumnado.

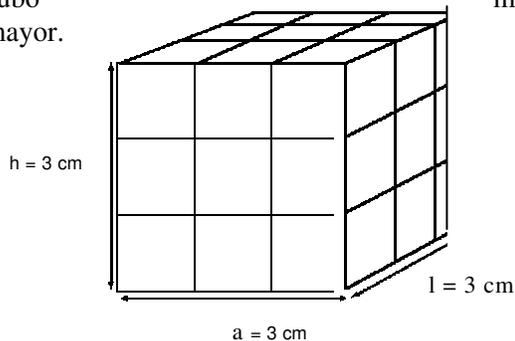
Pedir a cada grupo que mire un cm. cúbico. Pedirles que midan y anoten la altura, el ancho y el largo de su cubo. Explicarles que un cubo de dimensiones 1cm x 1cm x 1cm tiene un volumen de un centímetro cúbico, lo que puede escribirse como 1cm^3 (o 1 cc).



Pedir a los grupos que monten un cubo de 2cm x 2cm x 2cm. Pedirles que calculen el volumen de este cubo. Solicitarles que identifiquen si han contado, sumado o multiplicado para obtener la respuesta y permitirles que discutan brevemente sobre sus elecciones.



Pedir a los grupos que monten un cubo de 3cm x 3cm x 3cm. Pedirles que calculen el volumen de este cubo. Solicitarles que identifiquen si contaron, sumaron o multiplicaron para obtener su respuesta, y dejarles que discutan brevemente sobre sus elecciones. Preguntarles si estarían dispuestos a contar o a sumar para obtener el volumen de un cubo mucho mayor.



Pedir a los grupos que monten un cubo de 5cm x 5cm x 5cm. Solicitarles que calculen el volumen de este cubo. Preguntar a cada grupo cómo obtuvieron el volumen de su cubo. El volumen es 125 centímetros cúbicos o 125 cm^3 .

¿Cuántos cubos dentro del cubo se pueden ver?
¿Cuántos cubos crees que no se ven, pero sabes que están dentro del cubo?
¿Cómo se puede calcular el volumen de este cubo?
¿Cómo se puede comprobar que el cálculo del volumen es correcto?

Presentar el modelo de metro cúbico. Pedir a cada grupo que coloque un cubo de un centímetro cúbico en el metro cúbico.

¿Cuántos cubos de un centímetro cúbico son necesarios para llenar un metro cúbico? Respuesta: 1 millón

Explicar al alumnado que el cubo (un centímetro cúbico) es una parte por millón del volumen del metro cúbico.

Dar al alumnado un cubo de un milímetro cúbico cortado de la cartulina. Pedirles que lo coloquen en uno de los cubos de cm marcados en el metro cúbico.

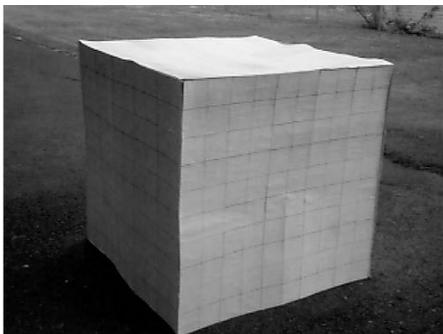
¿Cuántos milímetros cúbicos se necesitarían para llenar un centímetro cúbico? Respuesta: mil

¿Cuántos para llenar un metro cúbico? Respuesta: 1 billón

Explicar que esto significa que 1mm cúbico es una parte por billón del volumen de un metro cúbico.

Comentar al alumnado que medirá o está midiendo concentraciones de ozono en partes por billón del volumen, y permitir que discutan en grupos la relación entre una parte por billón de un

Metro cúbico $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m} = 1 \text{ metro cúbico o } 1 \text{ m}^3$



metro cúbico y la concentración de ozono que medirán. Pida a los grupos que compartan sus ideas con la clase.

Hoja del Alumno

La hoja del alumno muestra los pasos a seguir para calcular el volumen de un cubo. Estas indicaciones siguen las proporcionadas en la sección *Qué Hacer* y *Cómo Hacerlo* del plan de clases del profesor. El alumnado necesitará el metro cúbico para completar la sección *Reto* de la hoja del alumno.

Actividad de Ampliación

En esta ampliación de la actividad ppb, se representará la cantidad de ozono medida en la atmósfera como una parte del volumen total de su clase.

Materiales

Modelo de un metro cúbico construido en clase.

Unos metros cúbicos por equipo o copias de los patrones en cartulina.

Datos de ozono de su centro escolar o de otra fuente local, tal como un centro GLOBE o el artículo de un periódico.

Tijeras y pegamento, para permitir que cada equipo construya sus modelos para resolver problemas.

Las hojas de los alumnos para repasarlas y completarlas en grupo tras la presentación de la clase.

Preparación del Alumnado

Organizar la clase en grupos de 3-4 estudiantes y pedir a cada grupo que decida quien será el anotador, el organizador, el ingeniero y el reportero. Si es posible, se podría dar a cada uno la posibilidad de desempeñar todos los roles.

Proporcionar al organizador copias de las hojas de datos para cada miembro del equipo.

Proporcionar a cada ingeniero los materiales e instrucciones necesarios para construir los modelos y para completar las actividades de resolución de problemas.

Anotador - toma notas para el equipo

Organizador - toma las instrucciones que seguirá el equipo y se asegura de que todos los integrantes comprendan las instrucciones. Esta persona también anima a todos los miembros.

del equipo a compartir ideas y a implicarse en el proceso seguido por el equipo.

Ingeniero- toma los materiales y dirige la construcción de los modelos.

Reportero- el portavoz del equipo que presenta el trabajo del equipo a toda la clase.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Pedir al alumnado que mida y calcule el volumen de su aula en metros cúbicos. Después, pedirles que calculen cuántos milímetros cúbicos necesitarían para representar físicamente la concentración de ozono en ppb que han medido.

Procedimiento:

1. Medir el alto, el ancho y el largo del aula en metros. Multiplicar alto x ancho x largo para calcular los metros cúbicos totales de aire de la clase.
2. Construir una maqueta de las partes por billón de ozono superficial medidos fuera durante ese día por cada metro cúbico de aire que tenga la clase. Esto se hace multiplicando la cantidad de ozono superficial exterior en ppb por el número de metros cúbicos del aula .
3. Colgar en el aula las partes por billón de ozono medidas por cada metro cúbico de aire. Este modelo demostrará la cantidad de ozono que existiría en un volumen de atmósfera del tamaño del aula . Si no se están tomando datos de ozono, buscar una medición diaria de un centro GLOBE cercano o buscar en el periódico un valor de ozono local.

Ejemplo: Se ha medido una concentración de ozono de 20 ppb. El aula mide 6 metros de ancho, por 9 de metros de largo y por 3 metros de alto, por lo que el volumen es $6 \times 9 \times 3 = 162 \text{ m}^3$. 20 partes por billón de este volumen son $3,240 \text{ mm}^3$ ó $3,24 \text{ cm}^3$. Por lo tanto, para representar la cantidad

de ozono medida, se deberían colgar 3 centímetros cúbicos y 240 milímetros cúbicos ó 3,240 milímetros cúbicos. Como alternativa, se podrían construir 20 cubos a escala que representen 1 billonésima parte del volumen de la clase (es decir, 6 mm x 9 mm x 3 mm).

Evaluación del Alumnado

Valoración del cuaderno de ciencias GLOBE del alumno.

Lista de control para la colaboración del equipo.

Asignación para el cuaderno de ciencias: *Se pide explicar una medición de ozono superficial de 55 ppb. Escribir una descripción de ppb que explique la medición y proporcionar una imagen visual de lo que una ppb representa en la atmósfera.*

Se podrían utilizar las instrucciones de muestra para valorar el cuaderno de ciencias del alumnado. Se valora después de que hayan compartido y hayan tenido tiempo para adaptar sus conclusiones tras la discusión. Proporcionar al alumnado una copia de las instrucciones de muestra (u otro modelo que se pueda desarrollar con el alumnado para definir los criterios para valorar sus respuestas).

Consejos Útiles

Escuchar las discusiones de los equipos y ayudarles a aclarar puntos según trabajan en las actividades anteriores.

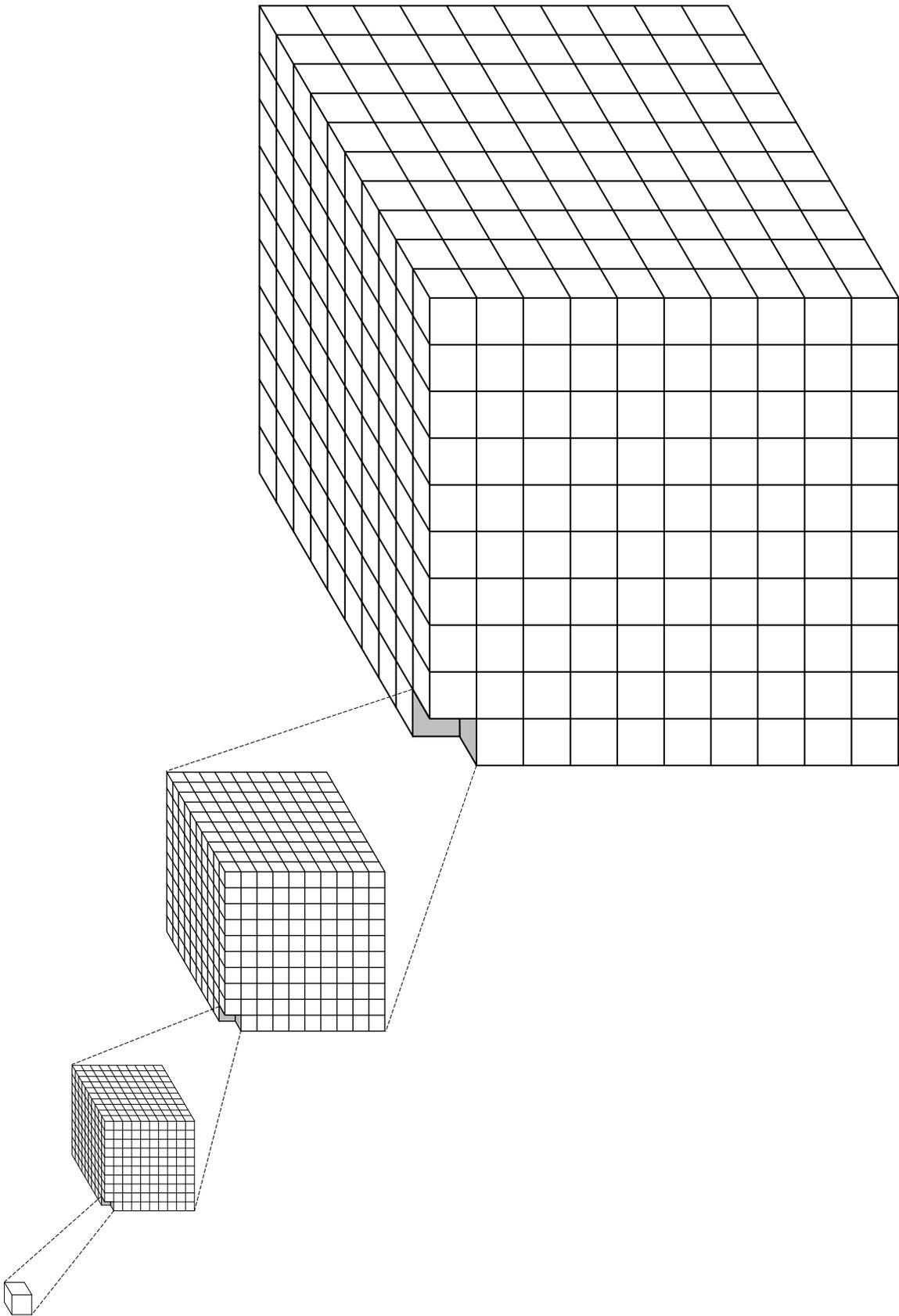
Preguntas Frecuentes

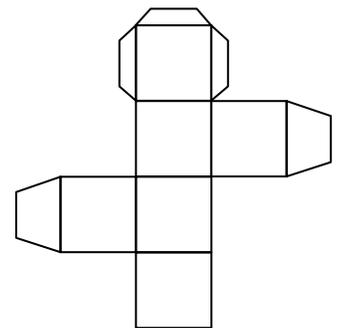
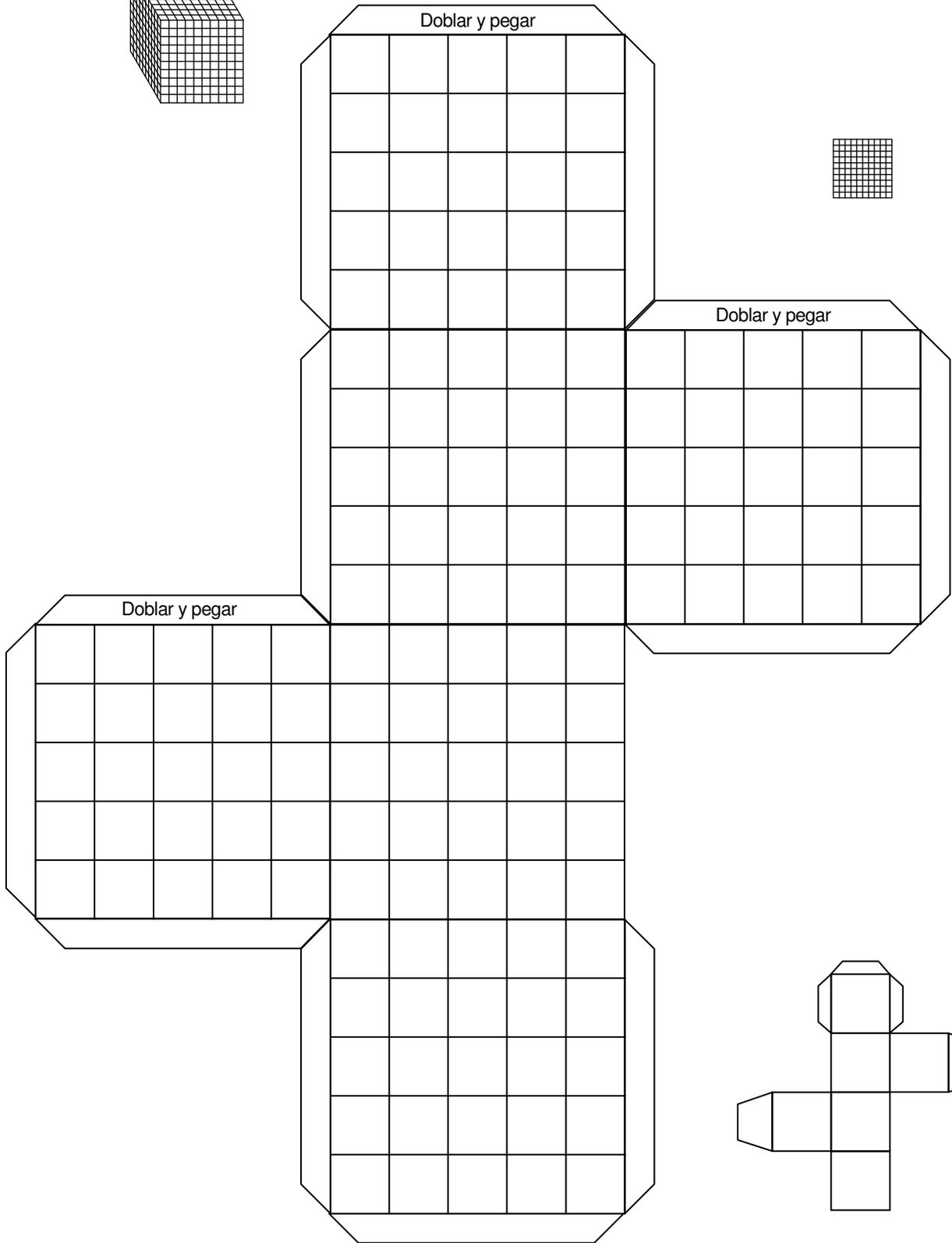
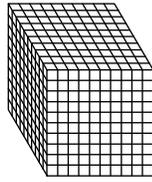
1. ¿Qué nivel de ozono superficial es seguro para poder respirar nosotros?

La Agencia de Protección Ambiental de los EEUU ha establecido como concentración perjudicial para la salud la que sobrepasa 80 ppb durante 8 horas o más.

2. ¿Hay tanto ozono superficial dentro del aula como fuera?

No, habrá más concentración de ozono superficial fuera que dentro del aula . Se destruye cuando entra en contacto con el edificio u otros objetos del exterior.

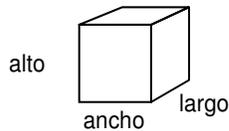




Construcción de un Modelo que Represente el Ozono en ppb

Hoja de trabajo

1. Mirar el pequeño cubo. ¿Cuál es el alto (h), el ancho (a) y el largo (l) del cubo?



alto = _____

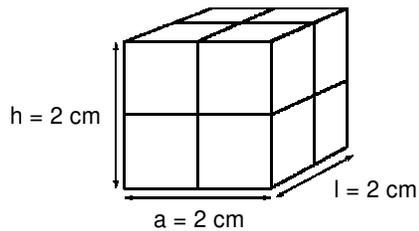
ancho = _____

largo = _____

Un centímetro cúbico se escribe _____

2. Hacer un cubo de 2 cm x 2 cm x 2 cm.

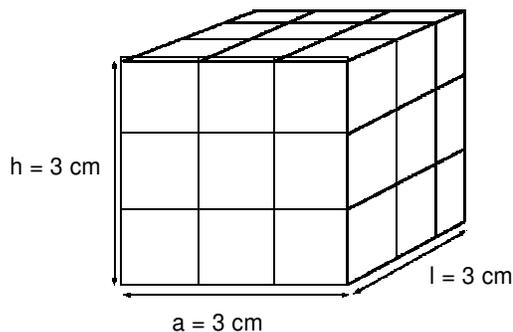
- Calcular el volumen del cubo.
- Explicar cómo se ha calculado el volumen del cubo.



3. Construir un cubo de 3 cm x 3 cm x 3 cm.

- Calcular el volumen de este cubo.
- Explicar cómo se ha calculado el volumen del cubo.

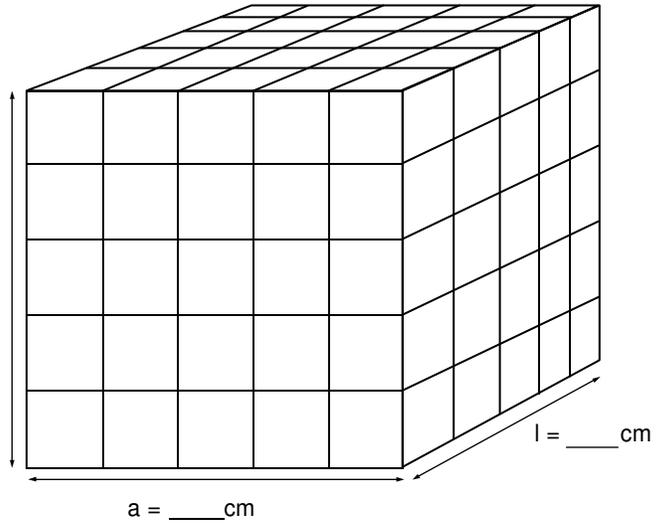
Volumen (V) = _____ cm³



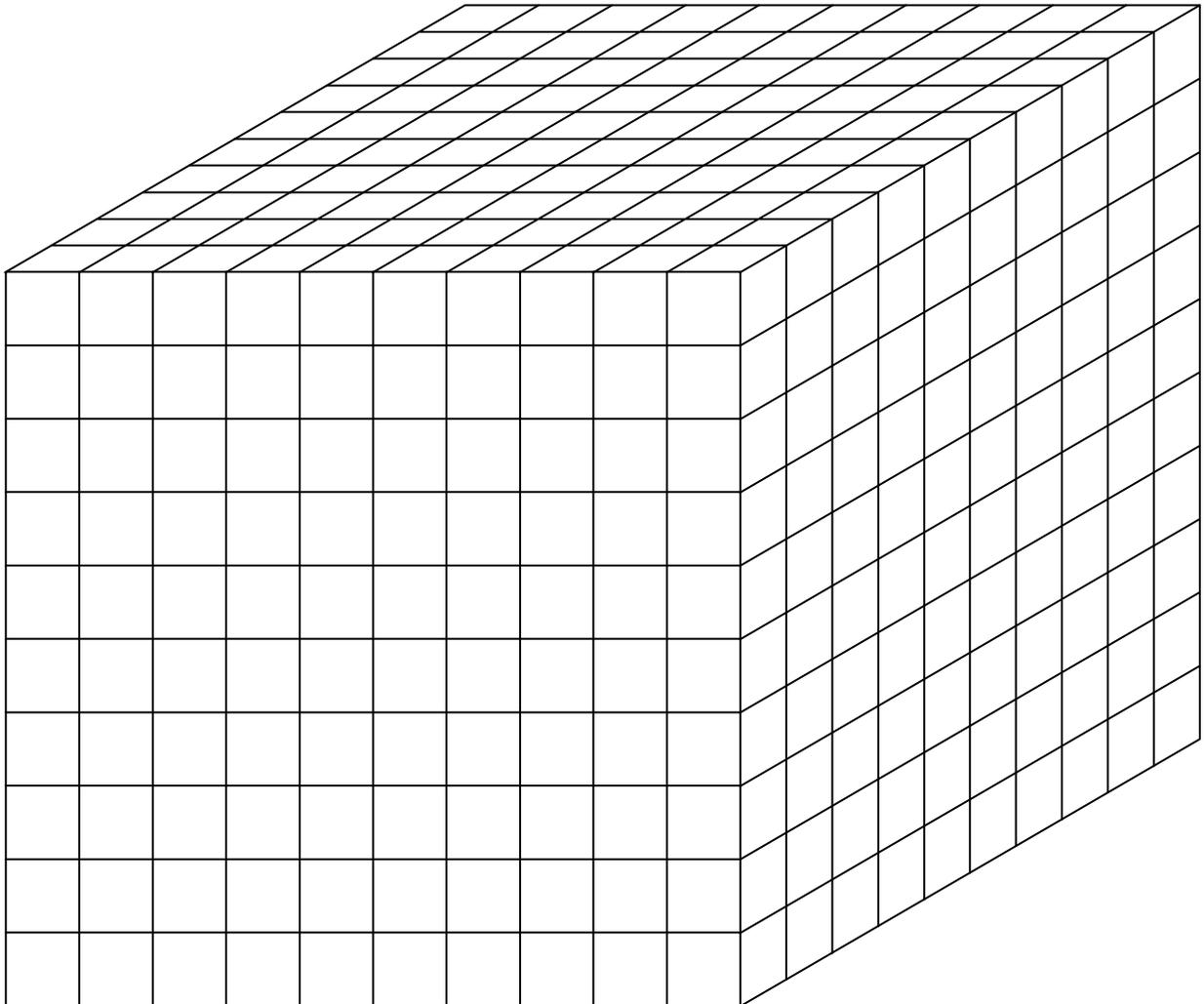
4. Construir este cubo y calcular el volumen

$V = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3$

$h = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$



5. a. ¿Cuántos cubos de los de arriba cabrían en este cubo? _____
b. ¿Cuál es el volumen de este cubo? _____ cm^3
c. Explicar cómo se ha calculado el volumen de este cubo.



El reto

Trabajar en equipo para resolver los siguientes problemas. Anotar los pasos seguidos para resolver los problemas en el espacio que hay bajo cada pregunta.

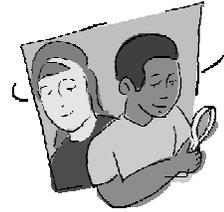
1. ¿Cuántos centímetros cúbicos caben en un metro cúbico?

2. ¿Cuántos milímetros cúbicos caben en un metro cúbico?

3. ¿Cuál es el volumen de un cubo que es 1 parte por millón del volumen de un metro cúbico?

4. ¿Cuál es el volumen de un cubo que es 1 parte por billón de un metro cúbico?

Elaboración de un Mapa de Contornos



Objetivo General

Aprender cómo se pueden hacer a mano los mapas de contornos.

Visión General

El alumnado marca los datos de los centros escolares GLOBE sobre un mapa con líneas de latitud y longitud, entonces dibujan las curvas de nivel basándose en los valores trazados.

Objetivos Didácticos

Adquirir conocimiento sobre la elaboración de mapas de curvas de nivel.

Conceptos Científicos

Geografía

Las visualizaciones geográficas ayudan a organizar la información sobre los lugares, el ambiente y las personas.

General

Los modelos visuales nos ayudan a analizar e interpretar los datos.

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas.

Usar técnicas y herramientas apropiadas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar y construir modelos utilizando la evidencia.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

Una clase

Nivel

Medio, secundaria

Materiales y Herramientas

Bolígrafos o lapiceros (de varios colores - opcional)

Copia del mapa en blanco.

Preparación

Hacer una copia de la *Hoja de Trabajo "Elaboración de un Mapa de Contornos"* y la *Tabla de Datos* por cada estudiante o equipo.

Requisitos Previos

Ninguno

Antecedentes

Los mapas de contornos son una manera útil de visualizar las relaciones espaciales entre los datos y la distribución espacial de los valores de los mismos (por ejemplo, dónde hace más calor o más frío, dónde llovió y cuánto).

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Reparta a cada alumno/a o equipo una copia del mapa en blanco y la tabla de datos que se proporciona como parte de esta actividad.
2. Comente el mapa con el alumnado para asegurarse de que reconocen y comprenden las líneas de latitud y longitud que se muestran y recuerde que la longitud negativa es lo mismo que longitud Oeste y que la latitud positiva equivale a latitud Norte.

3. Comente con los estudiantes el concepto de curva de nivel (isolíneas en su acepción más amplia). Haga hincapié en que las isolíneas conectan lugares de un mapa en los que una variable (por ejemplo, temperatura media del aire, y en este caso, isotermas) tiene el mismo valor y que a un lado de la línea los valores serán superiores a este valor (por ejemplo, 20°C) mientras que al otro lado los valores serán inferiores a este valor.
Los mapas del tiempo son buenos ejemplos para los mapas de contornos, y ambos deben resultar familiares al alumnado.
4. Demostrar cómo dibujar el primer valor dado para la temperatura media del 5 de Abril de 2000, para el Instituto Portola (la primera fila de la *Tabla de Datos*).

- a. Localice la longitud -120.5° ($=120.5$ W) que está entre medias de la línea de longitud 120° W y la primera línea a su izquierda.
 - b. Localice a lo largo de esta línea la latitud 39.8° ($=39.8$ N) que está justo debajo de la línea de latitud 40° N.
 - c. Anote el valor $8,0$ en este punto, en el mapa.
5. Pida al alumnado que marque los valores de temperatura media de los tres primeros centros escolares de la *Tabla de Datos*.
 6. Pídale que ubiquen en el mapa y marquen los lugares en los que estiman que la temperatura media sea 10°C y 20°C .
 7. Comente que sólo con tres valores marcados es difícil saber dónde se debería dibujar la isoterma excepto entre estos tres puntos.
 8. Pida al alumnado que marque los valores de los tres siguientes centros en la *Tabla de Datos* y que prolonguen los puntos iniciales de 10°C y 20°C para que se conviertan en curvas de nivel.
 9. Pida al alumnado que marque los valores de los siguientes tres centros y que prolonguen su curva de nivel tanto como piensen que es razonable dados estos nueve puntos.
 10. Pida al alumnado que mire los valores de los siguientes tres centros y pregúnteles que qué harían si tuvieran problemas al marcarlos. (Hay un problema, ya que estos tres centros están en la misma comunidad y sus valores serán probablemente más elevados que otros del mapa). Deje que ellos decidan cómo afrontar esta dificultad.
 11. Pida al alumnado que marque los valores restantes y que añadan las curvas de nivel de 15°C y 25°C si pueden.
 12. Pregunte al alumnado si podría trazar la curva de 5°C . La discusión debería concluir que dado que no hay centros escolares con valores inferiores a 5°C , no hay razón para suponer que algún lugar del mapa haya tenido una temperatura tan baja este día.

Ampliaciones de la Actividad de Aprendizaje Básica

Pida al alumnado que cree un mapa de contornos utilizando la precipitación total de los datos de Abril de 2000. En este caso, con un centro escolar con un valor más de cinco veces superior al centro con la mayor precipitación más próxima, incluso los incrementos en las curvas de nivel pueden no ser apropiados. En términos matemáticos, la interpolación lineal entre los valores podría no ser una buena aproximación de la distribución de los valores.

Pida al alumnado que cree un mapa de contornos utilizando los valores de cobertura de nubes del 5 de Abril de 2000. Las isolíneas deberían ser aquellas que limitan la clasificación de cobertura de nubes (por ejemplo, entre nubes dispersas y roto o 50% de cobertura de nubes). En este caso los datos no son numéricos, sino que representan rangos. El alumnado debe discutir sobre cómo esto afecta a la posición de las isolíneas. Dos centros escolares (Birch Lane y Millview) enviaron datos utilizando las categorías de GLOBE 2000; se puede elegir si se quiere que omitan estos dos centros para simplificar o discutir cómo explicar el diferente significado cuantitativo de los datos enviados.

Pida al alumnado que cree un mapa de altitud marcando los datos de altitud proporcionados por los centros escolares. Ahora, las curvas deben mostrar montañas y valles. Se proporcionan muy pocos puntos para hacer esto de manera precisa. Comente con ellos cuáles serán las estrategias para hacer un mejor mapa de altitud utilizando los datos reales. ¿Cuántos puntos consideran que serían necesarios? ¿A qué distancia deberían estar los puntos? ¿Deberían estar en una malla regular? ¿Podrían servir otros datos GLOBE?

Pida al alumnado que encuentre en el sitio Web de GLOBE la explicación de cómo hacer las visualizaciones de los mapas de contornos. Pueden leer esta explicación y después aplicar ellos mismos las fórmulas sobre los datos de Temperatura media del aire de la *Tabla de Datos* y comparar estos resultados con los mapas que obtuvieron interpolando a ojo entre puntos.

El alumnado puede investigar la relación entre altitud y temperatura que se describe en *La Tierra como Sistema*. Los valores de temperatura media se pueden ajustar a partir de las diferencias en altitud, y se puede dibujar un mapa a partir de los valores que se podrían tener si todos los centros escolares estuvieran a nivel del mar. Este concepto se explica en el *Protocolo Opcional de Presión Barométrica*, pero se puede aplicar a la temperatura como ejercicio. Se puede discutir sobre los errores de esta aproximación como una forma de análisis científico y sobre qué datos de temperatura podrían ser útiles. El error es que la relación entre altitud y temperatura o latitud y temperatura del aire es válida aproximadamente para medias de temperatura de un largo plazo, pero no para los valores de un solo día.

Evaluación del Alumnado

Cualquiera de los dos primeros puntos sugeridos como ampliaciones de la actividad de aprendizaje básica podría utilizarse para valorar el conocimiento global del alumnado y su competencia para realizar mapas de contornos. Alternativamente, se puede recopilar una tabla de datos con parámetros diferentes para este propósito a partir del sitio web de GLOBE y pedirles que hagan un mapa de contornos utilizando estos datos.

Hoja de Trabajo Elaboración de un Mapa de Contornos

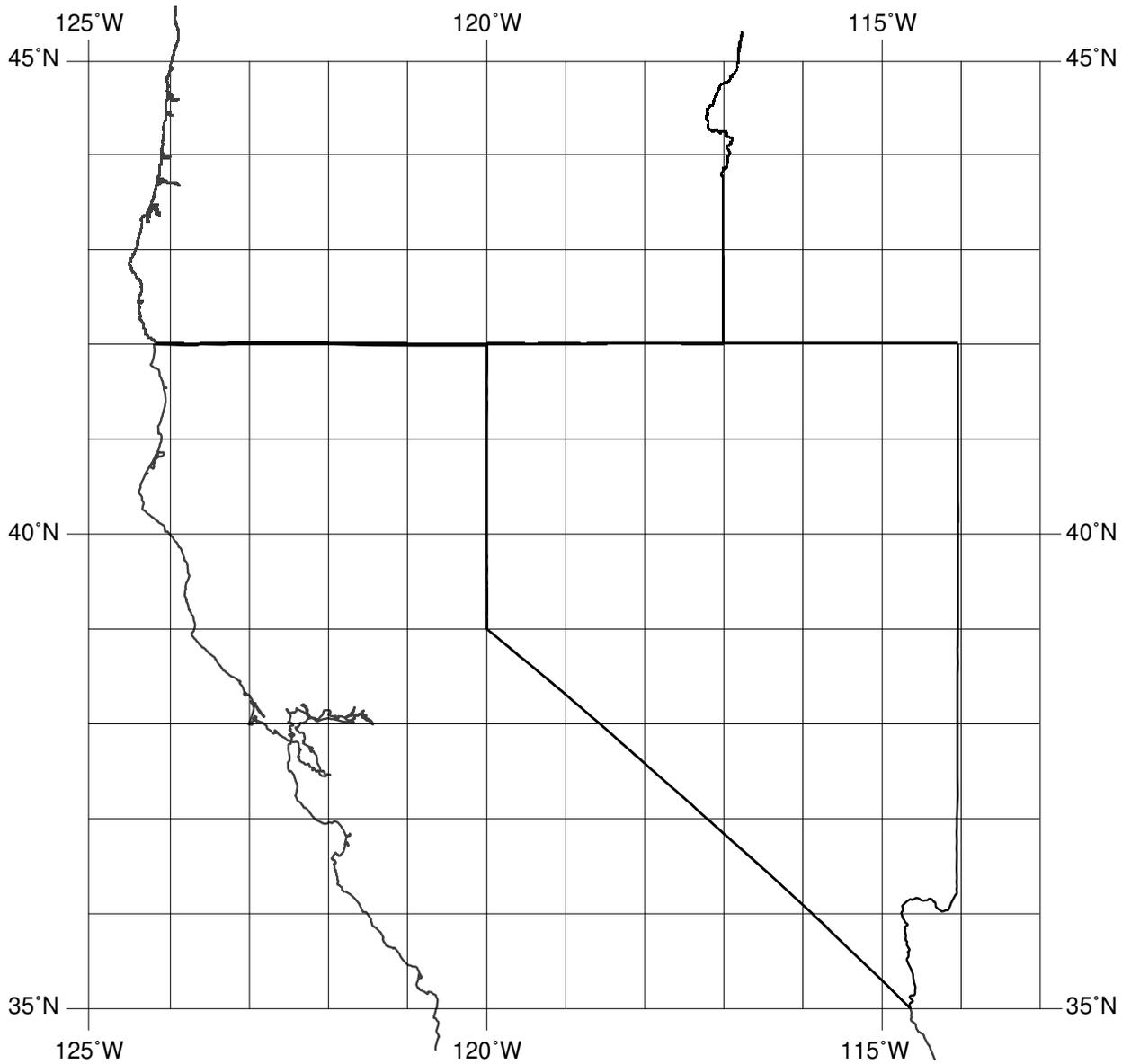


Tabla de Datos

TMedia (C) 5- Abr-00	Cobertura de Nubes '	Precipitación Total (mm)	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Elevación (metros)	Nombre de la Escuela y Localización
8.0		7.2	39.8	-120.5	1500	Ponola High School, Portola, CA, US
16.0	SCT	22.1	38.8	-120.9	454	Gold Trail School, Placerville, CA, US
21.0	BKN	0.0	38.0	-121.3	12	Lincoln Elementary School, Stockton, CA, US
15.3	OVQ	34.5	38.6	-121.7	16	Birch Lane Elementary School, Davis, CA, US
22.5	BKN		37.7	-120.9	18	Stroud Elementary School, Modesto, CA, US
15.5	SCT	70.8	38.0	-122.6	82	San Domenico School, San Anselmo, CA, US
12.0	CLR	32.6	37.8	-122.2	70	Piedmont Independent Learning High School, Piedmont, CA, US
14.0	SQT	44.9	37.0	-122.0	2408	Happy Valley Elementary School, Santa Cruz, CA, US
22.0	BKN	27.8	37.0	-120.1	91	Madera High School, Madera, CA, US
22.0	BQN	29.1	37.0	-120.0	106	Milview Elementary School, Madera, CA, US
20.5	BKN	27.2	37.0	-120.1	90	Berenda Elementary School, Madera, CA, US
26.0	BKN		37.1	-119.5	2408	Auberry Elementary, Auberry, CA, US
16.5	BKN		37.4	-118.4	1364	Round Valley Joint Elementary School District, Bishop, CA, US
12.5		452.0	41.8	-124.2	202	Crescent Elk School, Crescent City, CA, US
21.0	CLR		36.5	-119.6	77	Washington Elementary School, Kingsburg, CA, US
20.0	BKN	51.6	36.8	-119.9	70	Steinbeck Elementary School, Fresno, CA, US
		38.5	36.7	-119.7	81	John Burroughs Elementary School, Fresno, CA, US
19.8	SQT	8.1	36.3	-119.3	86	La Joya Middle School, Visalia, CA, US
		1.0	36.8	-121.7	60	North Monterey County High School, Gustaville, CA,
12.0	CLR	24.7	43.5	-115.3	1307	Pine Elementary/Junior High School, Mountain Home, ID, US
19.0	CLR	11.0	36.6	-119.4	99	Reedley High School, Reedley, CA, US
	OBS	19.6	36.6	-121.9	150	Spanish Bay Academy, Pebble Beach, CA, US
	SCT	0.0	36.2	-115.2	637	Mabel Hoggard Magnet School, Las Vegas, NV, US
15.0	CLR		43.5	-116.6	862	South Middle School, Nampa, ID, US
		48.9	44.1	-123.2	192	Fairfield Elementary School, Eugene, OR, US

*Cobertura Terrestre:

Código de la cobertura de Nubes: (GLOBE 1 and 2): CLR=Claro (0-9%), SCT=Dispersas (10-50%), BKN=Rotas (51-90%), OVQ=Cubierta (91-100%). (GLOBE 2000): NON= Sin nubes (0% cobertura), CLR=Despejado (1-9%), ISO= Aisladas (10-24%), SQT= Dispersas (25-49%), BQN=Rotas (50-89%), OVQ=Cubierta (90-100%), OBS=Cielo Oscuro.

Creando Visualizaciones Personalizadas



Objetivo General

Aprender sobre visualizaciones diseñando y creando una.

Visión General

El alumnado crea una visualización basada en sus intereses e ideas sobre el mundo, o basada en los datos reales GLOBE. Se pide al alumnado justificar las opciones de diseño elegidas e interpretar las visualizaciones de sus compañeros.

Objetivos Didácticos

Aprender a identificar y a comunicar patrones importantes de un conjunto de datos creando una visualización, y comenzar a interpretar esos patrones.

Seleccionar o especificar colores, unidades y rangos de variables para comunicar los datos eficazmente en una visualización.

Conceptos Científicos

Generales

Los modelos visuales nos ayudan a analizar e interpretar los datos.

Geografía

Las visualizaciones geográficas ayudan a organizar la información sobre lugares, el ambiente, y las personas.

Habilidades de Investigación Científica

Identificar preguntas y respuestas.

Utilizar técnicas y herramientas adecuadas.

Utilizar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar y crear modelos a partir de la experiencia.

Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

Una clase de 45 minutos.

Nivel

Medio

Materiales

Mapas en blanco

Medios para colorear para cada alumno: lápices de colores, acuarelas u óleos. Globos terráqueos y atlas para que los alumnos los consulten, mientras crean sus visualizaciones.

Preparación

Copiar el mapa en blanco y la hoja de trabajo para cada alumno/a.

Requisitos Previos

Ninguno.

Antecedentes

Todos usamos datos todo el tiempo: por ejemplo, para comprobar los resultados de los deportes, para mirar un mapa del tiempo o ver las notas.

Los datos se pueden presentar de maneras muy diferentes. Algunas veces los datos se presentan de forma numérica, como en las tablas de las mediciones GLOBE, como la precipitación o la calidad del agua. Las tablas de datos proporcionan valores precisos que son buenos para cálculos y comparaciones. Sin embargo, las tablas de números son difíciles de comprender a simple vista, especialmente con conjuntos de datos amplios y complejos.

Las *visualizaciones* son una manera de convertir los datos en una imagen para hacer más fácil su comprensión. Las visualizaciones ayudan a dar sentido a los datos, encontrar patrones en ellos y utilizarlos para responder cuestiones sobre el mundo. Esta actividad es una introducción a la visualización: Una oportunidad para diseñar y crear una propia acerca de un tema que le interese.

Se puede diseñar una visualización de muchas formas diferentes — no hay una única forma correcta de hacerlo. Los autores realizan sus elecciones de diseño para comunicar algo específico. Un mapa topográfico, por ejemplo, es una manera común de mostrar patrones de altitud; los mapas topográficos utilizan curvas de nivel para mostrar áreas de la misma altitud.

En esta actividad se utilizará el color como medio para mostrar patrones en los datos. Los colores que se usen y lo que representa cada color depende de lo que se quiera mostrar con la visualización.

Cuatro cuestiones clave a responder cuando se crea una visualización son:

¿Cuál es el *objetivo* de la visualización? ¿Se trabaja con datos *numéricos* o *categoricos*?

¿Qué *colores* se utilizarán y qué representan?

¿Qué *área geográfica* se está cubriendo?

Objetivo General

Una visualización debe comunicar algo a las personas que la ven. Por ejemplo, un mapa del tiempo con rangos de temperatura en diferentes colores ayuda a mostrar aspectos meteorológicos en la región representada. El primer paso en el diseño de una visualización es decidir qué se quiere comunicar.

Tipo de Datos/Unidades/Rango de los Valores

Los datos que se muestran en una visualización pueden ser *numéricos* o *por categorías*.

Con los datos *numéricos*, la visualización muestra la cantidad de algo: el número de especies de aves en diferentes partes del país, o la temperatura media al mediodía en diferentes partes del mundo. Para dejar claro lo que significan los números, se especifican las *unidades de medida*. Por ejemplo, la temperatura podría medirse en grados Celsius, Fahrenheit, o Kelvin.

Para simplificar la ilustración de los datos y mostrar patrones, se pueden dividir los datos numéricos en *rangos de valores* y asignar un color a cada rango. Una visualización de temperatura podría utilizar un color para temperaturas en el rango -20°C a 0°C , y otro para temperaturas en el rango 0°C a 20°C . Si se desconocen los valores exactos, también es posible utilizar valores *cualitativos* (palabras descriptivas como alto, medio y bajo para la altura de las nubes). Generalmente, es mejor utilizar rangos numéricos ya que son más precisos y uniformes; lo que es “cálido” para una persona podría ser “caliente” para otra, pero todo el mundo está de acuerdo en lo que 20°C significan.

Algunas visualizaciones muestran datos que no son numéricos en absoluto: por ejemplo, el deporte más popular en diferentes ciudades (“hockey”, “fútbol”, etc.), o los tipos de cobertura terrestre en diferentes regiones (“bosque perenne de hoja ancha”, “desierto”, etc.). Este tipo de datos se llama *categorizados*. Con datos *categoricos* quien diseña la visualización debe decidir si agrupa categorías similares para mostrar patrones. Por ejemplo, si la pregunta es “deporte favorito” se diseña la visualización para responder, podría ser importante mostrar cada tipo individual de actividad de remo o podría resultar más simple agruparlas bajo la categoría “deportes de agua.”

Colores

Una vez seleccionados los rangos o categorías, el siguiente paso es elegir *colores* para representarlos. Algunas veces es posible elegir colores que se parezcan al fenómeno que se visualiza (por ejemplo, en una visualización de cobertura terrestre se puede querer utilizar el

verde para los bosques). Utilizar los colores de esta manera ayuda a hacer más fácil la comprensión de la visualización. Otra estrategia es utilizar una progresión estándar, como los colores del arco-iris, de manera que los valores que están próximos se muestran similares. Por ejemplo, una visualización de temperatura podría utilizar azules y morados para temperaturas frías y rojos y naranjas para temperaturas cálidas. Estas técnicas visuales pueden ayudar a que se reconozcan y se comprendan más fácilmente los patrones de datos. En la mayoría de las visualizaciones hechas a mano, de 4 a 6 colores son suficientes; demasiados colores complican la imagen y dificultan su interpretación.

Geografía y Escala

Muchas visualizaciones muestran datos que se recogen en diferentes lugares: por ejemplo, una visualización podría mostrar la precipitación media en diferentes lugares del mundo. Para mostrar de dónde proceden los datos, muchas visualizaciones se realizan sobre mapas. Los mapas tienen *elementos geográficos* (por ejemplo, el contorno de los continentes) para mostrar aspectos espaciales de los datos de un vistazo, como la localización de los humedales cerca de un golfo. Cuando se crea una visualización, es importante comenzar con un mapa en blanco que muestre la parte del mundo de la que proceden los datos. También es importante seleccionar una *escala* para la visualización: se mostrará la precipitación de Julio de un país concreto o de todo el mundo? La escala que se seleccione dependerá de los datos que se tengan y de lo que se pretenda comunicar con la visualización.

Preparación

Reparte lápices de colores (u otros medios para colorear) a cada estudiante, y distribuye los globos y atlas disponibles.

Cada uno, también necesitará un mapa en blanco en el que dibujar su visualización. En esta actividad se proporciona un mapa del mundo con los contornos de los continentes y puede ser aumentado en una fotocopidora para mostrar un continente concreto o una región. Para obtener mapa más locales, se puede utilizar la herramienta de creación de mapas del sitio web de GLOBE.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Realice los siguientes cuatro pasos:

1. Introducción a las visualizaciones
2. El alumnado diseña y crea una visualización
3. Debate en grupo e interpretación
4. Debate en clase

Paso 1. Introducción a las Visualizaciones

Comenzar con un debate sobre la importancia de las visualizaciones, tanto en ciencias como en la vida cotidiana.

- Mostrar ejemplos de visualizaciones que se puedan haber visto recientemente en el periódico local (por ejemplo, un mapa del tiempo), o pedir al alumnado que busque un ejemplo como deberes.
- Utilizar un atlas, que tenga muchas visualizaciones en color de la Tierra y de ciencias de la Tierra.
- Debatir sobre por qué es más fácil comprender las visualizaciones que una tabla de números. ¿Qué permite ver una visualización de un vistazo que no permiten los números? ¿Qué tipos de interpretación permite?
- Relacionar el debate con una actividad que se haya planificado hacer en clase utilizando los datos GLOBE: ¿por qué serían las visualizaciones útiles en esa actividad?

El alumnado diseñará sus propias visualizaciones en esta actividad. Hay dos maneras de hacer esto:

1. Puede pedírseles que creen una visualización sobre un tema familiar, creando un mapa con datos de los que ellos ya saben algo.
2. Se pueden usar las mediciones del programa GLOBE, tales como temperatura del aire, precipitación o cobertura de nubes.

Si se elige la primera opción, tendrán la oportunidad de ser creativos y relacionar el concepto de visualización con algo que les interesa, potencialmente fuera de las ciencias. Por ejemplo, podrían elegir crear una visualización sobre cosechas agrícolas en varias regiones del mundo o el número de lenguas habladas en cada país. Si tienen problemas para

encontrar un tema del que crean que tienen suficientes datos, hable con ellos para obtener ideas acerca de que datos son apropiados para representar espacialmente, guiándolos hacia temas apropiados si fuera necesario.

Si se elige la segunda opción, el alumnado puede comenzar a explorar conceptos más allá de las mediciones GLOBE y entender un paso importante en el análisis de datos – la visualización de los datos espaciales para detectar patrones. Si se hace la visualización sobre un tema relacionado con datos que están recogiendo o recogerán, se pueden ver las visualizaciones en el sitio Web de GLOBE como clase o pedir a los alumnos/as que lo hagan individualmente. Así, pueden ver cómo los datos GLOBE se vuelcan en mapas.

Al presentar la actividad, explique al alumnado que su objetivo es comunicar un conjunto de datos de forma fácilmente comprensible para los demás. No hay una manera “correcta” o “incorrecta” de diseñar una visualización. Las elecciones de diseño pueden facilitar o dificultar a los demás la comprensión de lo que se trata de comunicar.

Paso 2. El Alumnado Diseña y Crea una Visualización

Reparta a cada alumno/a uno de los mapas en blanco que ha preparado. Cada uno seleccionará un tema y creará su propia visualización.

La hoja de trabajo de esta actividad introducirá al alumnado en las decisiones que necesitan hacer para diseñar su propia visualización, según se describe en la sección Antecedentes. Según ellos trabajan, usted puede ofrecerles orientaciones.

- Pueden necesitar ayuda para definir el objetivo de su visualización, y para hacer las elecciones de diseño que les permiten comunicar los datos claramente (por ejemplo, dividiendo los datos numéricos en rangos y seleccionando colores).
- Anime al alumnado a que hagan un esbozo a lápiz de sus mapas antes de colorearlos, ya que se pueden centrar en un valor o rango primero y no dejar espacio para todos los datos.

- Se debería animar al alumnado a completar sus diseños bastante rápido (aproximadamente 15 minutos).
- La hoja de trabajo también pide a los estudiantes que observen su visualización y comprueben su trabajo para ver si es fácil de comprender. Pueden necesitar ayuda para reflexionar cuidadosamente sobre sus imágenes. Cuando se trabaje individualmente, remita a los estudiantes al objetivo de la Hoja de Trabajo. Basándose en esa frase, pídeles que piensen en las preguntas sobre los datos que pueden ser respondidas con la ayuda de sus imágenes, y ayúdeles a comprobar si permiten ese análisis.

Si sólo se dispone de lápices, y no de medios para colorear, se pueden utilizar diferentes patrones o símbolos de sombreado para representar diferentes áreas.

Paso 3. Revisión en Grupos

Una vez que el alumnado haya creado sus visualizaciones, divídalos en pequeños grupos. Pídeles que interpreten las visualizaciones de otros estudiantes del grupo, decidiendo qué se pretende comunicar con la visualización. ¿Resulta fácil entender el objetivo de la visualización, y lo que representan los colores? ¿Qué opciones de diseño fueron útiles para comunicar los datos? ¿Qué opciones de diseño podrían mejorar la comunicación? Permite al alumnado hacer modificaciones tras esta revisión, si es necesario, para mejorar sus visualizaciones.

Paso 4. Debate en Clase

Reúna a la clase para debatir sobre lo que hace que una visualización sea buena. Si el tiempo lo permite, invite al alumnado a presentar individualmente su visualización o una de su grupo, y a comentar qué aspectos del diseño facilitan o dificultan su comprensión. Este debate es una buena oportunidad para presentar la herramienta general de la visualización de los datos GLOBE con los que se trabaja o trabajará, y para discutir sobre cómo las visualizaciones pueden hacer que los datos sean más fáciles de analizar.

Investigaciones Posteriores

La creación de visualizaciones se puede hacer también como un proyecto de grupo usando una visualización de tamaño póster en blanco. Esto se puede crear copiando una de las visualizaciones en blanco en una transparencia, proyectándola en la pared y, posteriormente, calcando esa imagen en el póster. Estas visualizaciones grandes son también adecuadas para presentaciones de clase, ya que las pueden ver todos los estudiantes. La creación de una visualización como grupo es un buen método para realizar un análisis preliminar de un conjunto de datos GLOBE.

La actividad básica que se define en *Qué Hacer y Cómo Hacerlo* es una introducción general al lenguaje de la visualización como herramienta para interpretar y comunicar datos. Las ampliaciones que se muestran abajo ofrecen sugerencias para actividades de análisis específicas que se pueden elegir basadas en los objetivos de la clase.

- Pida a cada alumno/a que piense una pregunta que su visualización puede responder. Por ejemplo, “¿Qué ciudad tiene la mayor densidad de población del país?” Intercambiar las visualizaciones con otros grupos y pídale que usen la visualización para responder la pregunta. Esta actividad reafirma la percepción de las visualizaciones como herramienta para la resolución de problemas.
- Pida a cada alumno/a que traiga un titular o título para su visualización tal y como aparecería en un periódico, y después que escriba las primeras frases de la historia. Por ejemplo, el título en un mapa del tiempo podría ser “¡Una Ola de Calor Barre la Costa Oeste!”. Esta actividad reafirma la utilidad de las visualizaciones como herramienta para comunicar patrones de los datos.
- Si se están usando datos GLOBE para esta actividad, desarrolle un debate de clase en el que se pronostiquen las tendencias en los datos que se producirán basándose en esta visualización. Por ejemplo, podría querer predecir cómo cambiará la visualización según se van recogiendo datos a lo largo del año. Esta actividad ayuda a establecer la idea de que las visualizaciones serán útiles

en el trabajo que hará la clase con GLOBE según se va tratando de responder preguntas sobre el Mundo a lo largo del año.

Recursos

Los mapas en blanco se pueden crear en el sitio Web de GLOBE e imprimirse para el alumnado. (Desde la página de inicio de GLOBE, seleccionar *Visualizaciones* y después *Mapas GLOBE*. Bajo *Otras Opciones* en la página de Mapas, puede elegir *Crear un Mapa en Blanco*).

El póster GLOBE de los Sistemas terrestres ofrece buenos ejemplos de visualizaciones en color de datos de Ciencias de la Tierra y los patrones que las visualizaciones pueden mostrar en grandes conjuntos de datos.

Internet tiene una gran colección de visualizaciones científicas creadas por organizaciones de investigación. Buscando la palabra “visualización” junto con el nombre de una ciencia de investigación del ambiente se pueden obtener ejemplos útiles.

Crea tu Propia Visualización

Hoja de Trabajo

Nombre _____

En esta actividad se creará una visualización de algo que le interesa, utilizando colores y un mapa en blanco. Una visualización es una imagen que facilita la comprensión de un conjunto de datos y puede ayudar a reconocer patrones en ellos. Es su decisión qué datos quiere comunicar en esta visualización.

Esta hoja de trabajo le introducirá en el proceso de diseño de una visualización. Recuerde que las elecciones de diseño pueden facilitar o dificultar a otros la comprensión de su visualización.

1. ¿Cuál es el *objetivo* de la visualización? Por ejemplo, mostrar patrones de temperatura en una región, o la altura media de los árboles en diferentes regiones. Anotar el objetivo de la visualización aquí.

En el mapa en blanco, poner un título a la visualización que transmita su objetivo.

2. ¿Qué *área geográfica* cubre la visualización? Algunos ejemplos son: el mundo entero; África, tu ciudad. Anotar aquí el área que cubre la visualización, asegurándose de que se tiene un mapa en blanco que muestra la región del mundo correcta.

3. ¿Son los datos números o categorías? (hacer un círculo en la que corresponda)

Los datos que son números se llaman numéricos, los datos que son categorías se llaman categorizados.

4. Para *datos numéricos*, contesta a y b; para *datos categóricos* contesta c.

a. ¿Cuáles son las *unidades de medida* (por ejemplo, grados Celsius, altura en metros)?

b. ¿Qué *rangos* mostrará? Recordar que un rango agrupa datos similares por color, de manera que se distinguen mejor los patrones. Si se está haciendo un mapa de las temperaturas se podrían utilizar rangos como -20°C a 0°C y 0°C a 20°C . Anotar los rangos que se mostrarán aquí, y pasar a la pregunta 5.

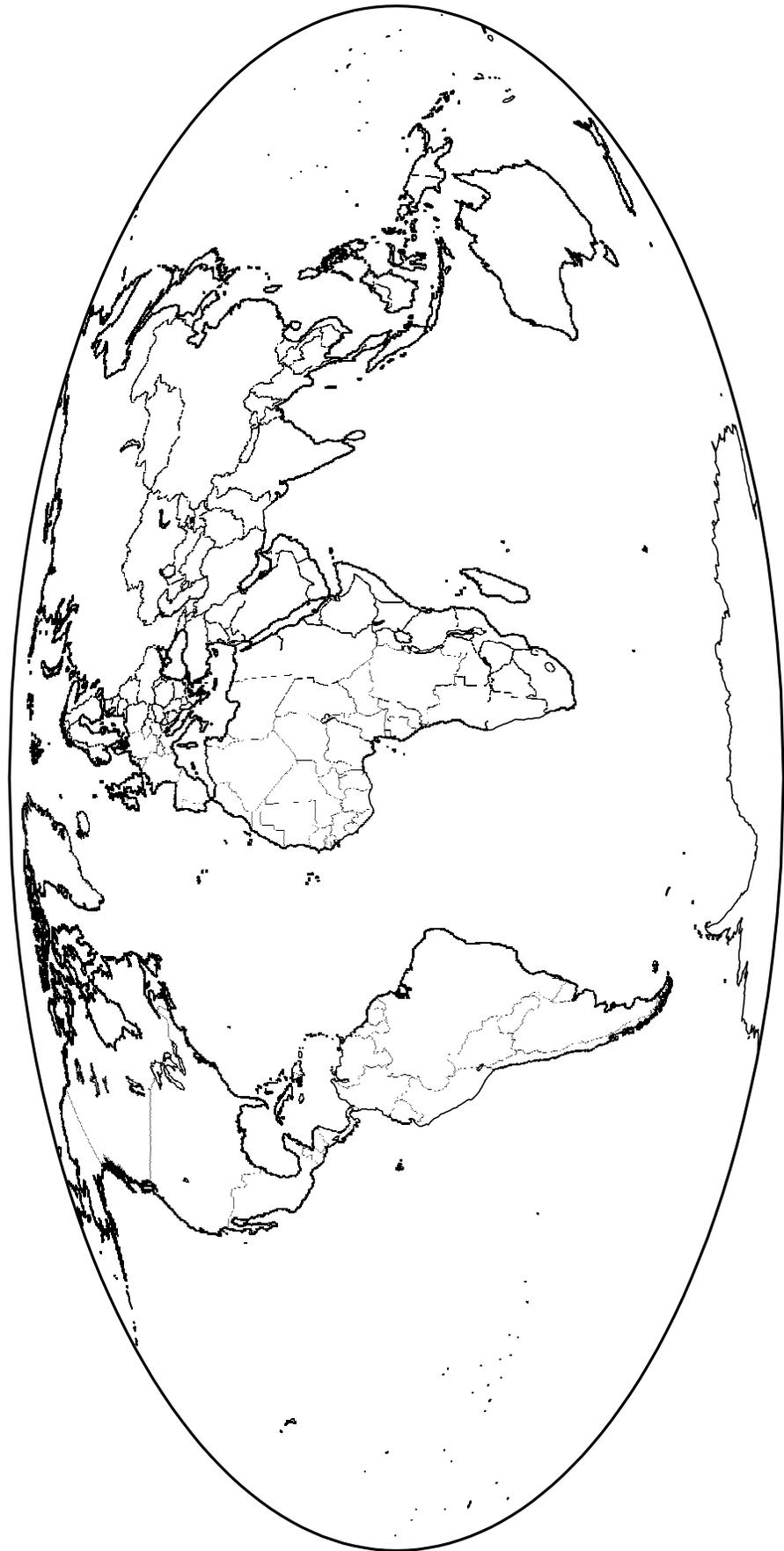
Para *datos categóricos*:

c. ¿Qué *valores* mostrará? Por ejemplo, si se están mostrando ecosistemas, los valores podrían incluir desierto o selva tropical. Anotar los valores que se mostrarán en sus visualización.

5. Ahora elegir los *colores* que se usarán para representar cada rango o valor. Recordar que, si es posible, sirve de ayuda utilizar colores que recuerden algo sobre los datos (por ejemplo, rojo para calor, o verde para bosque) o que ayuden a ilustrar un patrón particular (por ejemplo, las temperaturas cercanas a otras tienen colores similares). Anotar una descripción sobre el esquema de color que se ha elegido y decir por qué se ha elegido.

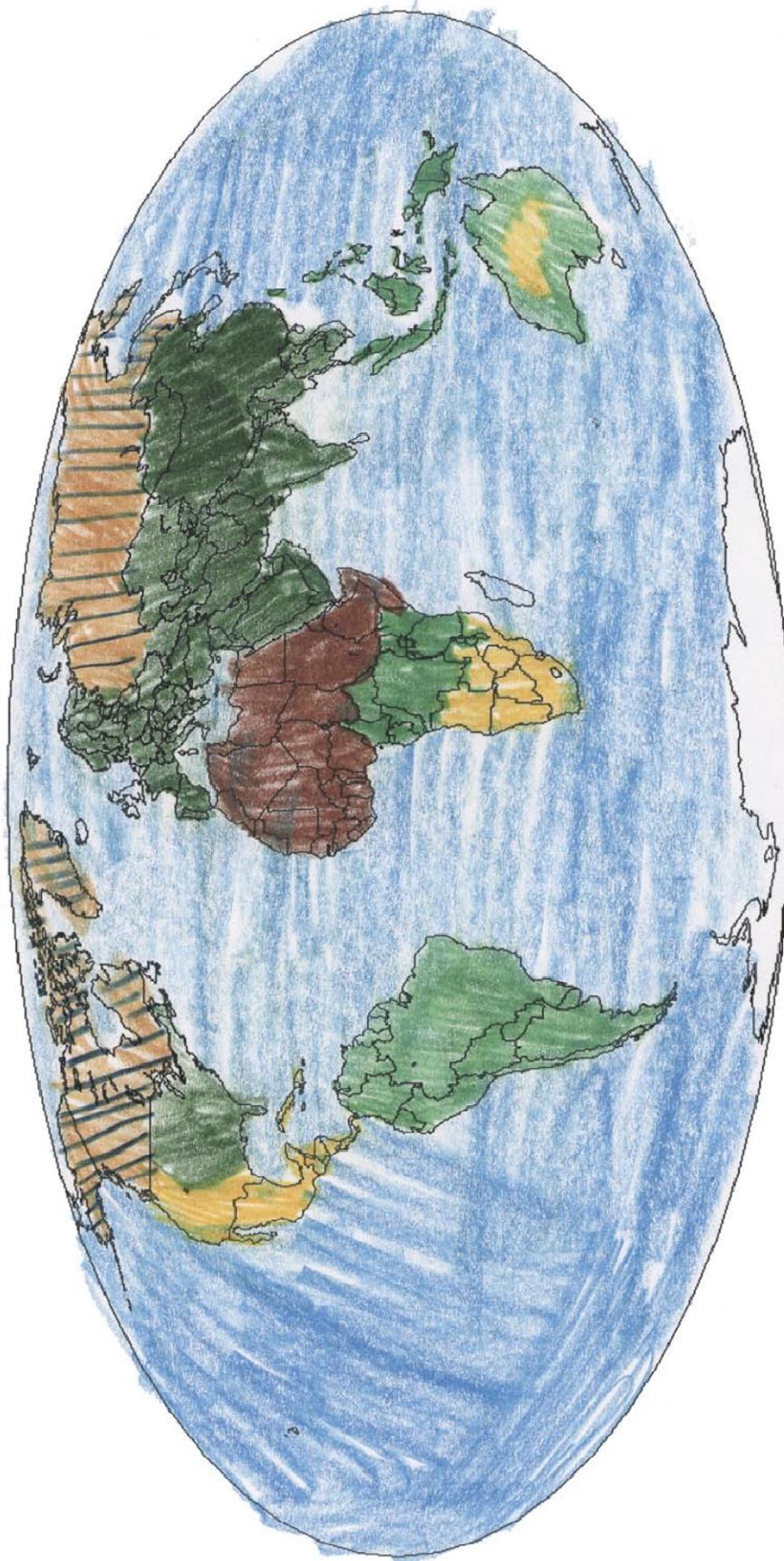
Crear una *leyenda* en el mapa que muestre cada rango o valor, y a su lado el color que se utilizará.

6. Crear la visualización. Ahora hacer como si nunca se hubiera visto esta visualización antes. ¿Sería capaz de imaginársela? ¿Está todo claramente etiquetado y dibujado? Revisar la visualización si es necesario.

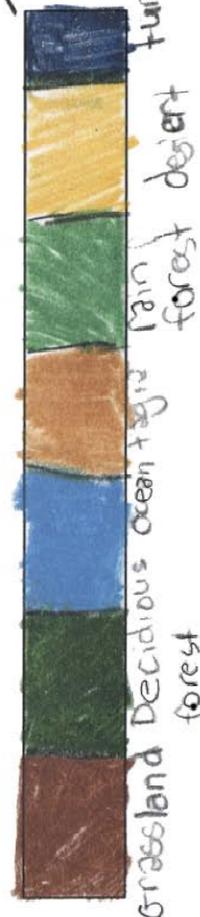


Eileen Z.

The 7 Biomes of the world.



When colors have lines of diff. colors on them the area is also inhabited by that bioma also



Color Legend

Crea tu Propia Visualización

Título

Para cada criterio, evalúe el trabajo de cada alumno/a utilizando los siguientes niveles de puntuación y estándares:

3 = Muestra clara evidencia de alcanzar o exceder los resultados deseados.

2 = Fundamentalmente alcanza los resultados deseados

1 = Alcanza algunos puntos de los resultados deseados, pero necesita mejorar.

0 = Falla en los resultados o los alcanza de una manera inadecuada.

1. Diseñar una visualización utilizando los elementos clave de cantidad, unidades y rango (si son numéricos) y categoría (si son categóricos), así como la organización de los colores utilizados, área geográfica y escala.

A. Color

- ¿Elegió colores que son claramente distinguibles entre sí?
- ¿Los colores están organizados de manera razonable?

Puntuación	Descripción
3	Los colores son claramente distinguibles entre sí; el uso de colores está organizado y es apropiado para el objetivo pretendido. Por ejemplo, si el estudiante está ilustrando un conjunto de datos continuo, los colores son graduados; si los datos son categóricos, los colores se eligen para mostrar distintas categorías. En la Hoja de Trabajo, la explicación del esquema de color usado por el estudiante demuestra que fue una elección consciente y lógica.
2	Los colores son difíciles de distinguir en algunos lugares y/o podrían estar mejor organizados para alcanzar el objetivo pretendido. Por ejemplo, en una visualización de temperatura, los colores se seleccionaron al azar para cada rango o no muestran un cambio gradual de calor a frío. La explicación de la Hoja de Trabajo tiene errores.
1	El uso o la elección de los colores es inapropiado o inconsistente; los colores no están vinculados a los rangos.
0	El trabajo no está hecho o está incompleto.

B. Unidades y rango de valores

- ¿La elección de unidades del alumno o alumna se ajusta a la cantidad visualizada?
- ¿El rango de valores elegido es apropiado para la cantidad visualizada?
- ¿ Los colores están apropiadamente representados en el rango elegido?

Puntuación	Descripción
3	Las unidades están claramente indicadas y son apropiadas a la cantidad medida. Los rangos de valores están claramente indicados y son apropiados, asimismo, los valores están por lo general divididos en 4-6 rangos. Los rangos o categorías seleccionados abarcan el conjunto completo de valores; por ejemplo, se incluye una categoría “otros” si es necesario.
2	El trabajo muestra comprensión del uso unidades y rango de valores en el diseño y creación de visualizaciones, pero muestra necesidad de mejora en una de las áreas descritas más arriba. Por ejemplo, la unidad elegida puede no ser completamente adecuada para la cantidad que se está visualizando, o el rango de valores elegido puede dejar grandes partes de la visualización en blanco.
1	El trabajo muestra una pobre comprensión del uso de las unidades y del rango de valores en el diseño y creación de visualizaciones, manifestando necesidad de mejora en cada área (por ejemplo, unidades y rango de valores).
0	El trabajo no está hecho o está incompleto. No se especifican unidades ni rangos.

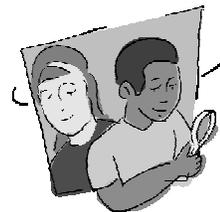
2. Usando una visualización para comunicar datos.

A. ¿El alumno/a ha sido capaz de resaltar, interpretar y comunicar patrones de los datos?

Puntuación	Descripción
3	La visualización global sirve como una herramienta eficaz para comunicar el mensaje o la idea deseada. Los colores y los rangos se han seleccionado para destacar patrones de los datos importantes. Por ejemplo, en una visualización sobre la población, las áreas de mayor densidad de población son fáciles de identificar.
2	La visualización global comunica algunos aspectos del mensaje o idea deseada, pero no es claro o es ambiguo en algunos aspectos. Por ejemplo, la visualización está claramente etiquetada, pero los rangos elegidos ocultan algunos patrones importantes.
1	La visualización global falla al comunicar el mensaje o idea deseada y requiere algunas revisiones básicas para poder ser una herramienta de comunicación eficaz.
0	La visualización no está hecha, es incompleta o confusa, de manera que no se pueden identificar patrones.

Aprendiendo a Usar Visualizaciones:

Un Ejemplo con la Altitud y la Temperatura



Objetivo General

Introducir al alumnado en el uso de las visualizaciones como una herramienta para resolver problemas científicos, usando la altitud y la temperatura como un ejemplo.

Visión General

En esta actividad de aprendizaje se utilizan las visualizaciones para dar sentido a los datos de altitud y temperatura, así como para estudiar las relaciones entre las dos variables. Se colorean las visualizaciones de altitud y temperatura de manera que se manifiestan los patrones de los datos. La relación entre las dos cantidades se estudia utilizándolas para calcular *el gradiente*, el ritmo al que decrece la temperatura con el aumento de la altitud.

Objetivos Didácticos

Identificar y comunicar patrones importantes en un conjunto de datos dibujando una visualización, y comenzar a interpretar esos patrones.

Analizar la relación entre las dos variables usando la visualización como una herramienta.

Conceptos Científicos

Generales

Los modelos visuales nos ayudan a analizar e interpretar los datos.

Geografía

Las visualizaciones geográficas ayudan a organizar la información sobre los lugares, el ambiente y las personas.

Habilidades de Investigación Científica

- Identificar preguntas y respuestas.
- Utilizar las técnicas y herramientas apropiadas.
- Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.
- Desarrollar y construir modelos utilizando la evidencia.
- Compartir procedimientos y explicaciones.

Tiempo

Una clase, aunque se recomienda realizar las ampliaciones propuestas.

Nivel

Medio, Secundaria

Materiales

- Retroproyector y transparencias, copias en color de la Figura AT-V-1
- Copias de la *Hoja de Trabajo* para todo el alumnado.
- Reglas, lápices de colores

Preparación

Si se van a hacer las ampliaciones con los datos GLOBE, se puede querer buscar los centros escolares de antemano. Ver *Investigaciones Posteriores*.

Requisitos Previos

Los estudiantes deberían estar familiarizados con cálculos mediante ratios. También es útil que el alumnado tenga algo de experiencia en el uso de las visualizaciones (por ejemplo, la actividad de este capítulo *Crea tu Propia Visualización*).

Antecedentes

Las visualizaciones científicas de los sistemas de la Tierra aparecen en muchos lugares. Muchos periódicos incluyen visualizaciones en color de la temperatura superficial y en muchas revistas se han mostrado visualizaciones de la formación de un agujero en la capa de ozono. Estas visualizaciones nos ayudan a dar sentido a la complicada información científica. Esta actividad de aprendizaje utilizará las visualizaciones de manera similar: mostrando patrones en los datos científicos y usando esa información para ayudar a resolver un problema.

El primer paso en el uso de una visualización es orientarse: comprender cómo se organiza la visualización y qué significa, así como relacionarla con algo que es familiar (similar a la flecha “Estas aquí” en un mapa). Cuando se ve una nueva visualización, se busca los siguientes elementos:

1. **Características de los datos, incluyendo tipo, unidades y fecha.** El *tipo* de los datos es lo que el valor representa en el mundo real. En la primera visualización mostrada en la Figura AT-V-1A, la altitud terrestre y la profundidad oceánica, el tipo de datos es la altitud en relación con el nivel del mar (para áreas cubiertas por tierra) y la profundidad bajo el nivel del mar (en áreas cubiertas por agua). Las *unidades* son metros, con valores positivos sobre el nivel del mar y negativos bajo el nivel del mar. Los valores hacen referencia a la altitud media en esa área, de manera que no son los valores máximos en cada punto. La *fecha* es cuándo se recogieron los datos. La fecha es un elemento importante en la segunda visualización de la Figura AT-V-1B (Temperatura superficial: enero de 1987), dado que las temperaturas superficiales varían mucho a lo largo de un año.
2. **Uso del color:** La combinación de colores representa valores de datos concretos en una visualización: por ejemplo, el naranja puede representar temperaturas entre 20-30°C. La *leyenda* muestra la disposición de colores y el rango de valores que representa cada uno. Elegir una combinación de color concreta puede ayudar a que la visualización muestre patrones o resalte una visión particular de los datos.

Las visualizaciones de la Figura AT-V-1 utilizan el color de manera estratégica. Los colores se eligen para asociarse con varios fenómenos naturales. En la *Visualización Altitud Terrestre y Profundidad Oceánica*, las profundidades del océano se muestran en tonos de azul. La mayor parte de la tierra se muestra en tonos marrones, con las montañas en blanco. Este tipo de leyenda de color es útil para ver patrones globales, porque los datos continuos se agrupan y se codifican mediante un color.

Los patrones globales se pueden ver mejor utilizando *cotas* que marcan el rango en el que se producen ciertos fenómenos. Las cotas son los puntos de la escala de color en los que el valor representativo sufre un cambio distintivo.

Por ejemplo, una cota puede ser 0°C, a la que el agua se congela. Utilizar colores para destacar cotas puede hacer que la visualización sea más fácil de comprender.

La *Visualización Temperatura Superficial* de la Figura AT-V-1B utiliza las asociaciones que tenemos con colores particulares. Los colores cálidos (amarillos, naranjas y rojos) se utilizan para mostrar temperaturas sobre el punto de congelación del agua, y los colores fríos (azules y morados) se usan para mostrar temperaturas bajo el punto de congelación del agua. La leyenda del mapa dirá qué representan los colores.

3. **Características Geográficas.** El tercer elemento de una visualización son las *Características Geográficas*, que ayudarán a ubicar espacialmente los datos: ¿Qué lugares de la Tierra describen estos números? En la Figura AT-V-1B el contorno de los continentes permite ver, por ejemplo, que las temperaturas de Australia cerca de la costa son más frías que hacia el interior.
4. **Resolución.** La resolución del mapa es una medida del área más pequeña en la que se pueden mostrar dos valores diferentes. Por ejemplo, en la *Visualización Altitud y Profundidad Oceánica* cada valor de los datos cubre un área de un 1°, de manera que la resolución de los mapas de la Figura AT-V-1 es 1° por 1°. Esto significa que se pueden ver

las diferencias entre altitudes entre 23° S y 24° S, pero no entre 23,1° S y 23° S.

En la *Hoja de Trabajo* 1, que se utilizará en este ejercicio, los datos son representados en cuadrados de 3° por 3°, lo que significa que cada cuadrado cubre un área mayor y la imagen de los datos es menos precisa. Por ello, los cálculos sobre los datos tomados del mapa serán sólo aproximados.

Todas las características mencionadas anteriormente proporcionan fuerza a las visualizaciones, comunicando información de manera que permita comprender los datos y el mundo para resolver problemas. En esta actividad se utilizarán las visualizaciones para considerar la relación entre altitud y temperatura, posteriormente se calculará el gradiente según nos movemos desde la costa del Océano Índico al Himalaya.

El *gradiente* es la tasa a la que cambia la temperatura del aire con el incremento de altitud. Si ha escalado alguna vez un cerro o una montaña, quizá haya sentido el descenso de temperatura: Hace más frío según se asciende.

Los científicos calculan el gradiente como la tasa a la cual disminuye la temperatura según se asciende. El valor procede de sondas meteorológicas dotadas de instrumentos envidados a la atmósfera que miden la temperatura, la presión del aire y la humedad. La ubicación de estas sondas está registrada y la información que toman (junto con su posición) se envía a una estación terrestre. Usando las mediciones de estos dispositivos y modelos meteorológicos, los científicos han calculado un gradiente teórico constante de 9,8°C por km de altitud.

El gradiente real puede diferir del gradiente teórico constante por varias razones. Por ejemplo, el gradiente varía dependiendo de si el aire es más húmedo en lugar de seco. Si el suelo está seco, no se produce un enfriamiento cerca de la superficie por evaporación. Esto puede dar lugar a temperaturas muy cálidas cerca de la superficie, que rápidamente se enfrían según aumenta la altitud. El aire húmedo cambia de temperatura más lentamente según se condensa el agua (y forma gotitas o rocío). La energía almacenada en el

vapor de agua se libera cuando se condensa, aumentando así la temperatura. Como resultado, el gradiente medio del aire húmedo es sólo de unos 5,4°C por km, muy diferente del gradiente teórico constante de 9,8°C por km.

Preparación

Reparta lápices de colores (u otros medios para colorear) a cada pareja de alumnos. Reparta una copia de la *Hoja de Trabajo*. Haga una transparencia en color de la Figura AT-V-1, o búsquela en el sitio Web de GLOBE para proyectarla en clase.

Qué Hacer y Cómo Hacerlo

Siga los siguientes tres pasos:

1. Debate en clase para orientar sobre las visualizaciones de la Figura AT-V-1.
2. Análisis en grupos y solución de problemas.
3. Debate en clase para reflexionar sobre el uso de las visualizaciones.

Paso 1. Debate en Clase: Orientación Sobre la Altitud y la Temperatura

Este debate orientará al alumnado en el uso de visualizaciones. Observando varias visualizaciones de altitud y temperatura, aprenderán a manejar una visualización y estarán preparados para continuar con el segundo paso, la resolución de problemas.

Presente la utilidad de las visualizaciones como herramienta para dar sentido a los datos.

- Pida al alumnado que observe sus *Hojas de Trabajo*, que contienen visualizaciones que colorearán. Cada una es una serie de números en celdas que representa un área de 3° x 3°. La primera tabla muestra la altitud media de cada celda; la segunda muestra la temperatura media de Julio de 1987 para cada celda. Es difícil encontrar patrones observando tantos números. Esta actividad empleará *visualizaciones en color* para destacar los patrones de los datos. Por supuesto, visualizar los datos mediante colores es sólo una alternativa. Por ejemplo, la altitud puede mostrarse también como en los mapas topográficos, que utilizan curvas de nivel en lugar de colores.

Oriente al alumnado sobre las visualizaciones relacionando los colores con fenómenos mundiales: ¿Qué significan realmente los datos?

- En la visualización Altitud terrestre y profundidad oceánica (Figura AT-V-1A), pida al alumnado que localice las regiones que están coloreadas en blanco y discutan sobre lo que esas áreas tienen en común. Se darán cuenta de que estas áreas son las más elevadas. Después ayúdales a identificar por qué esas áreas son tan altas: la explicación obvia será que hay cadenas montañosas en esas áreas (por ejemplo, los Andes en Perú, las Rocosas en los EEUU y el Himalaya en Asia). Sin embargo, en algunos casos la altitud es debida a gruesas capas de hielo (por ejemplo en la Antártida y Groenlandia).
- El alumnado puede estar confuso inicialmente sobre qué representan exactamente los colores en esta visualización. Por ejemplo, pueden estar familiarizados con visualizaciones de los periódicos, y podrían interpretar azul como frío y rojo como calor. Algunos también podrían interpretar azul como agua más que como profundidad del océano. Refuerza la importancia de orientar el uso de la información según la leyenda y las claves en las visualizaciones.
- Otros elementos que llevan a confusión en muchas visualizaciones son, la resolución y la proyección. En la Figura AT-V-1A, la Resolución es 1° cuadrado (en la Hoja de Trabajo las visualizaciones que los alumnos colorearán y analizarán, la resolución es 3°x3°; será importante que comprendan lo que ello implica en la precisión de los datos). La Proyección es cómo se muestra la forma esférica de la Tierra en una superficie plana, produciéndose distorsiones de tamaño, forma y distancia. En la Figura AT-V-1, los cuadrados de 1° se determinan por una cuadrícula regular, espaciando más que representando las características geográficas reales. El área real de cada cuadrado es variable dependiendo de la latitud; esto puede ser confuso en los polos, por ejemplo, donde la Antártida aparece como una gran área horizontal. Puede ser útil para comparar el tamaño del continente como se representa aquí con su proyección sobre un globo.

Discutir sobre el uso estratégico del color en las visualizaciones.

- La idea de las *cotas* se introdujo en la sección Antecedentes y se debería ilustrar mediante un debate aquí. Por ejemplo, el mapa de temperatura superficial muestra valores bajo el punto de congelación (es decir, bajo 0°C), con tonos azules y los valores sobre el punto de congelación con tonos naranjas y rojos, facilitando saber de un vistazo dónde las temperaturas son inferiores al punto de congelación y dónde no.
- En la siguiente actividad, se colorearán las visualizaciones en las *Hojas de Trabajo*, utilizando colores de forma que se muestren los patrones de los datos.

Paso 2. Resolución de Problemas en Grupo

El tamaño de grupo recomendado para esta actividad es por parejas.

La *Hoja de Trabajo* del alumno abarca el proceso de selección de los colores de las visualizaciones y el proceso de coloreo. La sección título proporciona un ejemplo de cómo se verían las visualizaciones completas.

La *Hoja de Trabajo* primero pide elegir combinaciones de color y colorear las visualizaciones. La *Hoja de Trabajo* sugiere que usen 1.500m como “cota” a la altura a la que las montañas comienzan. Hay otros valores posibles que podrían representar la altitud mínima de las montañas, pero usar 1.500m va bien con los datos de esta visualización. Para la temperatura, el alumnado tendrá que calcular el rango completo de temperaturas representado (desde una mínima de 1°C a una máxima de 36°C) y dividirlo en 4 rangos relativamente iguales para su combinación de color.

Cuando se hayan coloreado las visualizaciones, se estará preparado para utilizarlas en la resolución de problemas: Se estudiará la relación entre la variación en la altitud y el cambio de temperatura. En general, el cambio en la temperatura que se produce por el cambio de altitud se llama gradiente. El Himalaya es un buen lugar para investigar este fenómeno, dado que las variaciones son muy drásticas. Se

obtendrá empíricamente el gradiente calculando la variación que se produce entre dos puntos de las visualizaciones. El cálculo del gradiente implica el uso de ratios y números negativos; el alumnado puede necesitar ayuda en estos cálculos, dependiendo de sus conocimientos previos en matemáticas. Asegúrese de que comprenden que la visualización de altitud utiliza como unidad el *metro*, y la unidad comúnmente aceptada para el gradiente es °C por kilómetro; el alumnado tendrá, por lo tanto, que multiplicar la proporción calculada por 1000. El gradiente calculado será por lo general un número negativo, ya que la temperatura *disminuye* conforme la altitud *aumenta*. Para muchos estudiantes este es un concepto confuso que puede explicarse para toda la clase.

Las respuestas que se obtendrán variarán dependiendo de las cuadrículas que elijan. Los valores de gradiente probablemente sean más bajos que el gradiente medio comúnmente aceptado de 9,8°C por km. de altitud. El gradiente teórico se calcula muestreando la temperatura del aire en ascensos verticales sobre la Tierra. En contraposición, el alumnado está trabajando con temperaturas del aire superficiales que se ven influidas por varios factores, incluyendo la absorción de radiación solar por parte de la superficie. Por ejemplo, si se libera una sonda meteorológica a nivel del mar, la temperatura que se medirá a 1km de altitud será inferior que la temperatura a nivel del suelo en una montaña cercana a una altitud de 1 Km.

Probablemente el alumnado necesitará ayuda con la pregunta 8, que les pide especular sobre por qué han obtenido un gradiente diferente al de sus compañeros de clase que eligieron diferentes cuadrículas. Muchas razones posibles son válidas. El factor más importante es la resolución de la cuadrícula: cada una contiene la altitud o la temperatura media de una gran área y, por ello, los valores no son tan precisos como los puntos ascendiendo una montaña. El gradiente también se ve afectado por factores ambientales tales como la humedad, que a su vez se ve afectada por la proximidad al océano. Si sus estudiantes están confundidos, puede hacer un debate sobre estos temas.

Paso 3. Debate en Clase

Cierre la clase con una breve discusión sobre la utilidad de las visualizaciones en color para ver patrones de los datos. Esto es una buena oportunidad para relacionar la herramienta de visualización con los datos GLOBE que se están tomando: ¿para qué tipos de análisis sobre datos GLOBE podría servir esta herramienta? ¿Puede ayudar a responder alguna pregunta sobre su ambiente local y cómo se identifica con los sistemas terrestres?

Investigaciones Posteriores

Estas investigaciones ofrecen maneras para conectar esta actividad con los datos GLOBE, y posiblemente con su propio centro escolar.

1. Utilice la página de visualizaciones del sitio Web de GLOBE para investigar las relaciones altitud-temperatura de los centros GLOBE que han enviado datos; lo ideal sería encontrar un centro para comparar con el suyo. Esta comparación es mejor con centros que envían datos de temperatura frecuentemente; y que están a una latitud similar a la suya (o a las otras) pero a diferentes altitudes. Busque primero centros que hayan enviado al menos 1.000 puntos de temperatura del aire, y limite la búsqueda mediante restricciones de latitud de la página de búsqueda. Utilizar una amplia búsqueda al principio puede ayudar a localizar dos centros para su posible comparación. Clasificar la lista resultante por latitud puede ayudarle a examinar visualmente la lista para buenos candidatos. Seleccione dos centros y haga un gráfico de sus temperaturas, seleccionando *temperatura media* como parámetro del gráfico. Examine visualmente el gráfico para encontrar un año que tenga registrado un buen conjunto de temperaturas para ambos centros y haga un gráfico sólo de ese año.

Desde la página de gráficos, se pueden *mostrar los datos* de un mes. El alumnado puede tomar una tabla de temperaturas medias de un mes de cada centro, hallar la media mensual y calcular el gradiente de los dos centros. Una vez más, es probable que el gradiente resultante difiera del teórico medio o de los calculados por el alumnado en la *Hoja de Trabajo* con los datos del Himalaya. El gradiente real está influido

por muchos factores, por lo que esto es una oportunidad para hablar sobre las influencias locales y globales en las temperaturas locales.

2. También se puede comparar visualmente altitud y temperatura mediante las páginas *Imagen de la Hoja de Datos* del Sitio Web de GLOBE. Después de haber seleccionado uno o más centros para investigar, utilice el servidor para ver el mapa de uno de los centros, y después seleccione *Imagen de la Hoja de Datos*. Esto creará una hoja de datos con el mapa en cuatro casillas. Utilice la flecha para seleccionar el conjunto de datos de *Temperatura Media* o los *Datos Geofísicos* y Redibuje. Verá la temperatura en una fila y la altitud / profundidad en otra. Las columnas muestran diferentes meses, y se pueden seleccionar diferentes valores para ver la relación entre altitud y temperatura en fechas diferentes.
3. Use la página de Visualizaciones del Servidor Web de GLOBE para permitir al alumnado cambiar la combinación de color y el rango de una visualización. Siempre que se observe una visualización se tiene la opción de cambiar la barra de colores. Usando esta opción, se puede experimentar con una variedad de valores límite y ver los efectos de diferentes combinaciones de color. Por ejemplo, se pueden encontrar un mapa de temperatura superficial global actual en el sitio Web de GLOBE y cambiar su combinación de color a una compuesta sólo por azules y rojos, similar a la de la Figura AT-V-1B. Después se pueden cambiar los valores de los límites de colores. La visualización se redibujará de manera que las partes del mundo que son más cálidas que la temperatura límite son rojas y las partes que son más frías se mostrarán en azul.
4. Otras actividades GLOBE enlazan bien con esta. La actividad *Creando Visualizaciones Personalizadas* es útil antes o después de ésta para proporcionar al alumnado la experiencia de diseñar sus propias visualizaciones. Además, hay otras actividades de visualización en el capítulo de

La Tierra como Sistema que se añade al enfoque desarrollado aquí.

Recursos

Generalmente los atlas contienen recopilaciones de visualizaciones útiles.

El Servidor Web de GLOBE contiene abundantes visualizaciones, incluyendo visualizaciones en 3D. Además, hay muchos sitios de organizaciones científicas con excelentes visualizaciones tales como la NASA y la NOAA donde se pueden examinar visualizaciones y analizar los datos subyacentes.

La parte de *Teledetección* del video *Cobertura Terrestre de GLOBE* proporciona una buena explicación de lo que es resolución, mostrando un ejemplo de un aeropuerto aumentando la resolución hasta que se hace reconocible.

Aprendiendo a Usar Visualizaciones

Hoja de Trabajo

Nombre _____

En esta actividad se crearán visualizaciones y se utilizarán como ayuda para comprender la relación entre la altitud y la temperatura.

Parte A: Creando Visualizaciones

La última página de esta *Hoja de Trabajo* proporciona dos tablas de números: altitudes (en metros) y temperaturas (en °C). Estos números están *espacialmente distribuidos*: cada uno representa el valor medio para un área de tierra de 3° x 3° en el sur de Asia (3° de latitud por 3° de longitud). El primer objetivo es identificar aproximadamente el borde sur del Himalaya, las montañas más altas de la Tierra, a partir de estas tablas convirtiéndolas en una visualización que pueda ayudarle a solucionar algunas interrogantes.

1. Elija una combinación de color para la altitud. Cuando se eligen colores para mostrar dónde comienzan las montañas, es útil usar cotas o valores de referencia. Un valor de referencia es un punto en una escala de color en el que el valor sufre un cambio característico. En este ejemplo, se usa 1.500m como cota a la que comienzan las montañas.

Elija cuatro colores para esta visualización, e identifique los rangos de elevación que cada uno de ellos representa. Asegúrese de que el valor de referencia 1500 m es límite entre dos de ellos. Querrá dejar claro en qué celdas están las montañas y en cuales no, por lo que se deben seleccionar colores muy diferentes —con alto grado de contraste entre sí— para valores sobre y bajo 1500 m.

Coloree la escala que se encuentra bajo el mapa de altitud.

2. Elija una combinación de color para la temperatura. No hay un valor de temperatura evidente que indique dónde comienzan las montañas, por lo que hay que seleccionar cuatro rangos que sean de igual tamaño (es decir, que cada rango contenga el mismo número de grados). De nuevo, cree la escala de color en el mapa para mostrar lo que representan los colores elegidos.
3. Coloree las visualizaciones. Utilizando las combinaciones de color elegidas, coloree las *Visualizaciones de Altitud y Temperatura*.

Parte B: Orientar y Resolver Problemas con Visualizaciones

4. En la *Visualización Altitud* dibuje el límite sur del Himalaya, siguiendo la línea de la cuadrícula.
5. La mayor altitud del mapa son 5300 metros, pero la montaña más alta del mundo (El Everest) tiene 8800 metros, y en su mapa se encuentra en el Himalaya. Explique esto considerando la *resolución* del mapa.

6. ¿Puede dibujar el límite del Himalaya usando sólo la *Visualización Temperatura* de la *Hoja de Trabajo 1*?
 ¡Inténtelo! ¿Cuánto se aproxima su dibujo al límite que trazó en la pregunta 4?

Explique por qué es posible hacer una aproximación del límite de la cordillera montañosa usando únicamente los datos de temperatura.

7. La tasa a la que decrece la temperatura según se sube una montaña o se asciende en la baja atmósfera se llama *gradiente*. Para calcular el gradiente, seleccione dos cuadrados de la malla que estén uno junto al otro pero que tengan altitudes diferentes. Encuentre estos cuadrados de temperatura. Calcule el gradiente, como la variación en la temperatura dividida entre la variación en la altitud.

□

$$\frac{\Delta T}{\Delta E} = \frac{\text{variación en la temperatura}}{\text{variación en la altitud}}$$

Obtendrá un valor negativo para ΔT (la variación de temperatura) o ΔE (la variación de altitud). Por ejemplo, si el mapa de temperatura muestra que el cuadrado A es 4°C y que el B es 16°C , y el mapa de altitud muestra que el cuadrado A es 5200m y el B es 2300m , entonces el gradiente es:

$$\frac{\Delta T}{\Delta E} = \frac{4^{\circ}\text{C} - 16^{\circ}\text{C}}{5200\text{m} - 2300\text{m}} = \frac{-12^{\circ}\text{C}}{2900\text{m}} = \frac{-12}{2,9} \times \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Km}} \approx 4 \times \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Km}}$$

Esta proporción significa que por cada kilómetro que se asciende, la temperatura disminuye 4°C y, por ello, por cada kilómetro que se descienda, la temperatura aumentará 4°C .

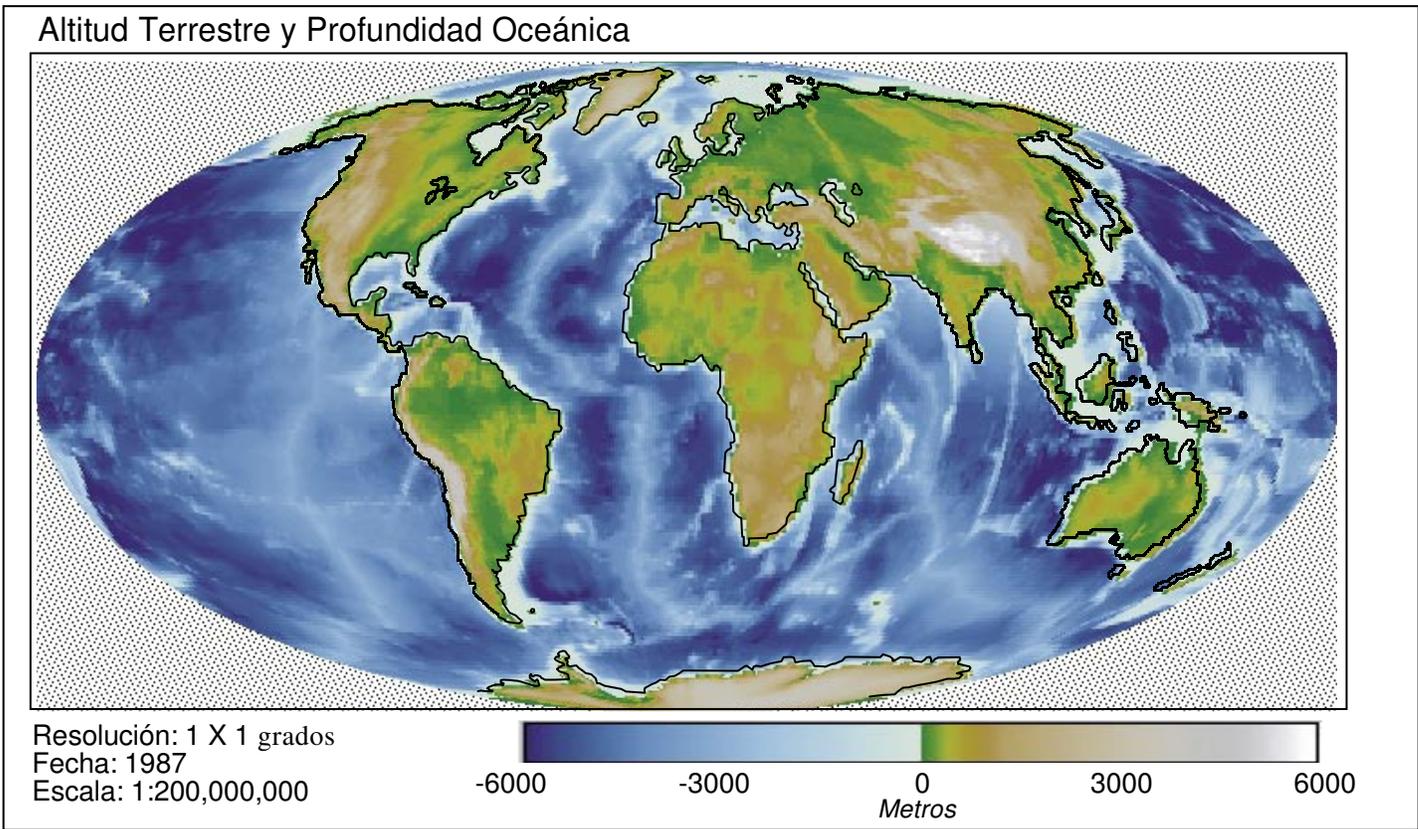
Calcule el gradiente para los dos cuadrados que eligió:

$$\frac{\Delta T}{\Delta E} =$$

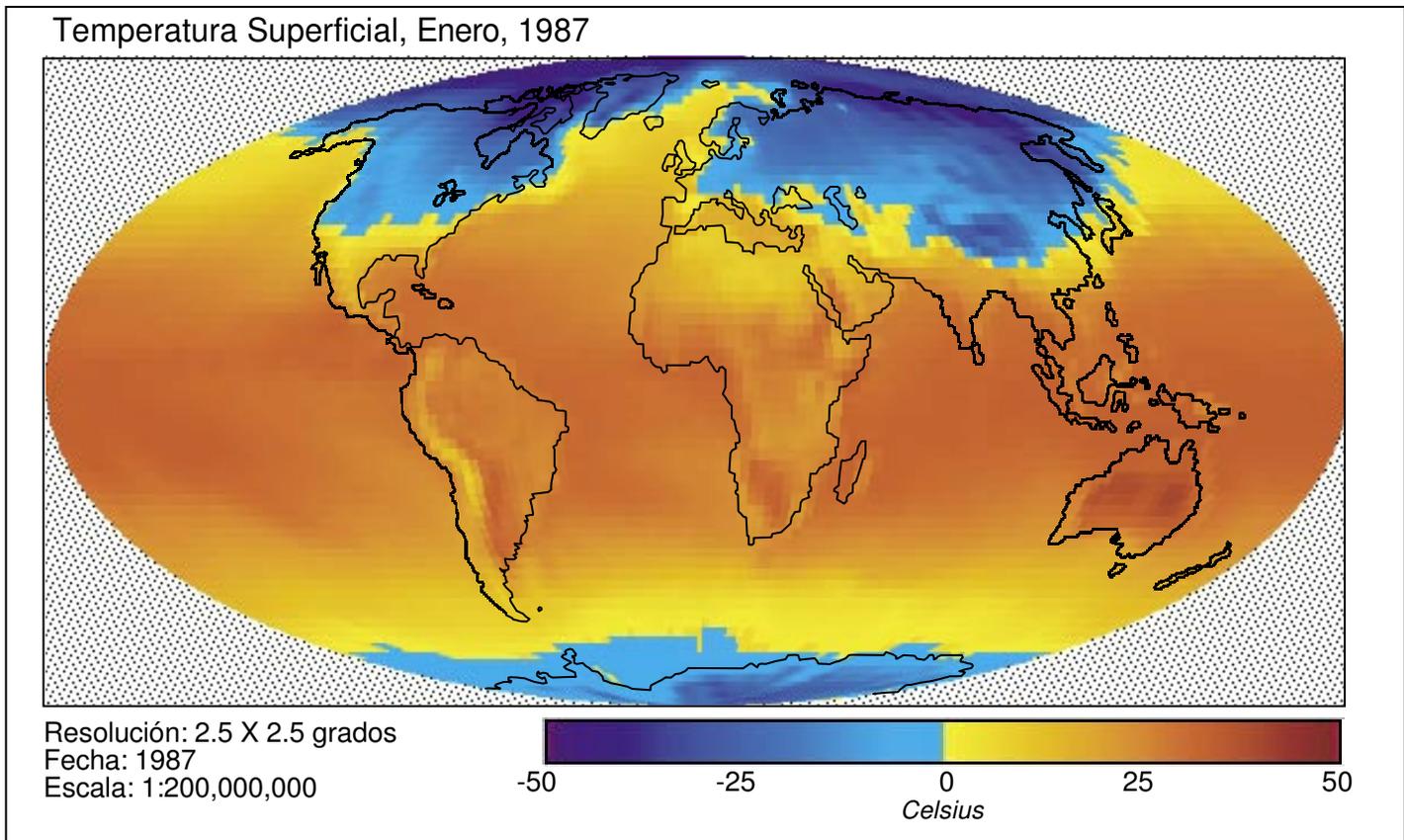
8. Compare su respuesta con la de otro equipo. ¿Obtuvo el mismo resultado? Si sus respuestas difieren, ¿cuáles pueden ser algunas de las razones?

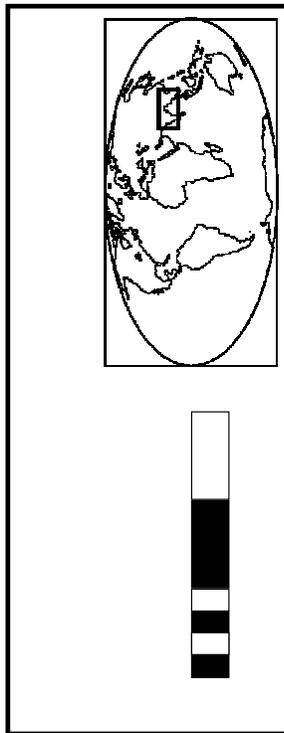
Figura AT-V-1

A. Altitud Terrestre y Profundidad Oceánica: Visualización de la Altitud Terrestre Sobre y Bajo el Nivel del Mar

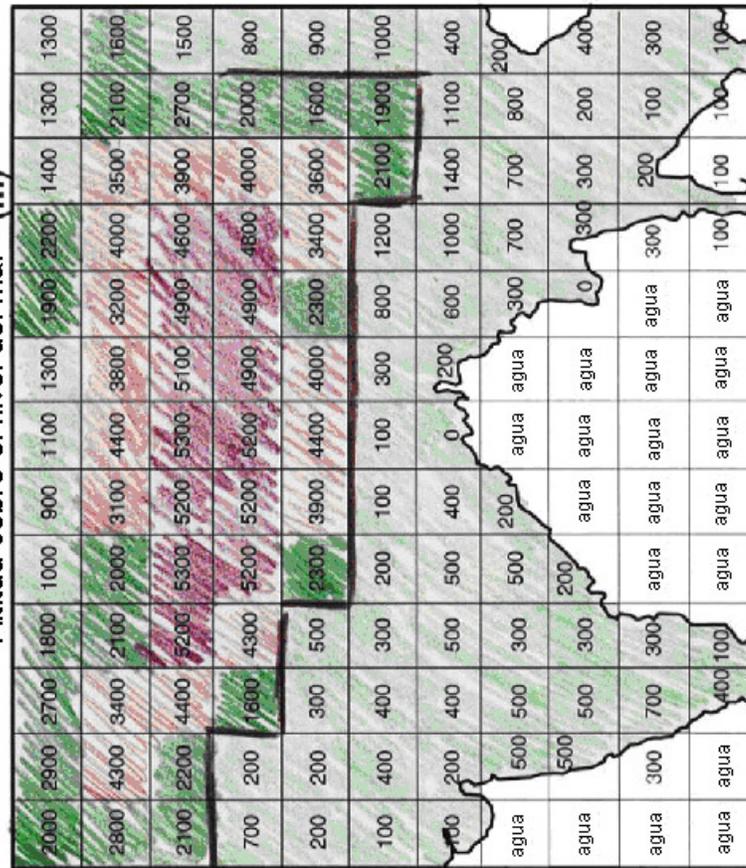


B. Temperatura Superficial: Visualización de la Temperatura de la Superficie de Tierra y Océanos en la Tierra en Julio 1987

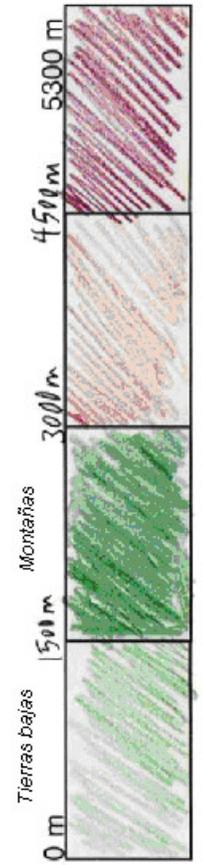




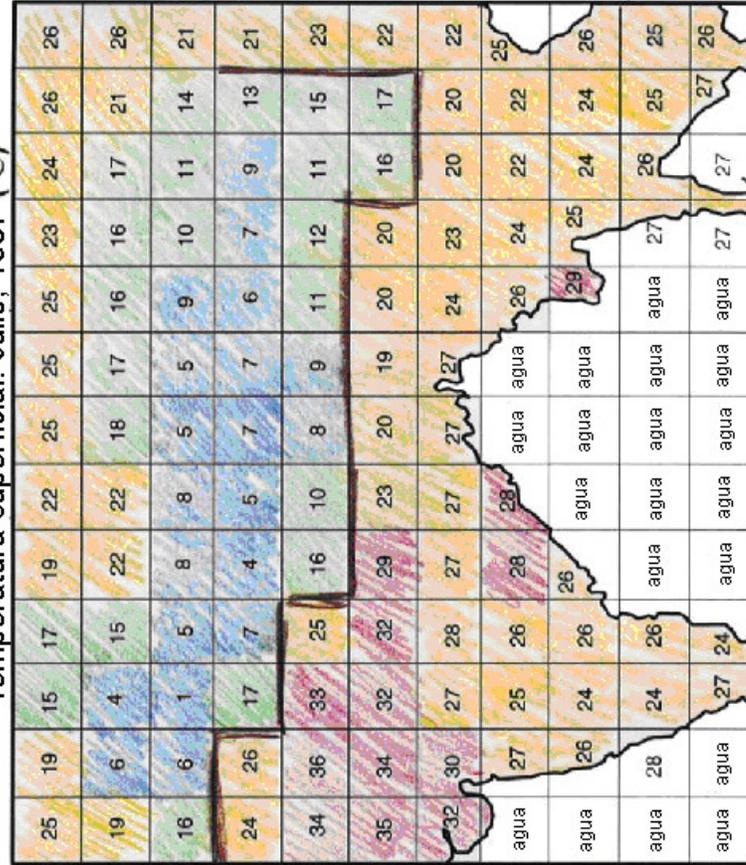
Altitud sobre el nivel del mar (m)



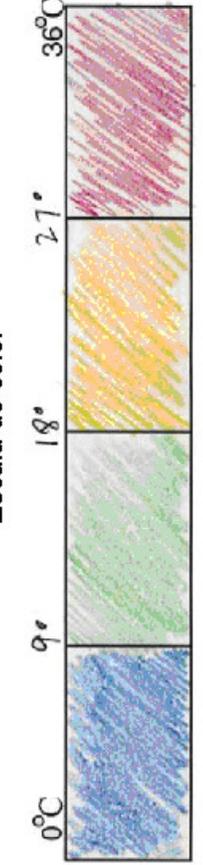
Escala de color

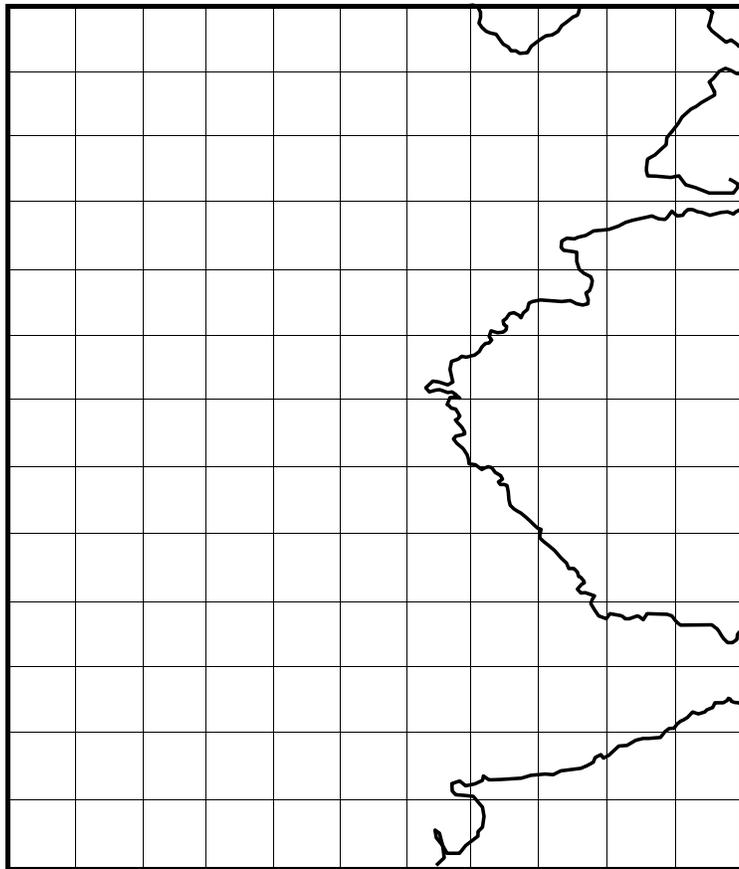
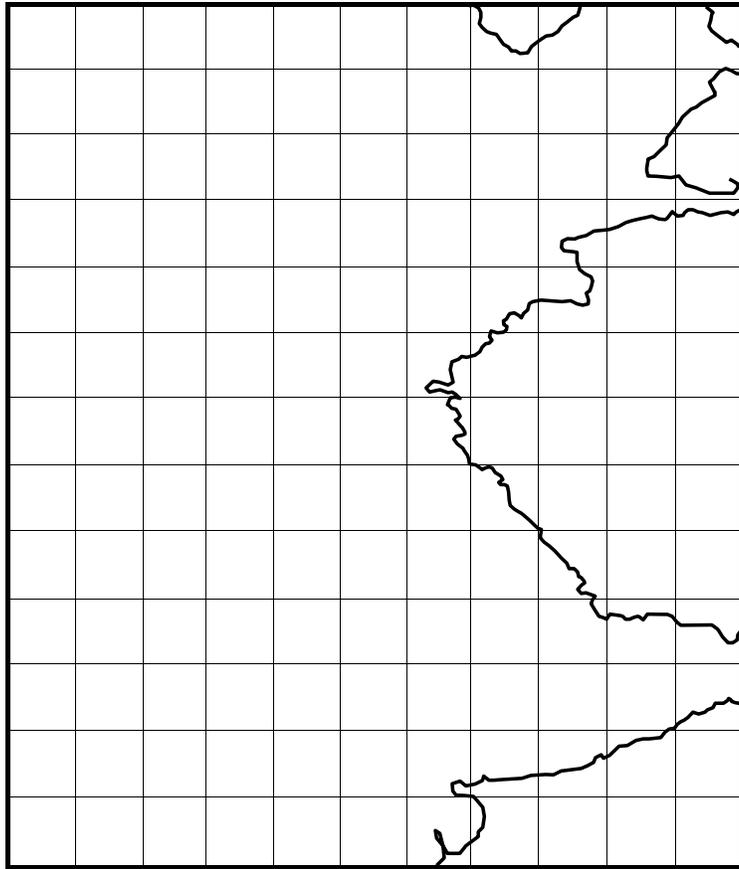
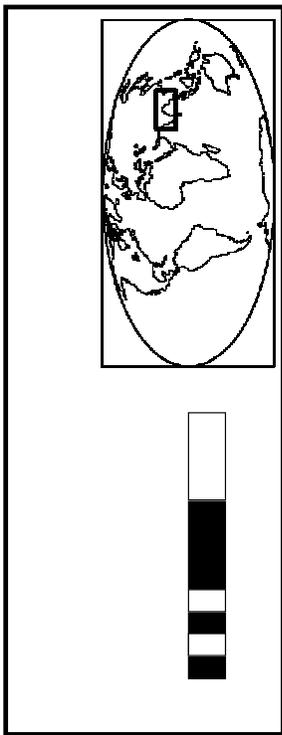


Temperatura superficial: Julio, 1987 (°C)



Escala de color





◇

◇

Aprendiendo a Usar Visualizaciones

Título

Para cada uno de los criterios de las siguientes páginas, se evaluará el trabajo del alumnado utilizando las puntuaciones y los estándares que se indican a continuación:

3 = Muestra clara evidencia de alcanzar o superar el objetivo deseado

2 = Fundamentalmente alcanza el objetivo deseado

1 = Alcanza algunas partes del objetivo, pero necesita mejorar

0 = La respuesta está en blanco, es completamente arbitraria o inapropiada

1. Creación de visualizaciones

A. Asignación de valores de referencia y combinaciones de color

Puntuación	Descripción
3	Las visualizaciones tienen combinaciones de colores útiles que muestran patrones importantes de los datos subyacentes e incorporan valores de referencia, según se ve en la leyenda de color. La combinación de color para la visualización de altitud utiliza un valor de referencia de 1500 m. para las montañas; la transición del color es significativa en este punto (ver el ejemplo). La combinación de color para la visualización de temperatura divide el rango en cuatro segmentos aproximadamente iguales o en otra división razonable.
2	Las visualizaciones tienen combinaciones de color fáciles de apreciar pero la combinación de color para la altitud falla al indicar una importante transición en los 1500m, o la combinación de color de la temperatura no distribuye los rangos en partes iguales.
1	No se usan valores de referencia; los colores parecen elegidos al azar.
0	La leyenda de colores está en blanco o es confusa.

B. Coloreado de la visualización

Puntuación	Descripción
3	Los colores se asignan correctamente conforme a la combinación de color de la leyenda; la visualización está cuidadosamente coloreada.
2	Todos los cuadrados con un valor numérico están bien coloreados; pero el trabajo está descuidado, disminuyendo el poder comunicativo de la visualización.
1	Las cuadrículas están coloreadas incorrectamente o de manera tan descuidada que no se puede determinar la precisión.
0	Ambas visualizaciones están en blanco, o no se han coloreado siguiendo las combinaciones de colores asignadas.

2. Orientación y resolución de problemas con visualizaciones.

A. Dibujar el límite sur del Himalaya en la visualización de altitud

Puntuación	Descripción
3	El trabajo del alumno/a muestra la comprensión del problema y cómo localizar y utilizar datos e información apropiados de la visualización para resolver el problema. Ha dibujado claramente un límite sur para el Himalaya, y este límite parece haber sido seleccionado a partir de cotas o valores de referencia o una transición de color de valores significativos. Ver ejemplo.
2	El trabajo del alumno/a muestra la comprensión del problema, pero podría indicar algunos problemas bien en la obtención de los datos apropiados a partir de la visualización o bien usando los datos para resolver el problema. Se podría haber dibujado un límite norte, o un límite no basado en valores de referencia o una significativa transición de los colores
1	El trabajo del alumno/a muestra poca comprensión del problema y/o de cómo resolverlo, pero el trabajo se ha intentado. Podría haber intentado utilizar la visualización para dibujar el límite, pero no utiliza un límite basado en valores de referencia o una transición de color de valores significativos, y tiene dificultad para seleccionar un límite consistente. El límite parece haber sido dibujado sin utilizar una escala de color o valores numéricos en los recuadros.
0	El límite sur no está dibujado; no hay evidencia de la comprensión del problema y/o el uso de la visualización por parte del alumno/a.

B. Explicación del concepto de resolución

Puntuación	Descripción
3	Se da una respuesta que muestra una clara comprensión del concepto de resolución. El alumno/a expone que el número de cada cuadro es una media de todas las altitudes de la cuadrícula, más que un valor alto o bajo y, por ello, un punto elevado como el Everest quedaría enmascarado.
2	La respuesta muestra comprensión de diferentes altitudes a nivel del suelo y de resolución, pero el alumno/a no expone el número de cada cuadro como una media de todas las altitudes de la cuadrícula.
1	La respuesta muestra cierta comprensión del concepto de resolución, pero es vago o no relaciona el concepto con la cuestión planteada.
0	La respuesta está en blanco, es arbitraria o inapropiada.

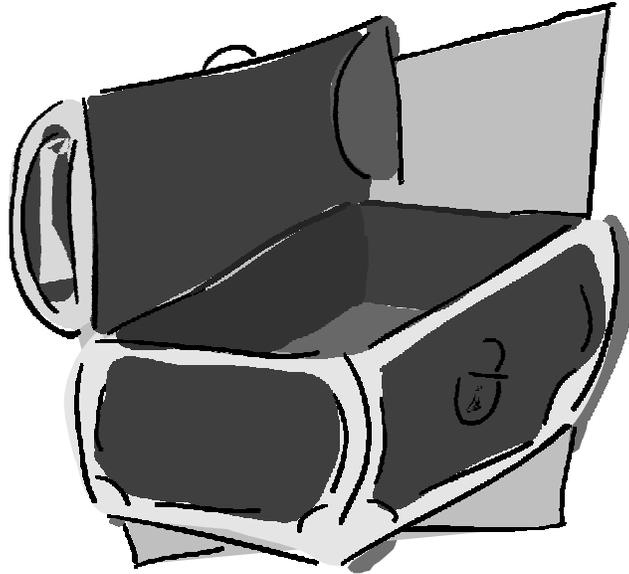
C. Creación del límite sur del Himalaya a partir de la visualización de temperatura y comparación de los resultados con la visualización de altitud.

Puntuación	Descripción
3	El trabajo del alumno/a muestra comprensión del problema y cómo encontrar y utilizar información y datos apropiados a partir de la visualización para resolver el problema. El alumno/a ha dibujado claramente un límite sur para el Himalaya, y este límite parece haber sido seleccionado a partir de cotas o valores de referencia o una transición de color de valores significativos. El alumno/a ha escrito una corta frase describiendo con precisión una comparación entre los límites de la visualización de temperatura y de altitud. Ver el ejemplo de las visualizaciones. Tenga en cuenta que en este ejemplo, los límites son parecidos pero no idénticos. Esto se debería contemplar en la descripción, con una explicación (por ejemplo, no se espera una correlación perfecta porque muchos factores influyen sobre la temperatura local además de la altitud, y la resolución es demasiado imprecisa para esperar que se muestren las transiciones de manera precisa).
2	El trabajo del alumno/a muestra comprensión del problema, pero podría indicar algunos problemas bien en la obtención de datos apropiados a partir de la visualización o en el uso de los datos para resolver el problema. El alumno/a podría haber dibujado un límite norte, o un límite no basado en cotas o valores de referencia, o en una transición de color de valores significativos. Se proporciona cierta explicación, pero la justificación de las diferencias es imprecisa o vaga.
1	El trabajo del alumno/a muestra poca comprensión del problema y/o de cómo resolverlo, pero se ha intentado. Podría haber intentado utilizar la visualización para dibujar el límite, pero no usa un límite basado en valores de referencia o en una transición de color de valores significativos, y tiene dificultad para elegir un límite coherente. La explicación es imprecisa o falta.
0	El límite sur no está dibujado, lo que muestra que el alumno/a no comprende el problema y/o el uso de la visualización.

D. Calculando el gradiente y explicando las diferencias

Puntuación	Descripción
3	El gradiente está correctamente calculado y expresado en las unidades correctas (°C por kilómetro). Se eligieron dos cuadrados próximos entre sí y se calcularon correctamente la diferencia y la ratio. La explicación de las diferencias se basa en conceptos de resolución o en factores locales que podrían influir sobre el gradiente.
2	El gradiente está correctamente calculado, pero no expresado en las unidades correctas, o pequeños errores de cálculo han dado lugar a una respuesta incorrecta. Se ha intentado dar una explicación que indica cierta comprensión del gradiente, pero sin observar los factores específicos que podrían explicar las diferencias.
1	El gradiente está mal calculado, faltan las unidades o son incorrectas; falta la explicación o es incorrecta.
0	La respuesta está en blanco, es arbitraria o inapropiada.

APÉNDICE



Hoja de Definición del Sitio

Hoja de Datos de Medición de Nubes-1

Hoja de Datos de Medición de Nubes-7

Hoja de Datos Integrada 1-día

Hoja de Datos Integrada 7-días

Hoja de Datos de Aerosoles

Hoja de Datos de Vapor de Agua

Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital de Máx/Mín

Hoja de Datos Multi-Día Máx/Mín Digital

Hoja de Datos de Temperatura Superficial

Hoja de Datos de Ozono

Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica

Observación del Tipo de Nubes

Glosario

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Definición del Sitio

Nombre del Centro: _____ Nombre de la clase o del grupo: _____

Nombre(s) del alumno(s) que llena la hoja de datos de definición del sitio: _____

Fecha: _____ Elige una: Nuevo sitio Actualización de los metadatos

Nombre del sitio (nombre único para el sitio): _____

Localización: Latitud: _____ ° N S Longitud: _____ ° E W

Altitud: ____ metros

Fuente de los datos de ubicación (elige una): GPS Otra _____

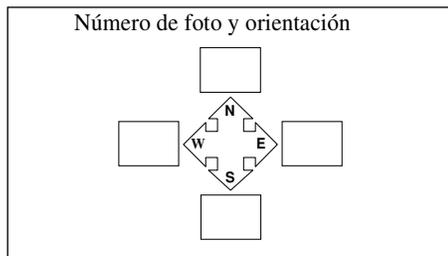
Obstáculos (Elige uno): Sin obstáculos Obstáculos (describir abajo)

(Obstáculos son: árboles, edificios, etc., que aparecen sobre 14° de altitud cuando se visualizan desde el sitio.)

Descripción: _____

Edificios en un área de 10 metros de la caseta meteorológica (Elige uno): Sin edificios Edificios (describir abajo)

Descripción: _____



Otros datos del sitio:

Mayor pendiente: _____ Ángulo de la brújula (mirando hacia la pendiente): _____

Altura de la parte más alta del pluviómetro: ____cm

Altura del sensor o del bulbo del termómetro de máx/mín: _____cm

Altura del clip de la tira de medición del ozono: _____cm

Cobertura superficial bajo la caseta meteorológica (Elige uno): Cemento Suelo desnudo

Hierba corta (< 10 cm) Hierba alta (> 10 cm) Tierra Tejado (describir abajo)

Otros (describir abajo)

Descripción: _____

Comentarios globales sobre el sitio (metadatos): _____

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos de Medición de Nubes -1

Nombre del Centro: _____

Nombres de los observadores: _____

Fecha: Año ____ Mes ____ Día ____ Sitio de estudio: ATM- _____

Hora local (hora:min): _____ Hora Universal (hora:min): _____

Tipo de nubes

Altas (en el cielo):

(Marca todos los tipos que se vean)



Cirros



Cirrocúmulos



Cirroestratos

Medias (en el cielo):

(Marca todos los tipos que se vean)



Altoestratos



Altocúmulos

Bajas (en el cielo):

(Marca todos los tipos que se vean)



Estratos



Estratocúmulos



Cúmulos

Nubes que producen lluvia o nieve

(Marca todos los tipos que se vean)



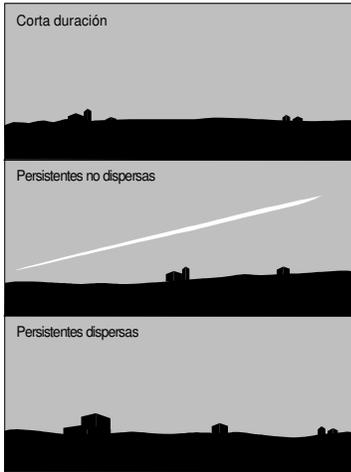
Nimboestratos



Cúmulonimbos

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Tipos de estelas de condensación (Anota el número de cada tipo observado)



Estelas de condensación de corta duración

¿Cuántas se ven? _____

Estelas de condensación persistentes no dispersas

¿Cuántas se ven? _____

Estelas de condensación persistentes dispersas

¿Cuántas se ven? _____

Si se puede ver tres cuartos o más del cielo:

Cobertura de nubes (Marca una)



Sin nubes

0%-Sin nubes



Despejado

<10% Nubes



Nubes aisladas

10-25% Nubes



Nubes dispersas

25-50% Nubes



Roto

50-90% Nubes



Cubierto

>90%

Cobertura de estelas de condensación (Marca una)

Sin estelas de condensación (0%)

0-10%

10-25%

25-50%

>50%

Si la visibilidad de un cuarto del cielo o más está obstaculizada: *Oculto* Marca aquí



¿Por qué está obstaculizada la visibilidad del cielo? (Marca todas las opciones aplicables)



Ventisca



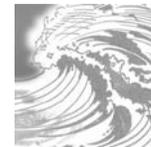
Nieve intensa



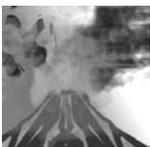
Lluvia intensa



Niebla



Bruma



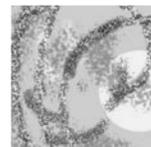
Cenizas volcánicas



Humo



Polvo



Arena



Calima

Comentarios: _____

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos de Medición de Nubes-7

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-_____

Día de la semana							
Fecha							
Hora local (hora:min)							
Hora Universal (hora:min)							
Nombres de los observadores							

Tipos de Nubes *(Marca todos los tipos que se vean)*

Cirros	<input type="checkbox"/>						
Cirrocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cirroestratos	<input type="checkbox"/>						
Altoestratos	<input type="checkbox"/>						
Altocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cúmulos	<input type="checkbox"/>						
Nimboestratos	<input type="checkbox"/>						
Estratos	<input type="checkbox"/>						
Estratocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cumulonimbos	<input type="checkbox"/>						

Tipos de Estelas de Condensación *(Anota el número de cada tipo que se observa)*

Corta duración							
Persistentes no dispersas							
Persistentes dispersas							

Cobertura de Nubes *(Marca una- si no está oculto)*

Sin nubes (0%)	<input type="checkbox"/>						
Despejado (0% - 10%)	<input type="checkbox"/>						
Nubes aisladas (10% -	<input type="checkbox"/>						
Nubes dispersas (25% -	<input type="checkbox"/>						
Roto (50% - 90%)	<input type="checkbox"/>						
Cubierto (90% - 100%)	<input type="checkbox"/>						
Cielo oculto	<input type="checkbox"/>						

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos Integrada 1-Día

Nombre del Centro: _____

Nombres de los observadores: _____

Fecha: Año _____ Mes _____ Día _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Hora local (hora:min): _____ Hora Universal (hora:min): _____

Tipos de Nubes (Marca todos los tipos que se vean)

Altas: Cirroestratos Cirros Cirrocúmulos

Medias: Altoestratos Altocúmulos

Bajas: Estratos Estratocúmulos Cúmulos

Nubes que producen lluvia: Nimboestratos Cúmulonimbos

Tipos de Estelas de Condensación (Anota el número de cada tipo que se observa)

Corta duración _____ Persistentes no dispersas _____ Persistentes dispersas _____

Cobertura de Nubes (Marca una- si el cielo no está oculto)

Sin nubes Despejado Nubes aisladas Nubes dispersas Roto Cubierto Cielo Oculto
(0%) (0% - 10%) (10% - 25%) (25% - 50%) (50% - 90%) (90% - 100%)

Cobertura de Estelas de Condensación (Marca una- si el cielo no está oculto)

Ninguna 0-10% 10-25% 25-50% >50%

Si el Cielo está Oculto (Marca todas las opciones aplicables)

Niebla Humo Calima Ceniza volcánica Polvo Arena Bruma Lluvia intensa
 Nieve intensa Ventisca

Presión de la Estación Barométrica

Presión barométrica (mbar): _____ Presión a nivel del mar Presión en la estación

Hora local (Hora:Min)* _____

Hora universal (Hora:Min)* _____

* Si es diferente a otras mediciones

Humedad Relativa

Temperatura del bulbo seco* (°C): _____

(nota: la temperatura actual del aire y la temperatura del bulbo seco debería ser similar)

Temperatura del bulbo húmedo* (°C): _____

* sólo psicrómetro giratorio.

Humedad relativa (%): _____

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Precipitación

Número de días que ha habido precipitación: _____

Precipitación en el pluviómetro (mm)*: _____

**Recordar: introducir 0.0 cuando no se haya producido precipitación.*

Anotar M cuando haya habido precipitación pero no se pudo realizar una medición precisa.

Anotar T, de traza, si la cantidad de precipitación es inferior a 0.5 mm.

Nieve

Diariamente: Número de días en los que se ha acumulado nieve en la tabla medidora de nieve: _____

Profundidad de la nieve nueva sobre la tabla medidora de nieve* (mm): _____

Muestra 1: _____ Muestra 2: _____ Muestra 3: _____

Bloque de nieve: Acumulación total de nieve sobre el suelo (mm): _____

Muestra 1: _____ Muestra 2: _____ Muestra 3: _____

Equivalente en lluvia de:

1. La nueva nieve sobre la tabla medidora de nieve (mm): _____ 2. El bloque total de nieve sobre el suelo (mm): _____

** Recordar: Introducir 0 cuando no haya nevado.*

Introducir M si ha nevado pero no se pudo realizar una medición precisa.

Introducir T para una cantidad traza de nieve (demasiado pequeña para poder ser medida).

pH de la Precipitación

Método de medición del pH: papel pHmetro

pH de la lluvia o nieve derretida:

Muestra 1: _____ Muestra 2: _____ Muestra 3: _____ Media: _____

pH del bloque de nieve derretido:

Muestra 1: _____ Muestra 2: _____ Muestra 3: _____ Media: _____

Temperatura Máxima, Mínima y Actual

Temperatura: (°C) _____

Temperatura del aire máxima diaria: (°C) _____

Temperatura del aire mínima diaria: (°C) _____

Temperatura actual del suelo: (°C)* _____

Temperatura del suelo máxima diaria: (°C)* _____

Temperatura del suelo mínima diaria: (°C)* _____

**Nota: Las mediciones de temperatura del suelo diarias son aplicables a quienes usen un termómetro digital máx/mín con una sonda para el suelo.*

Comentarios (condiciones inusuales): _____

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos Integrada 7-Días

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-_____

Día de la semana							
Fecha							
Hora local (hora:min)							
Hora universal (hora:min)							
Nombres de los observadores							

Tipo de Nubes (Marcar todos los tipos que se vean)

Cirros	<input type="checkbox"/>						
Cirrocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cirroestratos	<input type="checkbox"/>						
Altoestratos	<input type="checkbox"/>						
Altocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cúmulos	<input type="checkbox"/>						
Nimboestratos	<input type="checkbox"/>						
Estratos	<input type="checkbox"/>						
Estratocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cúmulonimbos	<input type="checkbox"/>						

Tipos de Estelas de Condensación (Anotar el número de cada tipo observado)

Corta duración							
Persistentes no dispersas							
Persistentes dispersas							

Cobertura de Nubes (Marcar una- si el cielo no está oculto)

Sin nubes (0%)	<input type="checkbox"/>						
Despejado (0% - 10%)	<input type="checkbox"/>						
Nubes aisladas (10% -	<input type="checkbox"/>						
Nubes dispersas (25% -	<input type="checkbox"/>						
Roto (50% - 90%)	<input type="checkbox"/>						
Cubierto (90% - 100%)	<input type="checkbox"/>						
Cielo oculto	<input type="checkbox"/>						

Cobertura de Estelas de Condensación (Marcar una- si el cielo no está oculto)

Ninguna	<input type="checkbox"/>						
0-10%	<input type="checkbox"/>						
10-25%	<input type="checkbox"/>						
25-50%	<input type="checkbox"/>						
>50%	<input type="checkbox"/>						

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-_____

Si el Cielo está Oculto (Marcar todas las opciones aplicables)

Niebla	<input type="checkbox"/>						
Humo	<input type="checkbox"/>						
Calima	<input type="checkbox"/>						
Ceniza volcánica	<input type="checkbox"/>						
Polvo	<input type="checkbox"/>						
Arena	<input type="checkbox"/>						
Bruma	<input type="checkbox"/>						
Lluvia intensa	<input type="checkbox"/>						
Nieve intensa	<input type="checkbox"/>						
Ventisca	<input type="checkbox"/>						

Presión Barométrica Presión a nivel del mar Presión en la estación

Presión barométrica (mbar)							
Hora local (Hora:Min)*							
Hora universal (Hora:Min)*							

* Si es diferente de otras mediciones

Humedad Relativa

Temperatura del bulbo seco (°C) – Psicrómetro giratorio							
Temperatura del bulbo húmedo (°C) – Psicrómetro giratorio							
Humedad relativa (%)							

Precipitación

Número de días en los que se ha producido precipitación							
Precipitación en el pluviómetro (mm)*							

*Recordar: introducir 0.0 cuando no se haya producido precipitación.

Anotar M cuando haya habido precipitación pero no se pudo realizar una medición precisa.

Anotar T para traza si la cantidad de precipitación es inferior a 0.5 mm.

Precipitación Sólida

Bloque de nieve total sobre el suelo:

Profundidad muestra 1 (mm)							
Profundidad muestra 2 (mm)							
Profundidad muestra 3 (mm)							

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Precipitación Sólida (continuación)

Nieve nueva sobre la tabla medidora de nieve:

Número de días en los que se ha acumulado nieve en la tabla medidora de nieve:							
Profundidad muestra 1 (mm)*							
Profundidad muestra 2 (mm)*							
Profundidad muestra 3 (mm)*							

Equivalente en lluvia:

Equivalente en lluvia de la nueva nieve sobre la tabla medidora de nieve(mm)							
Equivalente en lluvia del bloque de nieve total sobre el suelo (mm)							

* Recordar: Introducir 0 cuando no haya nevado.

Introducir M si ha nevado pero no se pudo realizar una medición precisa.

Introducir T para una cantidad traza de nieve (demasiado pequeña para poder ser medida).

pH de la Precipitación

Método de medición del pH: papel pHmetro

pH de la lluvia o nieve derretida

pH muestra 1							
pH muestra 2							
pH muestra 3							
Media							

pH del bloque de nieve derretido

pH muestra 1							
pH muestra 2							
pH muestra 3							
Media							

Temperaturas Máxima, Mínima y Actual

Temperatura actual del aire: (°C)							
Temperatura del aire máxima diaria: (°C)							
Temperatura del aire mínima diaria: (°C)							
Temperatura actual del suelo: (°C)*							
Temperatura del suelo máxima diaria: (°C)*							
Temperatura del suelo mínima diaria: (°C)*							

*Nota: Las mediciones de temperatura del suelo diarias son aplicables a quienes usen un termómetro digital máx/mín con una sonda para el suelo.

Añadir comentarios en el reverso de esta hoja: (condiciones inusuales – fecha de los comentarios)

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos de Aerosoles

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Fecha: _____

Nombres de los observadores: _____

Para el paso del satélite en la fecha de las mediciones:

Nombre del satélite/instrumento: _____ Hora de pasada (UT): _____ Ángulo de máxima elevación (deg): _

Número de serie del fotómetro solar: _____

Temperatura del interior de la carcasa antes de realizar las mediciones (multiplicar la lectura del voltaje por 100) _____ °C

Rellena desde la 2ª columna a la 5ª de esta tabla y envía los datos a GLOBE. GLOBE te proporcionará los valores calculados de AOT, que deberás anotar en la sexta columna. Si tu fotómetro solar tiene interruptor rotativo con posición "T" (temperatura del interior de la carcasa), aumenta 100 veces el valor mostrado antes y después de las mediciones.

Número de medición ¹	Hora local ² (hrs:min:sec)	Hora Universal ³ (hrs:min:sec)	Máximo voltaje a la luz solar ⁴ (volts)	Voltaje sin luz ⁵ (volts)	AOT ⁶ (cm)
1 (verde)					
1 (rojo)					
2 (verde)					
2 (rojo)					
3 (verde)					
3 (rojo)					
4 (verde)					
4 (rojo)					
5 (verde)					
5 (rojo)					

¹ Se requieren al menos tres grupos de mediciones.

² Lo ideal sería informar sobre la hora en los siguientes 15 segundos, utilizando un cronómetro preciso.

³ Tener cuidado al convertir la hora local a hora universal.

⁴ Siempre informar sobre los voltajes con 3 dígitos a la derecha del punto decimal. Por ejemplo, 1.773 en lugar de 1.77.

⁵ Introducir los voltajes no expuestos a la luz en voltios, no en milivoltios. Por ejemplo, 0.003 V en lugar de 3 mV.

⁶ Estos valores se calculan a partir de tus datos y son proporcionados por GLOBE.

Temperatura del interior de la carcasa, después de realizar las mediciones: (multiplicar la lectura del voltaje x 100): _____ °C

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-_____

Nubes y estelas de condensación: (Si el cielo no está oculto, marca la casilla correspondiente para cada tipo de nube o de estela condensación que se observe, y marca la casilla de porcentaje de cobertura de nubes o estelas de condensación.)

Tipos de Nubes (Marca todos los tipos que se vean)

Cirros	<input type="checkbox"/>
Cirroestratos	<input type="checkbox"/>
Cirrocúmulos	<input type="checkbox"/>
Altoestratos	<input type="checkbox"/>
Altocúmulos	<input type="checkbox"/>
Estratos	<input type="checkbox"/>
Estratocúmulos	<input type="checkbox"/>
Cúmulos	<input type="checkbox"/>
Nimboestratos	<input type="checkbox"/>
Cúmulonimbos	<input type="checkbox"/>

Cobertura de Nubes (Marca una- si el cielo no está oculto)

Sin nubes (0%)	<input type="checkbox"/>
Despejado (0% - 10%)	<input type="checkbox"/>
Nubes aisladas (10 - 25%)	<input type="checkbox"/>
Nubes dispersas (25% - 50%)	<input type="checkbox"/>
Roto (50% - 90%)	<input type="checkbox"/>
Cubierto (90% - 100%)	<input type="checkbox"/>
Cielo oculto	<input type="checkbox"/>

Tipos de Estelas de Condensación (Anotar el número observado de cada tipo)

Corta duración —
Persistentes no dispersas ———
Persistentes dispersas ———

Cobertura de Estelas de Condensación (Marca una- si el cielo no está oculto)

Ninguna	<input type="checkbox"/>
0-10%	<input type="checkbox"/>
10-25%	<input type="checkbox"/>
25-50%	<input type="checkbox"/>
>50%	<input type="checkbox"/>

Condiciones del Cielo

(Marcar una casilla en cada tabla, según corresponda. Marcar sólo si el cielo no está oculto).

Color del Cielo	Claridad del Cielo	Cielo Oculto por
Azul intenso <input type="checkbox"/>	Inusualmente despejado <input type="checkbox"/>	Niebla <input type="checkbox"/>
Azul <input type="checkbox"/>	Despejado <input type="checkbox"/>	Humo <input type="checkbox"/>
Azul claro <input type="checkbox"/>	Algo neblinoso <input type="checkbox"/>	Calima <input type="checkbox"/>
Azul pálido <input type="checkbox"/>	Muy neblinoso <input type="checkbox"/>	Ceniza volcánica <input type="checkbox"/>
Blanquecino <input type="checkbox"/>	Extremadamente neblinoso <input type="checkbox"/>	Arena <input type="checkbox"/>
		Polvo <input type="checkbox"/>
		Bruma Marina <input type="checkbox"/>
		Lluvia intensa <input type="checkbox"/>
		Nieve intensa <input type="checkbox"/>
		Ventisca <input type="checkbox"/>

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos de Vapor de Agua

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Fecha en la que se realizaron las mediciones: _____

Nombres de los observadores: _____

Para el paso del satélite en la fecha de las mediciones (opcional):

Nombre del satélite/instrumento: _____ Hora de la pasada (UT): _____

Ángulo de máxima elevación (deg): _____

Número de serie del Medidor de vapor de agua GLOBE/GIFTS:

Temperatura del interior de la carcasa, antes de realizar las mediciones: (multiplicar la lectura del voltaje x 100): _____ °C

Rellenar desde la columna 2ª a la 5ª de esta tabla y enviar los datos a GLOBE. GLOBE proporcionará los valores de agua precipitada, que se anotarán en la sexta columna.

Número de la medición ¹	Hora local ² (hrs:min:sec)	Hora Universal ³ (hrs:min:sec)	Máximo voltaje a la luz solar ⁴ (volts)	Voltaje sin luz ⁵ (volts)	Agua precipitada ⁶ (cm)
1 (IR1)					
1 (IR2)					
2 (IR1)					
2 (IR2)					
3 (IR1)					
3 (IR2)					
4 (IR1)					
4 (IR2)					
5 (IR1)					
5 (IR2)					

¹ Se requieren al menos tres grupos de mediciones.

² Lo ideal sería informar sobre la hora en los siguientes 15 segundos, utilizando un cronómetro preciso.

³ Siempre informar sobre los voltajes con 3 dígitos a la derecha del punto decimal. Por ejemplo, 1.773 en lugar de 1.77.

⁴ Introducir los voltajes no expuestos a la luz en voltios, no en milivoltios. Por ejemplo, 0.003 V en lugar de 3 mV.

⁵ Estos valores son proporcionados por la base de datos GLOBE y calculados a partir de tus datos.

Temperatura del interior de la carcasa, después de realizar las mediciones: (multiplicar la lectura del voltaje x 100): _____ °C

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-_____

Tipos de Nubes (Marcar todos los tipos que se vean)

Cirros	<input type="checkbox"/>
Cirroestratos	<input type="checkbox"/>
Cirrocúmulos	<input type="checkbox"/>
Altoestratos	<input type="checkbox"/>
Altocúmulos	<input type="checkbox"/>
Estratos	<input type="checkbox"/>
Estratocúmulos	<input type="checkbox"/>
Cúmulos	<input type="checkbox"/>
Nimboestratos	<input type="checkbox"/>
Cúmulonimbos	<input type="checkbox"/>

Cobertura de Nubes (Marcar una- si el cielo no está oculto)

Sin nubes (0%)	<input type="checkbox"/>
Despejado (0% - 10%)	<input type="checkbox"/>
Nubes aisladas (10 - 25%)	<input type="checkbox"/>
Nubes dispersas (25% - 50%)	<input type="checkbox"/>
Roto (50% - 90%)	<input type="checkbox"/>
Cubierto (90% - 100%)	<input type="checkbox"/>
Cielo oculto	<input type="checkbox"/>

Tipos de Estelas de Condensación (Anotar el número observado de cada tipo)

Corta duración —
Persistentes no dispersas ———
Persistentes dispersas ———

Cobertura de Estelas de Condensación (Marcar una- si el cielo no está oculto)

Ninguno	<input type="checkbox"/>
0-10%	<input type="checkbox"/>
10-25%	<input type="checkbox"/>
25-50%	<input type="checkbox"/>
>50%	<input type="checkbox"/>

Color del Cielo

Azul intenso	<input type="checkbox"/>
Azul	<input type="checkbox"/>
Azul claro	<input type="checkbox"/>
Azul pálido	<input type="checkbox"/>
Blanquecino	<input type="checkbox"/>

Claridad del Cielo

Inusualmente despejado	<input type="checkbox"/>
Despejado	<input type="checkbox"/>
Algo neblinoso	<input type="checkbox"/>
Muy neblinoso	<input type="checkbox"/>
Extremadamente neblinoso	<input type="checkbox"/>

Cielo Oculto (marcar la casilla de cada fenómeno observado)

Niebla	<input type="checkbox"/>
Humo	<input type="checkbox"/>
Calima	<input type="checkbox"/>
Ceniza volcánica	<input type="checkbox"/>
Polvo	<input type="checkbox"/>
Arena	<input type="checkbox"/>
Bruma	<input type="checkbox"/>
Lluvia intensa	<input type="checkbox"/>
Nieve intensa	<input type="checkbox"/>
Ventisca	<input type="checkbox"/>

Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital de Máx/Mín

Hoja de Datos

Nombre del Centro: _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Nombres de los observadores: _____

Calibración

<i>Lecturas del Termómetro</i>						
Número de lectura	Fecha (Año/Mes/Día)	Hora local (Hora:Min)	Hora Universal (Hora:Min)	Lecturas de calibración del termómetro(°C)	Lecturas del sensor digital del aire(°C)	Lecturas del sensor digital del suelo(°C)
1						
2						
3						
4						
5						

Hora de Puesta a Cero

Nota: El termómetro deberá ser únicamente puesto a cero cuando se monta por primera vez, tras un cambio de pilas, o si la hora del mediodía solar local se desvía en más de una hora de la hora de puesta a cero.

Fecha: Año _____ Mes _____ Día _____

Hora local (Hora:Min) _____ Hora universal (Hora:Min) _____

¿Se debió la puesta a cero a un cambio de pilas? _____

Control de Errores del Sensor del Suelo

Hora local (hora/min)

Hora Universal (hora/min)

1. Lecturas del termómetro de sonda del suelo a partir del *Protocolo de Temperatura del Suelo* (°C):

a. Lectura #1(°C): _____

b. Lectura #2(°C): _____

c. Lectura #3(°C): _____

d. Lectura #4(°C): _____

e. Lectura #5(°C): _____

Total de las 5 lecturas (°C): _____

2. Lecturas del termómetro digital de suelo:

a. Lectura #1(°C): _____

b. Lectura #2(°C): _____

c. Lectura #3(°C): _____

d. Lectura #4(°C): _____

e. Lectura #5(°C): _____

Total de las 5 lecturas(°C): _____

3. Media de las 5 lecturas del termómetro de sonda del suelo (°C)

[= el total de las cinco lecturas del termómetro de sonda del suelo/5]: _____

4. Media de las 5 lecturas del sensor del suelo(°C)

[= el total de las cinco lecturas del sensor del suelo/5]: _____

5. Error del sensor del suelo (°C) [= #4 – #3]: _____

6. Si el valor absoluto del error del sensor del suelo (#5) es mayor o igual a 2° C, desentierra el sensor y recalibra tanto el sensor de aire como el sensor de suelo siguiendo la *Guía de Campo de Calibración del Sensor del Termómetro Digital Máx/Mín Multi-Día*. Si el valor absoluto del error del sensor del suelo que has calculado es inferior a 2° C entonces deja el sensor del suelo enterrado y recalibra únicamente en sensor del aire.

Termómetro Digital Multi-Día Máxima/Mínima

Hoja de Datos

Nombre del Centro: _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Nombres de los observadores: _____

Fecha: Año _____ Mes _____ Día _____

Hora local (hora:min) _____ Hora universal (hora:min) _____

Hora de puesta a cero en hora universal (hora:min): _____

Temperaturas Actuales

Temperatura del aire (°C): _____

Temperatura actual del suelo(°C): _____

Temperaturas Máxima, Mínima

No leer el termómetro en los 5 minutos siguientes a la *hora de puesta a cero*.

	Rótulo en la Pantalla Digital					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Temperatura máxima del aire (°C)						
Temperatura mínima del aire (°C)						
Temperatura máxima del suelo						
Temperatura mínima del suelo						
Si se están tomando lecturas del termómetro DESPUÉS de la hora de puesta a cero, equivale a 24-horas	Hoy	Ayer	Hace dos días	Hace tres días	Hace cuatro días	Hace cinco días
Si se están realizando las lecturas ANTES de la hora de puesta a cero, equivale a 24-horas del periodo de finalización:	Ayer	Hace dos días	Hace tres días	Hace cuatro días	Hace cinco días	Hace seis días

Investigación de la Atmósfera

Marcar
después de
introducir
los datos en
el sitio Web

Hoja de Datos de Temperatura Superficial

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Fecha: _____

Nombres de los observadores: _____

Temperatura Superficial Adicional a los Datos de Definición del Sitio*

* *Parallonar* la primera vez que se realizan mediciones de la temperatura superficial en un sitio en particular, o si uno de los valores de abajo ha cambiado.

Tamaño Homogéneo del Sitio (Metros) – Marcar una

= 90 x 90 = 30 x 30 < 30 X 30, especifica el tamaño: ____ X ____

(Sitio de Muestreode Cobertura terrestre)

Tipo de Cobertura – Marcar una

(Si se está en un sitio de muestreo de cobertura terrestre, marcar sólo la última casilla)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Hierba corta (inferior a 0.5m de altura) | <input type="checkbox"/> Cemento |
| <input type="checkbox"/> Hierba alta (0.5m a 2m de altura) | <input type="checkbox"/> Asfalto |
| <input type="checkbox"/> Tierra estéril | <input type="checkbox"/> Otras Describa: _____ |
| <input type="checkbox"/> Arbustos | <input type="checkbox"/> Es un sitio de muestreo de cobertura terrestre |
| <input type="checkbox"/> Arbustos enanos | |

Fabricante y modelo del instrumento de TIR (termómetro de infrarrojos) usado en este sitio: _____

Tipos de Nubes (Marcar todos los tipos que se vean)

Cirros	<input type="checkbox"/>
Cirroestratos	<input type="checkbox"/>
Cirrocúmulos	<input type="checkbox"/>
Altoestratos	<input type="checkbox"/>
Altocúmulos	<input type="checkbox"/>
Estratos	<input type="checkbox"/>
Estratocúmulos	<input type="checkbox"/>
Cúmulos	<input type="checkbox"/>
Nimboestratos	<input type="checkbox"/>
Cúmulonimbos	<input type="checkbox"/>

Cobertura de Nubes (Marcar una- si el cielo no está oculto)

Sin nubes (0%)	<input type="checkbox"/>
Despejado (0% - 10%)	<input type="checkbox"/>
Nubes aisladas (10 - 25%)	<input type="checkbox"/>
Nubes dispersas (25% - 50%)	<input type="checkbox"/>
Roto (50% - 90%)	<input type="checkbox"/>
Cubierto (90% - 100%)	<input type="checkbox"/>
Cielo oculto	<input type="checkbox"/>

Tipos de Estelas de Condensación
(Anotar el número observado de cada tipo)

Corta duración —
Persistentes no dispersas ———
Persistentes dispersas ———

Cobertura de Estelas de Condensación (Marca una- si el cielo no está oculto)

Ninguna	<input type="checkbox"/>
0-10%	<input type="checkbox"/>
10-25%	<input type="checkbox"/>
25-50%	<input type="checkbox"/>
>50%	<input type="checkbox"/>

Fecha: _____ Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Si NO hay nieve en ninguna parte del suelo del sitio, marca una.

Condición global de la superficie del sitio: Húmedo Seco

Marca el método utilizado para evitar que el TIR experimente un choque térmico :

- El TIR se envolvió en un guante térmico, y posteriormente se llevó desde el almacén al sitio de estudio
- El TIR se colocó al aire libre al menos durante 30 minutos antes de la toma de datos (No se utilizó guante térmico)
- El TIR se llevó directamente desde el almacén al sitio de estudio (No se utilizó guante térmico).
- Otros métodos utilizados, por favor describa: _____

Temperatura Superficial

Puntos de observación	Hora local (hrs:mins)	Hora universal (hrs:mins)	Temperatura superficial (ejemplo 25.8° C)	Profundidad de la nieve (mm)*
1	:	:		
2	:	:		
3	:	:		
4	:	:		
5	:	:		
6	:	:		
7	:	:		
8	:	:		
9	:	:		

*Anotar la profundidad de la nieve teniendo en cuenta:

- Si NO hay nieve en el punto de observación, entonces se anota "0" (cero).
- Si hay MENOS de diez milímetros de profundidad de nieve, entonces se anota la letra "T"
- Si hay MÁS de diez milímetros de profundidad de nieve, entonces se coloca la regla o el metro verticalmente desde el punto en el que se estaba realizando la lectura de temperatura superficial, de manera que llegue hasta el suelo. Leer y anotar la profundidad de la nieve en milímetros.

Comentarios:

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos de Ozono

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-

Día de la semana							
Fecha							
Nombres de los observadores							

Tira de Ozono Expuesta

Hora local (hora:min)							
Hora universal (hora:min)							
Dirección del viento (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW)							
Usar los valores anotados en la entrada de datos de Atmósfera para nubes, estelas de condensación, temperatura actual y humedad relativa (marca la casilla)							
Temperatura actual (°C)							
Temperatura del bulbo seco (°C) - Psicrómetro giratorio							
Temperatura del bulbo húmedo (°C) - Psicrómetro giratorio							
Humedad relativa (%)							

Lectura de la Tira de Ozono

Hora local (hora:min)							
Hora Universal (hora:min)							
Concentración ozono* (partes por billón)							
Dirección del viento (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW)							
Temperatura actual (°C)							
Temperatura del bulbo seco (°C) - Psicrómetro giratorio							
Temperatura del bulbo húmedo (°C) - Psicrómetro giratorio							
Humedad relativa (%)							

**Recuerda: Introducir M si la tira química se estropea por nieve o lluvia, o no se produce reacción química.*

Comentarios: _____

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-_____

Datos de Nubes de la Tira de Ozono Expuesta

Día de la semana							
Fecha							

Tomar los datos de nubes de la *Hoja de Datos de Trabajo de Atmósfera*

Tipos de Nubes (Marcar todos los tipos que se vean)

Cirros	<input type="checkbox"/>						
Cirrocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cirroestratos	<input type="checkbox"/>						
Altoestratos	<input type="checkbox"/>						
Altocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cúmulos	<input type="checkbox"/>						
Nimboestratos	<input type="checkbox"/>						
Estratos	<input type="checkbox"/>						
Estratocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cúmulonimbos	<input type="checkbox"/>						

Tipos de Estelas de Condensación (Anotar el número observado de cada tipo)

Corta duración							
Persistentes no dispersas							
Persistentes dispersas							

Cobertura de Nubes (Marcar una- si el cielo no está oculto)

Sin nubes (0%)	<input type="checkbox"/>						
Despejado (0% - 10%)	<input type="checkbox"/>						
Nubes aisladas (10% -	<input type="checkbox"/>						
Nubes dispersas (25% -	<input type="checkbox"/>						
Roto (50% - 90%)	<input type="checkbox"/>						
Cubierto (90% - 100%)	<input type="checkbox"/>						
Cielo oculto	<input type="checkbox"/>						

Cobertura de Estelas de Condensación (Marcar una- si el cielo no está oculto)

Ninguna	<input type="checkbox"/>						
0-10%	<input type="checkbox"/>						
10-25%	<input type="checkbox"/>						
25-50%	<input type="checkbox"/>						
>50%	<input type="checkbox"/>						

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-_____

Si el Cielo está Oculto (Marcar todas las opciones que sean aplicables)

Niebla	<input type="checkbox"/>						
Humo	<input type="checkbox"/>						
Calima	<input type="checkbox"/>						
Ceniza volcánica	<input type="checkbox"/>						
Polvo	<input type="checkbox"/>						
Arena	<input type="checkbox"/>						
Bruma	<input type="checkbox"/>						
Lluvia intensa	<input type="checkbox"/>						
Nieve intensa	<input type="checkbox"/>						
Ventisca	<input type="checkbox"/>						

Datos de Nubes Correspondientes a la Lectura de la Tira de Ozono

Día de la semana							
Fecha							

Tipos de Nubes (Marcar todos los tipos que se vean)

Cirros	<input type="checkbox"/>						
Cirrocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cirroestratos	<input type="checkbox"/>						
Altoestratos	<input type="checkbox"/>						
Altocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cúmulos	<input type="checkbox"/>						
Nimboestratos	<input type="checkbox"/>						
Estratos	<input type="checkbox"/>						
Estratocúmulos	<input type="checkbox"/>						
Cúmulonimbos	<input type="checkbox"/>						

Tipos de Estelas de Condensación (Anotar el número observado de cada tipo)

Corta duración							
Persistentes no dispersas							
Persistentes dispersas							

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM- _____

Cobertura de Nubes (Marcar una- si el cielo no está oculto)

Sin nubes (0%)	<input type="checkbox"/>						
Despejado (0% - 10%)	<input type="checkbox"/>						
Nubes aisladas (10% -	<input type="checkbox"/>						
Nubes dispersas (25% -	<input type="checkbox"/>						
Roto (50% - 90%)	<input type="checkbox"/>						
Cubierto (90% - 100%)	<input type="checkbox"/>						
Cielo oculto	<input type="checkbox"/>						

Cobertura de Estelas de Condensación (Marcar una- si el cielo no está oculto)

Ninguna	<input type="checkbox"/>						
0-10%	<input type="checkbox"/>						
10-25%	<input type="checkbox"/>						
25-50%	<input type="checkbox"/>						
>50%	<input type="checkbox"/>						

Si el Cielo está Oculto (Marcar todas las opciones que sean aplicables)

Niebla	<input type="checkbox"/>						
Humo	<input type="checkbox"/>						
Calima	<input type="checkbox"/>						
Ceniza volcánica	<input type="checkbox"/>						
Polvo	<input type="checkbox"/>						
Arena	<input type="checkbox"/>						
Bruma	<input type="checkbox"/>						
Lluvia intensa	<input type="checkbox"/>						
Nieve intensa	<input type="checkbox"/>						
Ventisca	<input type="checkbox"/>						

Investigación de la Atmósfera

Hoja de Datos de Calibración de la Estación Meteorológica

Nombre del Centro _____ Sitio de estudio: ATM-_____

Recalibración del Sensor de Temperatura del Aire

Número de lectura	Fecha (año/mes/día)	Hora local (hora:min)	Hora universal (hora:min)	Lectura de calibración del termómetro(°C)	Sensor digital de temperatura (°C)
1					
2					
3					
4					
5					

Recalibración del Pluviómetro

Número de lectura	Fecha (año/mes/día)	Hora local (hora:min)	Hora universal (hora:min)	Lectura del pluviómetro* (mm)	Lectura total digital de la cubeta superior (mm)
1					
2					
3					
4					
5					

* Debe ser superior a 20 mm. para recalibración

Observando Tipos de Nubes

Hay cinco términos descriptivos de los diversos tipos de nubes:

CIRROS o nubes altas

ALTOS o nubes medias

CÚMULOS o nubes blancas hinchadas

ESTRATOS o nubes en capas

NIMBOS o nubes que producen precipitación

Los siguientes diez tipos de nubes, nombrados utilizando los términos anteriores, se deben utilizar para determinar el tipo de nubes de tu zona:



Nubes Altas

Cirros

Estas nubes parecen delicadas plumas blancas. Generalmente tienen formas blancas tenues. Contienen cristales de hielo.



Cirrocúmulos

Estas nubes son finas capas blancas con una textura que las hace parecer un campo de algodón u olas sin sombras. Contienen principalmente cristales de hielo y quizá algunas gotas de agua muy fría.



Cirroestratos

Estas nubes son una capa blanquecina fina, casi transparente, constituida por cristales de hielo. Pueden cubrir total o parcialmente el cielo y crear un aspecto de halo alrededor del sol.



Estelas de Condensación

Estelas de Condensación de Corta Duración

Fíjate en la corta línea de nubes sobre la farola. El avión apenas se ve en esta fotografía, pero está delante de la estela de condensación.



Estelas de Condensación Persistentes

Estas estelas de condensación son diferentes, siendo la de la derecha persistentes no dispersa, y persistente dispersa, la de la izquierda. La explicación más probable a esta fotografía es que los tres tipos de aviones siguieron un camino similar, pero los vientos altos de la atmósfera soplan desde la derecha a la izquierda y desplazan las estelas de condensación más antiguas hacia la izquierda. La dispersión de la estela de condensación que se encuentra más a la izquierda indica que hay bastante cantidad de vapor de agua en la parte superior de la atmósfera.



Estelas de condensación persistentes dispersas

Esta fotografía muestra estelas de condensación persistentes dispersas en un área de mucho tráfico aéreo. Al igual que arriba, es probable que los aviones estén siguiendo un camino similar, pero las estelas de condensación están siendo dispersadas por el viento. Todas las estelas de condensación de esta fotografía aparecen tan anchas o más que las de arriba, lo que indica que la presencia de abundante cantidad de vapor de agua en la atmósfera permite que las estelas de condensación se dispersen. También se observa que la nube que se encuentra hacia el centro de la foto parece una nube de tipo cirro habitual, pero por su posición sería probable que esta nube haya sido originada realmente a partir de una estela de condensación.



Nubes Medias

Altoestratos

Estas nubes forman un velo azulado o grisáceo que cubre total o parcialmente el cielo. Se puede ver la luz del sol a través de ellas, pero no hay efecto halo.



Altocúmulos

Estas nubes parecen olas del mar de colores blanco y gris y sombras. Contienen principalmente gotas de agua y quizá algunos cristales de hielo.



Nubes Bajas

Estratos

Estas nubes son grises y se encuentran muy cerca de la superficie de la Tierra. Generalmente parecen una sábana, pero algunas veces se encuentran en forma de parches. Raramente producen precipitación.



Estratocúmulos

Estas nubes son de color gris o blanquecino. Las bases de estas nubes suelen ser más redondas que planas. Pueden formarse a partir de antiguas nubes de tipo estrato o a partir de cúmulos que se están extendiendo. Sus partes superiores tienden a ser planas.



Nimboestratos

Esta es una capa de nubes oscura o de color gris que oculta la luz del Sol. Es maciza y produce precipitación continua.



Cúmulos

Estas nubes tienen una base plana y densa, y su parte superior en forma de montículo que recuerda a una gran coliflor. Cuando el sol ilumina estas nubes son de color blanco brillante. La base tiende a ser de color gris oscuro. Generalmente no producen precipitación.



Cúmulonimbos

Son nubes grandes, pesadas y densas. Tienen generalmente una superficie plana y oscura, con partes superiores muy altas y grandes de forma parecida a una gran montaña o yunque. A menudo tienen asociados relámpagos, truenos y, algunas veces, granizo. También pueden producir tornados.

Glosario

Absorción

Radiación retenida por un objeto y transformada en otras formas de energía.

Aerosoles

Partículas líquidas o sólidas suspendidas en la atmósfera, cuyo tamaño se encuentra generalmente entre 100 y 1000 nanómetros (nm).

Agente contaminante

Un gas traza o aerosol que contamina el aire.

Aguacero

Un chubasco intenso y violento acompañado por fuertes vientos borrascosos.

Aguanieve

Precipitación que en algún punto está en forma líquida pero que se congela antes de alcanzar el suelo.

Agua sobreenfriada

Agua a temperatura inferior a su punto de congelación pero que está aún en forma líquida.

Aire Ambiental

Aire que se mueve libremente pero que no procede de ninguna perturbación en la atmósfera circundante (por ejemplo, que no proceda de la columna de humo, de un incendio o de una nube de polvo).

Albedo

Porcentaje de radiación incidente (normalmente luz visible) que es reflejada de nuevo al espacio desde un planeta u objeto, su superficie o sus capas de nubes.

Altímetro

Un barómetro, normalizado a presión, temperatura y densidad estándar, utilizado para medir la altitud absoluta a partir de la presión atmosférica. Se determina la altitud asumiendo que los cambios de presión se deben a los cambios de altitud respecto al nivel del mar. Los altímetros están adaptados para trabajar a altitudes muy elevadas sobre el nivel del mar y en GLOBE se utilizan para medir presiones barométricas a altitudes superiores a 500m.

Ángulo cenit

Distancia angular entre un objeto en el cielo, como el sol, y un objeto colocado directamente

sobre nosotros. El ángulo cenit es 90° menos el *ángulo de elevación*.

Ángulo de elevación

Distancia angular entre el horizonte y un objeto en el cielo, tal como el sol. El ángulo cenit es 90° menos el ángulo de elevación.

Arena en suspensión

Arena suspendida en el aire que reduce la visibilidad u oscurece parte o todo el cielo.

Barómetro

Instrumento utilizado para medir la presión atmosférica.

Bruma marina

Aerosoles desprendidos de la superficie de una lámina de agua salada por la acción del viento, que pueden reducir la visibilidad.

Calima

Reducción de la visibilidad debido a los aerosoles de la atmósfera. La calima puede hacer que el cielo aparezca blanco lechoso o amarillento, rojizo o marrón, dependiendo si el aerosol es húmedo o seco, y dependiendo del tamaño y naturaleza de las partículas que dispersan la luz.

Calor

Energía total producida por el movimiento de todos los átomos y moléculas que constituyen una sustancia.

Calor específico

Cantidad de calor necesaria para aumentar 1°C la temperatura de un gramo de una sustancia.

Calor latente

Calor aportado o liberado cuando el agua cambia de fase entre sólido, líquido y gaseoso.

Calor sensible

Calor asociado a un cambio en la temperatura de una sustancia, a diferencia del calor asociado con un cambio de fase.

Cambio de fase

Cambio de una sustancia de una fase a otra. Las sustancias (elementos y compuestos) generalmente existen en una de las tres fases: sólida, líquida y gaseosa; por ejemplo, vapor de agua (gas) que se condensa en agua (líquido). Las sustancias que sufren un cambio de fase, toman o desprenden calor sin cambiar de temperatura (ver calor latente).

Capa de ozono

Capa de la estratosfera y de la parte inferior de la mesosfera que absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta que llega.

Cero absoluto

Temperatura teórica a la que la materia tiene mínima energía. Es el límite de que tan fría puede llegar a estar una materia. Si las sustancias pudieran estar más frías que el cero absoluto, no emitirían radiación electromagnética.

Ceniza volcánica

Pequeñas partículas de minerales, rocas y fragmentos de cristal expulsados en erupciones volcánicas. Al igual que los aerosoles, pueden reducir la visibilidad u ocultar la visión del cielo. Estas partículas a menudo producen efectos de dispersión de la luz espectaculares, incluyendo puestas de Sol llenas de color.

Ciclo del agua

Ver ciclo hidrológico.

Ciclo diurno

Hace referencia a las 24h del día, y algunas veces a los cambios que tienen lugar en períodos de tiempo de 24h.

Ciclo estacional

Cambio periódico en una variable que se produce según van cambiando las estaciones de la Tierra.

Ciclo hidrológico

Flujo continuo de agua en el sistema Tierra. El ciclo hidrológico se compone por almacenes de agua (tales como casquetes de hielo, océanos, humedad atmosférica y acuíferos) y flujos de agua (tales como evaporación, precipitación, corriente del río y fragmentación de un iceberg).

Ciclón tropical

Sistema de baja presión en latitudes tropicales que puede convertirse en una tormenta tropical, un huracán y otras tormentas de intensidad similar.

Cielómetro o nefobasímetro (ceilometer)

Un instrumento utilizado para determinar la altura de la base de las nubes, que ayuda a determinar el tipo de nube.

Clima

Tiempo atmosférico de una localidad promediado a lo largo de un período relativamente largo, teniendo en cuenta los extremos del comportamiento atmosférico durante este período.

Chubasco

Tipo de precipitación típicamente de corta duración, o en el que se producen frecuentes cambios de intensidad.

Cobertura de nubes

Porcentaje de cielo cubierto por nubes.

Compuestos

Productos químicos formados por átomos de dos o más elementos.

Concentración

Número de moléculas de un gas concreto, en una unidad de volumen, respecto a la suma de todas las moléculas en ese volumen. Se suele medir en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb).

Condensación

El cambio de fase de una sustancia gaseosa a líquido. El proceso de condensación libera energía; esta energía se conoce como calor latente.

Conducción

Transferencia de calor a través de colisiones entre los constituyentes de una sustancia (por ejemplo, moléculas, átomos). Si se calienta un extremo de una barra de metal, el calor será conducido a lo largo de la barra de tal manera que el otro extremo también aumentará su temperatura. La conducción puede ocurrir en sólidos, líquidos, o gases (generalmente es más eficaz en sólidos).

Congelación

Proceso de cambio de fase del agua de líquida a sólida (hielo).

Convección

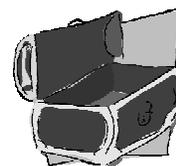
Transferencia de calor por circulación de una masa, es decir, el movimiento a gran escala de grupos de constituyentes de un líquido o un gas (por ejemplo, moléculas, átomos) que están relativamente más calientes o más fríos que sus alrededores. La convección atmosférica se refiere principalmente a movimientos verticales provocados por el ascenso del aire caliente y el descenso del aire frío.

Cumuliforme

Un tipo de nube que parece amontonada, hinchada, en bandas o en formas redondas principalmente en su parte superior y en los lados.

Densidad (d)

Relación entre la masa (m) de una sustancia y su volumen (v) ($d = m/v$)



Deposición húmeda

Deposición de gases o aerosoles de la atmósfera en la superficie de la Tierra mediante su incorporación a la precipitación (gotas de lluvia, copos de nieve, etc.).

Depresión del bulbo húmedo

Diferencia entre la lectura de la temperatura del bulbo húmedo y la del bulbo seco en un psicrómetro giratorio.

Difusión Rayleigh

Difusión de la luz solar por las moléculas de la atmósfera, nombrada así en el siglo XIX en honor al físico británico John William Strutt, tercer Barón de Rayleigh.

Dispersión

Proceso por el cual la radiación interactuante con una sustancia es desviada en todas las direcciones.

Diversidad biológica (biodiversidad)

La diversidad de vida en todas sus formas, niveles y combinaciones que coexisten en un mismo ecosistema. A diferentes escalas esto incluye diversidad de ecosistemas, diversidad de especies, y diversidad genética. El grado de biodiversidad se usa a menudo como un indicador ambiental.

Ecosistema

Comunidad de diferentes especies interactuando unas con otras y con los factores físicos y químicos que forman parte de su entorno.

Efecto invernadero

Calentamiento del planeta por la absorción, por parte varios gases de la atmósfera (los *gases de efecto invernadero*), de la radiación infrarroja emitida por la superficie del planeta.

El Niño

Hace referencia a un prolongado y significativo calentamiento de las aguas superficiales del centro y este del Océano Pacífico tropical y, generalmente, al fenómeno que acompaña a este calentamiento.

Escala Celsius

Escala de temperatura inventada en 1742 por el astrónomo sueco Anders Celsius. Esta escala define el punto de fusión del hielo como 0° Celsius, y el punto de ebullición del agua como 100° Celsius. Debido al intervalo de 100 grados entre estos dos puntos, a esta escala se le llama a veces “*Escala Centígrada*”.

Escala Fahrenheit

Escala de temperatura inventada en el siglo XVIII por el físico alemán Daniel Gabriel Fahrenheit. Esta escala define el punto de fusión del hielo a 32° F y el punto de ebullición del agua a 212°F. Estados Unidos es el único país del mundo que utiliza aún con frecuencia la escala Fahrenheit.

Escala Kelvin

Escala de temperatura llamada así por el físico británico William Thomson Kelvin, quien la propuso en 1848. Un grado Kelvin es equivalente a un grado Celsius. Sin embargo, cero grados en la escala Kelvin es la temperatura a la que la energía molecular es mínima, también llamada “cero absoluto”.

Al dar la temperatura en escala Kelvin se utiliza la letra K sin el símbolo de grado. Cero en la escala Kelvin corresponde aproximadamente a -273°C.

Escarcha

Deposición del vapor de agua de la atmósfera en forma de hielo directamente sobre superficies como hierba o ventanas.

Escala pH

Sistema utilizado para especificar el rango de acidez o alcalinidad de sustancias. En esta escala, una sustancia con un pH 7 es neutra. Sustancias con pH menor que 7 son ácidas; sustancias con un pH mayor que 7 son alcalinas (o básicas).

Espesor óptico (también llamado profundidad óptica)

Medida de cuántas partículas (aerosoles) y moléculas de gas (aire) impiden la transmisión de luz a través de un gas a una longitud de onda específica. Para un espesor óptico de uno, la luz incidente se ve reducida a una intensidad de 1/e.

Estratiforme

Nube formada por una única capa o múltiples capas horizontales; la estructura de las nubes de este tipo es poco apreciable.

Estratosfera

Segunda capa de la atmósfera sobre la superficie de la Tierra, generalmente caracterizada por un incremento de la temperatura con la altitud. La estratosfera comienza a altitudes comprendidas entre los 8 km en las regiones polares a 16-18km en los trópicos, y se extiende hasta altitudes de unos 50 km donde hay un máximo en la temperatura atmosférica. La estratosfera contiene la mayor parte del ozono atmosférico.

Evaporación

Cambio de fase de una sustancia de líquido a gas.

Evapotranspiración

Transferencia y transformación de agua líquida del suelo al aire en estado vapor por procesos combinados de evaporación y transpiración de la vegetación.

Frente

Zona de transición entre dos masas de aire diferentes. Un frente es una zona de dirección de viento cambiante, de cambio de presión del aire superficial y donde normalmente se produce el desarrollo de nubes y precipitación.

Fotólisis

Ruptura de un compuesto atmosférico por la luz. Por ejemplo, cuando se forma ozono (O₃) en la atmósfera, puede dividirse en átomos de oxígeno (O) y oxígeno molecular (O₂) por la luz ultravioleta.

Fotómetro solar

Instrumento que mide la intensidad de la luz solar transmitida a través de la atmósfera en un pequeño intervalo de longitud de onda.

Fuerza (F)

Un empuje o tirón.

Fusión

Proceso por el que una sustancia cambia de fase sólida a líquida.

Gas traza

Gases presentes en la atmósfera en muy pequeñas cantidades, siempre inferiores a una décima parte de uno por ciento.

Gases de efecto invernadero

Cualquier gas que cause la retención de calor en la atmósfera, provocando un aumento de la temperatura media. Los gases de efecto invernadero absorben mucho la radiación infrarroja. Ejemplos de gases invernaderos significativos son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los clorofluorcarbonos.

Geostacionario

Objeto en órbita alrededor de la Tierra, que permanece sobre cierta posición en el planeta; el objeto se sitúa generalmente directamente sobre el Ecuador en una longitud fija.

Granizo

Precipitación en forma de bolitas irregulares de hielo con diámetro entre 2 mm. y 13cm. Las mayores granizadas se forman sólo cuando hay fuertes tormentas eléctricas con grandes corrientes de aire ascendente.

Gravedad

Fuerza de atracción entre la materia (ejemplo, la gravedad nos atrae hacia el centro de la Tierra).

Halo

Fenómeno óptico causado por la refracción de la luz solar o la luz lunar a través de cristales de hielo, dividiendo la luz visible en sus diferentes colores. Esto ocurre sólo con cirrostratos o cirros densos.

Hidrocarburos

Moléculas formadas principalmente por átomos de carbono e hidrógeno. Existen hidrocarburos gaseosos en la atmósfera, (por ejemplo, los compuestos del gas natural, compuestos químicos desprendidos de manera natural por las plantas, o compuestos que resultan a partir de productos del proceso de combustión).

Higrómetro

Instrumento utilizado para medir la humedad relativa del aire.

Humedad relativa

Medida de la cantidad de vapor de agua en una muestra de aire comparada con la cantidad de aire contenida en una muestra de aire saturada en vapor de agua a la misma presión y temperatura.

Humo

Aire que contiene suficientes aerosoles producidos por combustión como para ser visibles, lo cual puede reducir la visibilidad u obstruir la vista del cielo.

Hora de Greenwich (GMT)

Misma hora de referencia que la Hora Universal (UT); la hora correspondiente a los 0 grados de longitud, meridiano principal, que pasa por Greenwich, Inglaterra.

Hora Universal (UT)

Hora en los 0 grados de longitud (el meridiano principal); UT es el término actualmente preferido para esta hora de referencia, que es equivalente a GMT.

In situ

En el lugar. La mayoría de las mediciones atmosféricas en GLOBE, tales como la temperatura y el ozono, se toman *in situ*; sin embargo, muchas de estas cantidades pueden ser también medidas remotamente mediante el uso de satélites especiales.

Insolación

Radiación solar incidente.

Insolación difusa

Radiación solar que llega a la superficie de la Tierra siendo dispersada o reflejada por los componentes de la atmósfera (tales como gases, nubes y aerosoles)

Insolación directa

Radiación solar que llega a la superficie de la Tierra pasando directamente a través de la atmósfera sin interactuar con los componentes de la atmósfera de la Tierra.

Inversión térmica

Incremento en la temperatura con la altura en la troposfera, generalmente asociado a una masa de aire muy estable. Normalmente, la temperatura en la troposfera disminuye con la altura. Cuando y donde la temperatura aumenta con la altura, la mezcla vertical en la atmósfera se ve muy disminuida. Esto conduce a la retención de aerosoles y gases traza que contiene el aire cercano a la superficie. Esto también provoca que la atmósfera se estratifique en capas horizontales en la estratosfera y, por ello, el nombre de esta capa atmosférica.

Isobaras

Líneas de un mapa que unen puntos de igual presión.

Isotermas

Líneas de un mapa que unen puntos de igual temperatura.

La Niña

Periodo de enfriamiento anómalo de la superficie del mar en la zona tropical central y este del Océano Pacífico.

Lector óptico de ozono

Instrumento que se utiliza en el protocolo de Ozono GLOBE que mide el cambio de color en las tiras químicas de ozono, y que es interpretado como una concentración de ozono en unidades de ppb.

Llovizna

Precipitación que cae lentamente compuesta por gotas de diámetros comprendidos entre 0,2 y 0,5mm. La llovizna reduce la visibilidad más que la lluvia fina debido a la gran cantidad de gotas muy pequeñas.

Lluvia ácida

Lluvia que tiene un pH menor que 5.6, que es el pH del agua en equilibrio con la concentración de dióxido de carbono en el aire.

Lluvia congelada o llovizna congelada

Gotas de aguas muy frías que se congelan al entrar en contacto con superficies frías.

Lluvia intensa

Lluvia que cae con tanta intensidad (mayor que 7,5mm/h) que reduce y oscurece la visibilidad del cielo.

Longitud de onda (de la luz)

Propiedad de la luz que es inversamente proporcional a su frecuencia y que describe la distancia de un pico de la onda al siguiente pico. La luz visible se encuentra en el intervalo de longitud de onda de 0,38 micrómetros (violeta) a 0,7 micrómetros (rojo). La sensibilidad del ojo humano es máxima para una luz de longitud de onda de unos 0,5 micrómetros (verde), cercano a la respuesta de la longitud de onda del canal verde del fotómetro solar de GLOBE.

Masa de aire

Volumen grande de aire (a menudo cubre miles de kilómetros cuadrados) con características de humedad y temperatura que varían poco horizontalmente.

Masa de aire relativa

Proporción de la cantidad de atmósfera entre un observador y el sol respecto a la cantidad de atmósfera que tiene sobre sí. La masa de aire relativa está directamente relacionada con el ángulo de elevación solar.

Medio interplanetario

Espacio entre planetas que contiene radiación electromagnética, campos eléctricos y magnéticos, gas ionizado, átomos neutros y partículas de polvo microscópicas. Las características del espacio interplanetario son influidas principalmente por el sol y no por los planetas individuales.

Mediodía solar

Hora a la cual el sol está en su punto más alto en el cielo (cénit) durante el día.

Mesosfera

La tercera capa de la atmósfera sobre la superficie de la Tierra, que generalmente se encuentra a altitudes entre 50 km y 80-85 km, y que se caracteriza por la disminución de la temperatura según aumenta la altitud.

Milibar

Unidad de presión barométrica equivalente a la milésima parte de un bar y a un hectopascal.

Monóxido de Carbono

Molécula compuesta por un átomo de oxígeno y un átomo de carbono producido principalmente por los procesos de combustión incompleta (fórmula química: CO).

Niebla

Nube en contacto con la superficie de la Tierra.

Nieve en suspensión

Nieve del suelo arrastrada por el viento que reduce la visibilidad y oscurece parte o todo el cielo.

Nieve intensa

Nieve que cae reduciendo la visibilidad a menos de 400 metros y oscurece la visión del cielo.

Nube Cirriforme

Un tipo de nube alta formada por cristales de hielo (a altitudes mayores de 6 km sobre el nivel del mar).

Óxidos de nitrógeno

Familia de compuestos formados por uno o más átomos de nitrógeno y uno o más átomos de oxígeno. Monóxido de Nitrógeno (NO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) son los productos principales de la combustión, mientras que el Oxido Nitroso (N₂O) es el producto principal de la actividad microbiana en suelos.

Ozono

Gas muy reactivo compuesto por 3 átomos de oxígeno que existe en cantidades variadas en la troposfera y estratosfera. El ozono se encuentra de forma natural en la atmósfera como resultado de la ruptura de las moléculas de oxígeno (O₂) en sus dos átomos de oxígeno y la combinación de éstos con moléculas de oxígeno para formar el ozono (O₃).

Pascal

Unidad de presión equivalente a 1 Newton / metro cuadrado. 100 pascales equivalen a 1 hectopascal, que es la unidad de presión estándar utilizada en GLOBE.

Polvo en suspensión

Polvo (partículas del suelo más pequeñas que la arena) suspendido en el aire y que reduce la visibilidad u oscurece parte o todo el cielo.

ppb

Partes por billón, una unidad de medida de concentración de gas traza o proporción de mezcla, a veces también llamado ppbv (partes por billón por volumen), que es como las proporciones de mezcla de gases traza se definen normalmente.

Precipitación

Agua en estado sólido o líquido que cae a la superficie de la Tierra desde la atmósfera.

Precursor

Reactivo necesario en las reacciones de formación otros compuestos (por ejemplo, el óxido nítrico es un precursor del ozono en la atmósfera cercana a la superficie).

Presión

Fuerza por unidad de área. En la atmósfera debe considerarse como el peso de la columna de aire sobre un área determinada.

Presión a nivel del mar

Presión atmosférica ajustada al valor que se obtendría si la medición se realizara en un lugar a nivel del mar.

Presión en la estación

Presión atmosférica verdadera, sin corregir a las condiciones estándar a nivel del mar. Los pronósticos meteorológicos generalmente proporcionan la presión barométrica corregida a nivel del mar, no la presión en la estación.

Proporción de mezcla

Término científico utilizado a menudo como sinónimo de concentración. Un ejemplo es la masa de vapor de agua en una muestra de aire dividida por la masa total de aire en la muestra.

Psicrómetro giratorio

Instrumento formado por dos termómetros, uno de los cuales tiene un bulbo seco y el otro se mantiene húmedo. La diferencia entre la temperatura del bulbo húmedo y el seco se utiliza para calcular la humedad relativa.

Radiación

Ver "*Radiación electromagnética*".

Radiación Electromagnética (EM)

Ondas de energía producidas por la oscilación y la aceleración de cargas eléctricas. Las ondas EM tienen componentes eléctricos y magnéticos. A diferencia de la conducción y la convección las ondas EM no necesitan un medio sólido, líquido o gaseoso para transmitir energía. La radiación electromagnética puede ordenarse en un espectro desde longitudes de onda cortas muy energéticas (rayos gamma, rayos x), a menos energéticas, de longitudes de onda muy largas (microondas y radio). La luz visible es una pequeña parte del espectro electromagnético que el ojo humano puede ver.

Radiación infrarroja

Luz (radiación electromagnética) con longitudes de onda comprendidas entre un poco mayores que la luz visible (0,7 micrómetros) a justo inferiores a las microondas y ondas de radio. (1000 micrómetros). La cantidad de luz emitida en forma de calor por la superficie de la Tierra y la baja atmósfera alcanza su punto máximo a longitudes de onda cercanas a los 10 micrómetros, y a la luz en esta parte del rango de longitud de onda del infrarrojo se la conoce generalmente como infrarrojo térmico.

Radiación visible

Luz con longitudes de onda entre unos 0,38 y 0,7 micrómetros perceptible por el ojo humano. El Sol emite su pico máximo de energía en la porción visible del espectro electromagnético.

Reactivos

Sustancias químicas que sufren reacciones químicas en la atmósfera.

Reflexión

Proceso mediante el cual la radiación incidente sobre un objeto se aleja del objeto según un ángulo fijo.

Relación inversa

Cuando dos variables se relacionan entre sí de forma opuesta; por ejemplo, si una aumenta la otra disminuye ($x=1/y$).

Satélite

Objeto en órbita alrededor de un cuerpo celeste mayor.

Satélite de órbita polar

Satélite artificial (nave espacial que orbita la Tierra) que pasa cerca o sobre los polos. Este término se refiere generalmente a satélites en órbitas cercanas a los polos que son diseñados de manera que su plano orbital mantiene un ángulo constante (de media) con la línea entre el sol y la Tierra. Estos satélites se llaman heliosíncronos.

Smog

Aire que contiene suficiente cantidad de aerosoles procedentes del agua y de la combustión como para ser visibles. Los aerosoles del smog pueden ser producidos indirectamente por reacciones entre los gases procedentes de los tubos de escape. La palabra smog se originó como combinación de las palabras "smoke" (humo) y fog (niebla), y puede reducir la visibilidad de la misma manera.

Sublimación

Transición de una sustancia directamente de fase sólida a gas o a la inversa - proceso mediante el cual el vapor de agua se transforma en hielo directamente sin pasar por la fase líquida.

Techo de nubes

Altura de la base de la capa de nubes que cubre más del 50% del cielo.

Temperatura

Medida de la energía media del movimiento de todos los átomos y moléculas que constituyen una sustancia.

Temperatura del bulbo húmedo

Temperatura tomada en un psicrómetro giratorio a partir de un termómetro con un bulbo envuelto en un dispositivo húmedo, después de girar el psicrómetro durante la cantidad de tiempo recomendada.

Temperatura del bulbo seco

Temperatura de uno de los dos termómetros de un psicrómetro giratorio; esta temperatura corresponde al bulbo que no contiene la mecha saturada de agua.

Temperatura del punto de rocío

Temperatura a la cual el vapor de agua comienza a condensar en aire enfriado a presión constante. Esta temperatura es una medida de la cantidad de vapor de agua en el aire.

Termosfera

La cuarta capa de la atmósfera sobre la superficie de la Tierra. En la termosfera la temperatura aumenta mucho, las concentraciones de iones son significativas, y la dinámica de la atmósfera es prácticamente independiente de las fuerzas y fenómenos asociados con la superficie de la Tierra y baja atmósfera. La mayor parte de la ionosfera está contenida en la termosfera y por encima de la termosfera se encuentra el espacio interplanetario.

Tiempo (atmosférico)

Estado de la atmósfera en un lugar y un momento concretos. El tiempo atmosférico incluye variables tales como temperatura, presión barométrica, viento, nubosidad, precipitación y humedad relativa.

Tira de prueba química

Tira de papel tratada con reactivos específicos que cambian de color al exponerse al ozono.

Tormenta eléctrica

Cumulonimbo o familia de nubes cumulonimbo que producen relámpagos y, por ello, truenos. Las tormentas eléctricas no siempre van acompañadas por precipitación que llega al suelo.

Transpiración

Proceso por el cual el vapor de agua escapa a la atmósfera a través de los estomas abiertos de la superficie de las plantas.

Troposfera

Capa inferior de la atmósfera donde se producen la mayoría de los fenómenos meteorológicos. La troposfera contiene aproximadamente el 80% de la masa de la atmósfera y se caracteriza por temperaturas que normalmente disminuyen con la altitud. El límite entre la troposfera y la estratosfera

depende de la latitud y la estación. Varía desde los 8 km sobre los polos hasta 16-18 km sobre los trópicos.

Ultravioleta

Parte del espectro electromagnético que es más energético, y de longitud de onda menor que la luz visible; normalmente se define como radiación con longitudes de onda entre 0.1 - 0.38 micrómetros.

Vapor de agua

La forma gaseosa del agua en la atmósfera incolora, inolora e invisible.

Vapor de agua precipitable

Ancho de la capa de agua líquida del planeta que se formaría si todo el vapor de agua en una columna de atmósfera se condensara en la superficie terrestre. Como media, la atmósfera contiene alrededor de 2 centímetros de vapor de agua precipitable.

Visibilidad

Distancia desde la cual un observador puede ver e identificar claramente un objeto.