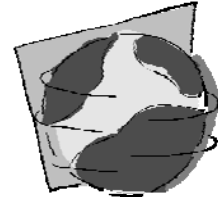


Introducción



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).

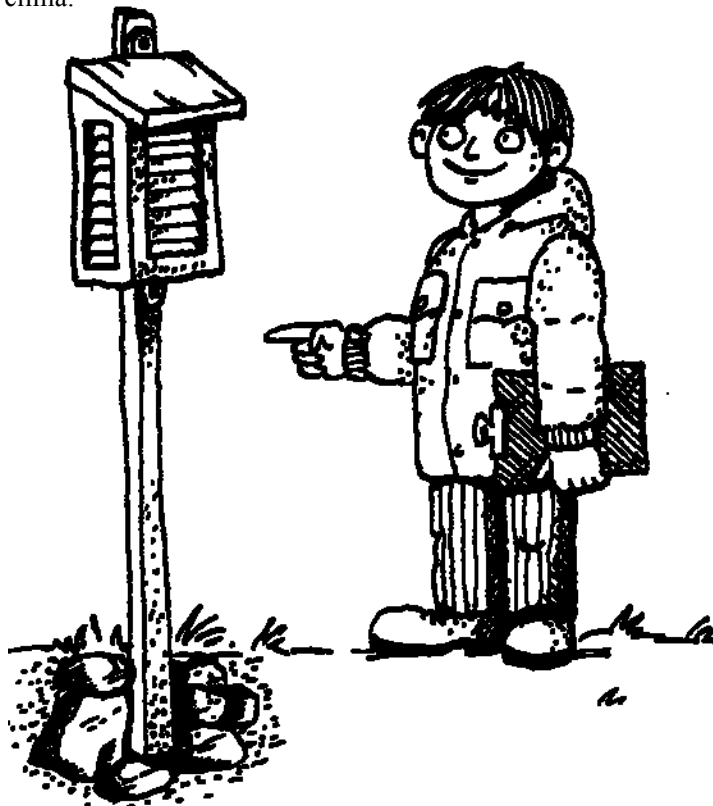
Todas estas características de la atmósfera nos afectan a nosotros y a nuestro ambiente. La ropa que podemos usar y lo que podemos hacer al aire libre hoy, depende del tiempo. ¿Está lloviendo? ¿Nevando? ¿Está soleado? ¿Hace frío?

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

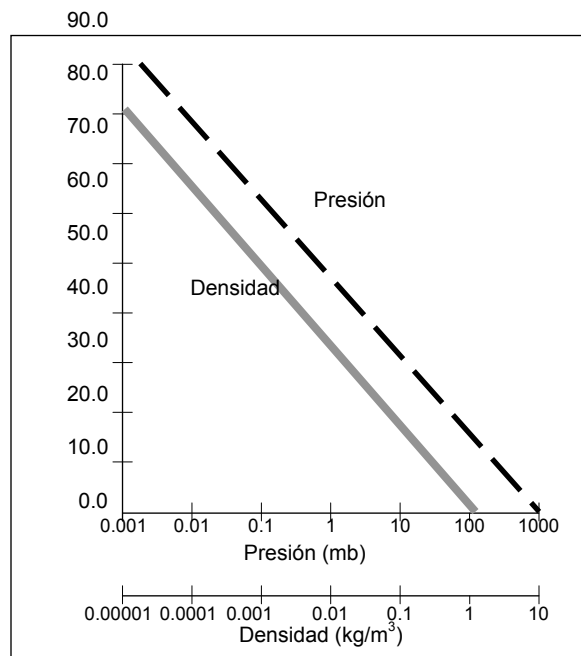
La naturaleza de la atmósfera

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

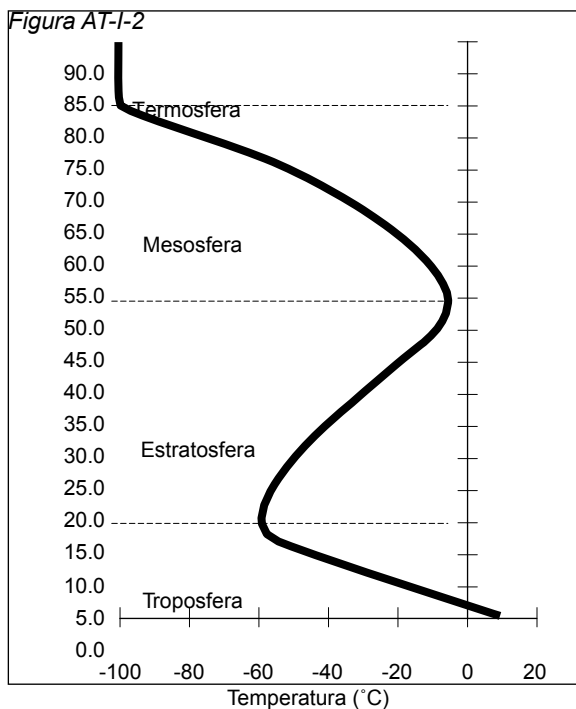


mesosfera). Por encima de esta altura, en la termosfera, la densidad del aire es tan baja que muchos fenómenos diferentes comienzan a tener importancia. A estas alturas, la absorción de los rayos X y de la luz ultravioleta extrema procedente del Sol, ioniza los gases de la atmósfera y calienta el aire. 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

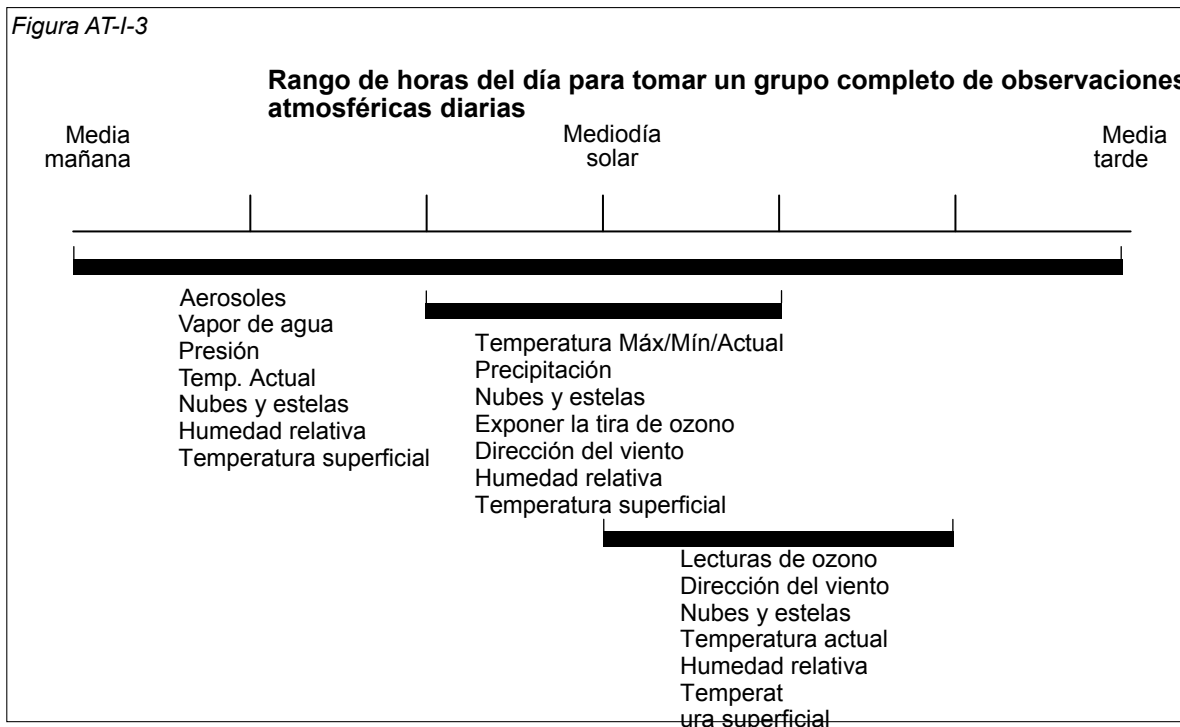


Tabla AT-I-1

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 calibrelos 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.

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								

