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 NO_2).

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 deber 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 ºC. 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.

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 detectores.

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 0,5º 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.