

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.

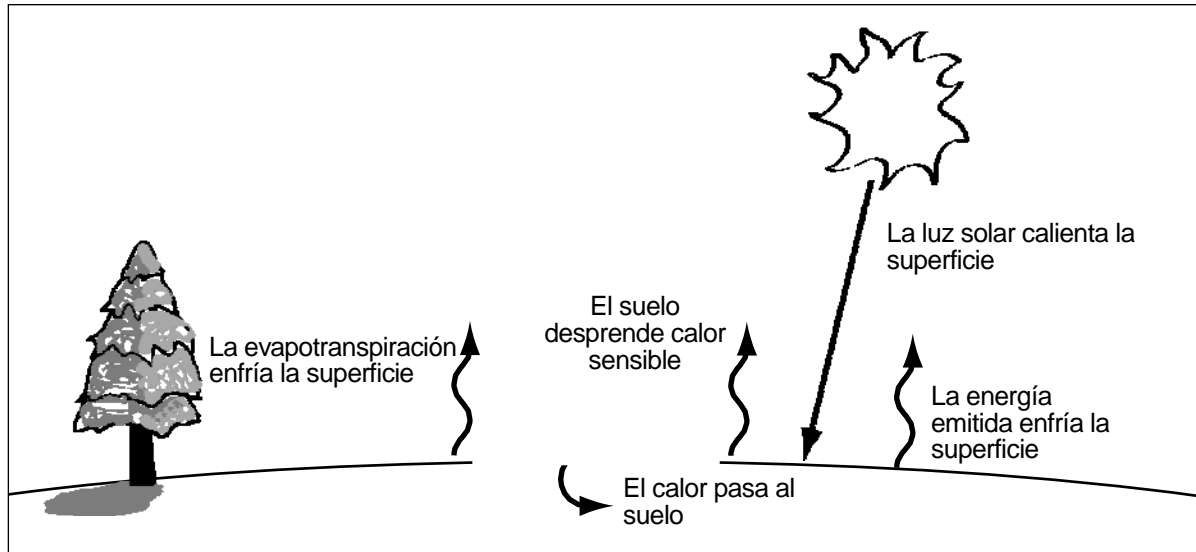
Las mediciones GLOBE de las temperaturas superficiales ayudarán a los estudios del clima y a la comprensión del ciclo global de energía, ambos en combinación con otras medidas y en comparación con los datos de satélite. Ver el capítulo de *La Tierra como Sistema* para más información sobre el ciclo de 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.

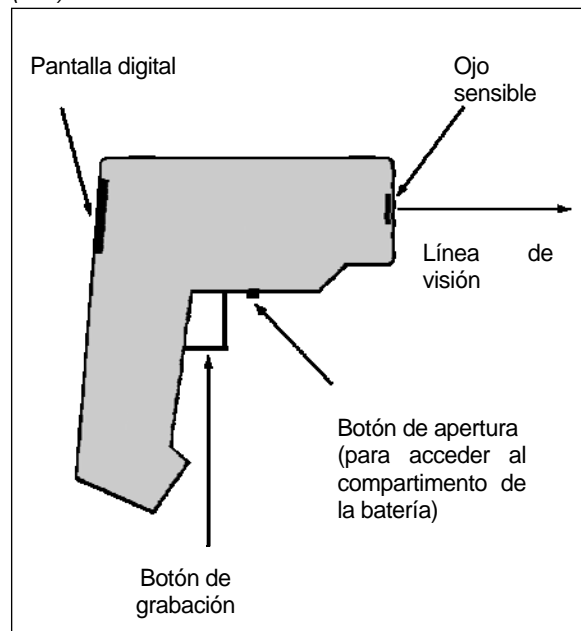
Para más información sobre el balance energético y evapotranspiración, por favor, consulta el *Capítulo la Tierra como Sistema*.

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.

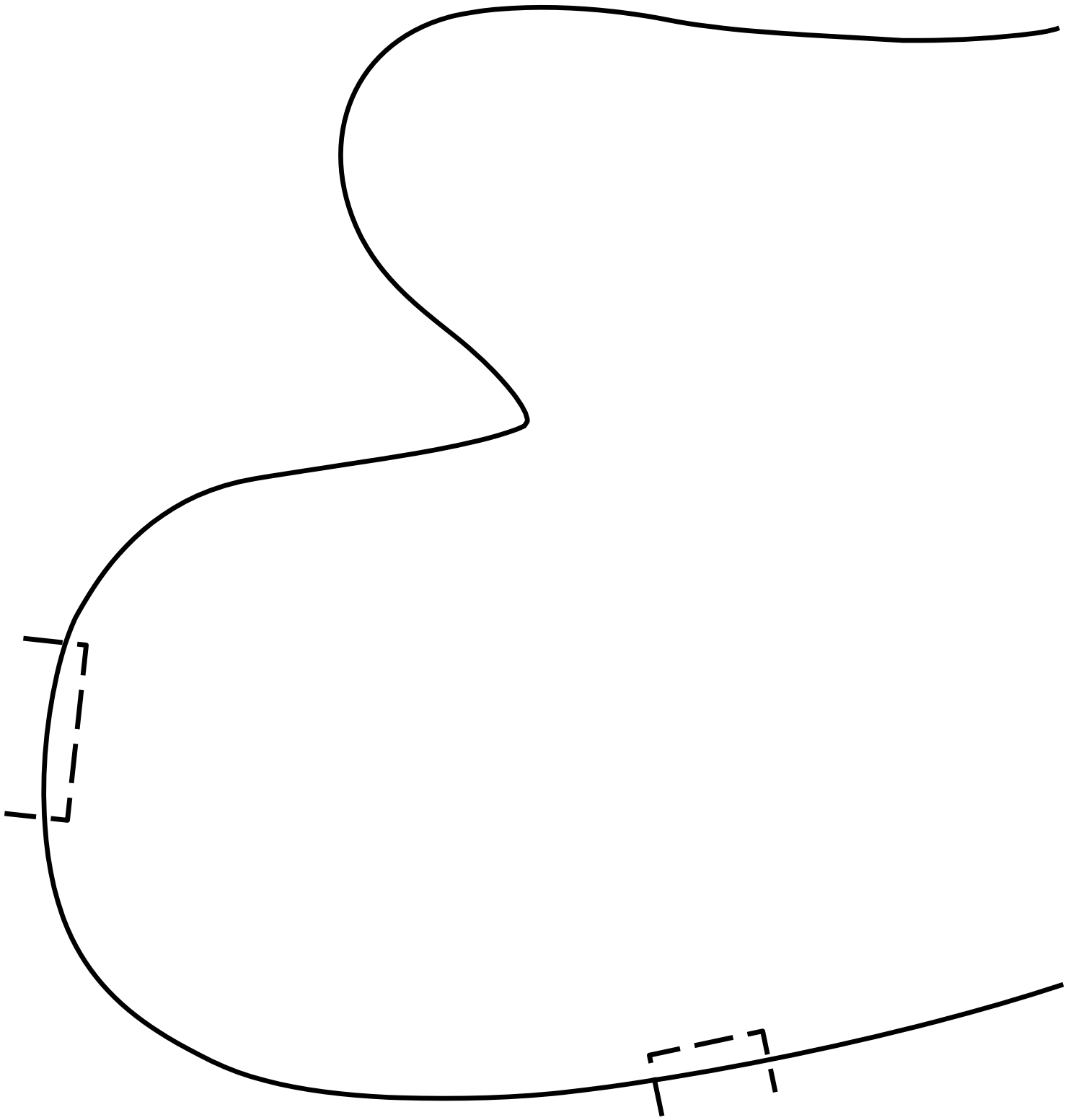
El guante térmico es un invento de un profesor de secundaria muy dedicado y respetado de la Academia St. Úrsula en Toledo, Ohio, EEUU., que se ha implicado en los proyectos de investigación de observación de la Tierra realizados entre estudiantes y científicos desde agosto del 2000. ¡Gracias, Jackie 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

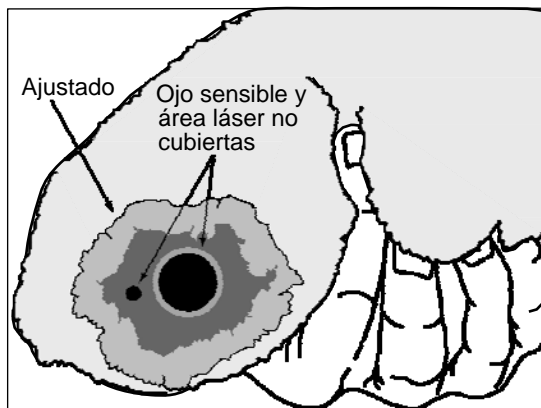
mano (como un guante) para evitar quemarse cuando cogen elementos calientes de un horno o estufa. La “manopla de horno” está constituida en un 100% por felpa; por dentro y por fuera. Un patrón a medida del guante térmico con agujeros para el ojo sensible del TIR y para la pantalla digital se muestra 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

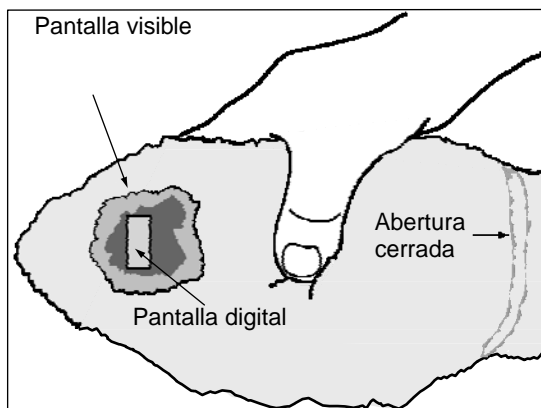
1. Comprar una manopla para horno 100% de felpa.
2. Colocar la manopla para horno sobre el patrón a medida de la siguiente página y marca las áreas de tu manopla para horno en las que se tendrán que hacer los 2 agujeros.
3. Se necesitarán unas tijeras muy puntiagudas, afiladas y resistentes para cortar 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!!



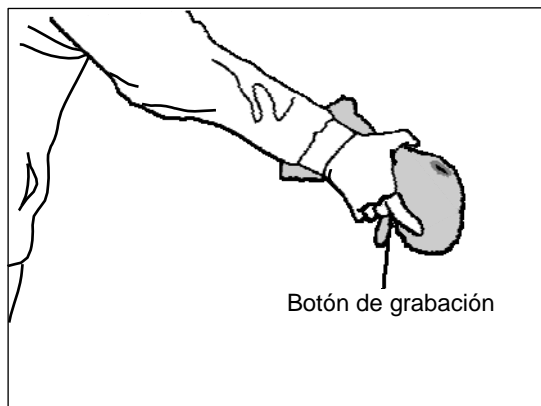
Paso 2



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.

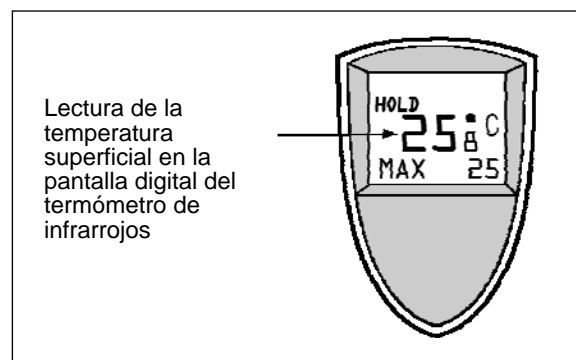
a.



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)

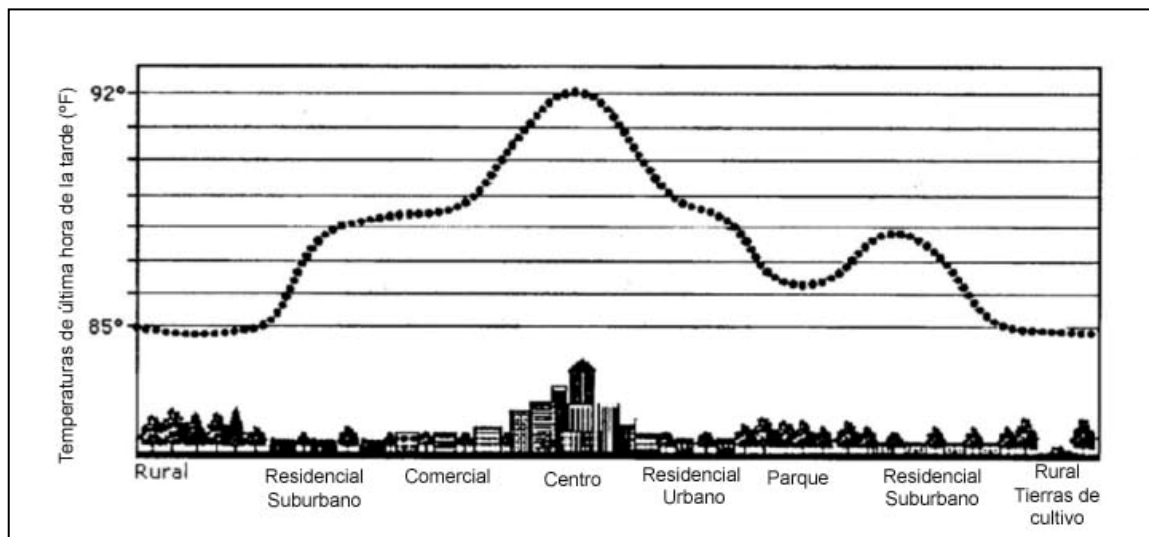
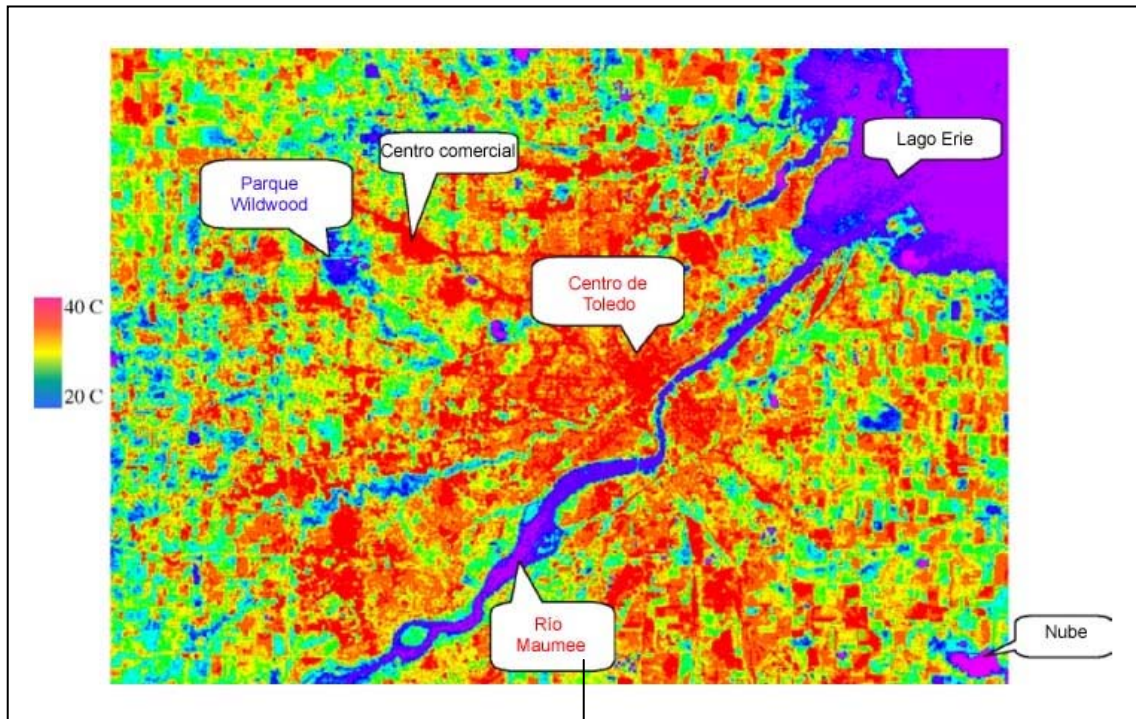


Figura AT-TS-4: Temperatura Superficial para Toledo, Ohio, EEUU.



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.