

Secundaria
14-16



paquete de recursos educativos

ISLAS DE CALOR URBANAS

guía del profesor y hojas
de trabajo del alumno



| | |
|---|----|
| ISLAS DE CALOR URBANAS: Visión general..... | 3 |
| Resumen de actividades..... | 4 |
| El clima desde el espacio | 6 |
| El calentamiento de las ciudades: información inicial | 7 |
| Actividad 1: ISLAS DE CALOR URBANAS | 8 |
| Actividad 2: RADIACIÓN Y TEMPERATURA..... | 10 |
| Actividad 3: CIUDAD Y PAÍS..... | 12 |
| Hoja de trabajo del estudiante 1: FOCOS DE CALOR URBANOS | 15 |
| Hoja de trabajo del estudiante 2: RADIACIÓN Y TEMPERATURA | 16 |
| Hoja de trabajo 3: CIUDAD Y PAÍS | 18 |
| Hoja de información 1: ISLAS DE CALOR URBANAS | 20 |
| Hoja de información 2: RADIACIÓN Y TEMPERATURA | 22 |
| Enlaces | 24 |

paquete de recursos educativos de la iniciativa sobre el cambio climático – ISLAS DE CALOR URBANAS

<https://climate.esa.int/es/educate/>

Conceptos de actividad desarrollados por la Universidad de Twente (NL) y el Centro Nacional de Observación de la Tierra (Reino Unido)

La Oficina del Clima de la ESA agradece las opiniones y comentarios

<https://climate.esa.int/es/helpdesk/>

Producido por la Oficina del Clima de la ESA
Copyright © Agencia Espacial Europea 2020-2021

ISLAS DE CALOR URBANAS: Visión general

Hechos

Asignatura(s): Geografía, Ciencia, Física, Ciencias de la Tierra

Rango de edad: 14-16 años

Tipo: lectura, investigación matemática, investigación en línea

Complejidad: media a avanzada

Tiempo mínimo requerido: 4 horas

Coste: bajo (5-20 euros)

Lugar: en el interior

Incluye el uso de: Internet, software de hojas de cálculo

Palabras clave: energía electromagnética, cuerpo negro, pico de radiación, emisividad, observación satelital, temperatura de la superficie terrestre, temperatura de brillo, ola de calor, isla de calor urbana, planificación urbana

Breve descripción

En este grupo de actividades, los estudiantes aprenderán cómo el entorno urbanizado provoca el efecto “isla de calor urbano” y cómo la observación Terrestre se usa para entender y reducir este efecto.

En la primera actividad, los alumnos exploran los datos visuales de temperatura de una ciudad y los utilizan para identificar algunas de las causas de las islas de calor urbanas.

La segunda actividad introduce los principios de la medición remota de la temperatura y los aplica al cálculo del efecto por el uso de diferentes materiales en las ciudades.

En la actividad final, los alumnos usan la aplicación web *Climate from Space* y los datos obtenidos para comparar temperaturas y tendencias en un medio urbano y uno rural.

Resultados de aprendizaje previstos

Después de trabajar con estas actividades, los alumnos serán capaces de:

Describir el efecto isla de calor urbano y enumerar algunas de sus consecuencias.

Identificar los aspectos del entorno construido que potencian y reducen el efecto isla de calor urbano.

Relacionar este comportamiento con la física de la transferencia de calor.

Realizar cálculos para mostrar cómo las mediciones de la radiación térmica pueden convertirse en valores de temperatura.

Relacionar los valores de emisividad de una serie de materiales utilizados en las ciudades con las temperaturas de brillo.

Analizar y presentar los datos utilizando una hoja de cálculo.

Crear un informe para resumir y explicar las conclusiones extraídas de análisis.

Resumen de actividades

| | Título | Descripción | Resultado | Aprendizaje previo | Tiempo |
|---|-------------------------|--|--|---|----------|
| 1 | Islas de calor urbanas | Lectura y análisis de imágenes | Describir el efecto isla de calor urbano y enumerar algunas de sus consecuencias. Identificar los aspectos del entorno construido que potencian y reducen el efecto isla de calor urbano. Relacionar el comportamiento de estos aspectos con la física de la transferencia de calor. | Transferencia de calor por conducción, convección y radiación | 1½ horas |
| 2 | Radiación y temperatura | Cálculos basados en las ecuaciones de la radiación del cuerpo negro (con soporte de hoja de cálculo) | Realizar cálculos para mostrar cómo las mediciones de la radiación térmica pueden convertirse en valores de temperatura. Relacionar los valores de emisividad de una serie de materiales utilizados en las ciudades con las temperaturas de brillo. | Regiones del espectro electromagnético, cálculos con la forma estándar, prefijos del SI | 1 hora |
| 3 | Ciudad y campo | Análisis de datos numéricos mediante una hoja de cálculo | Analizar y presentar los datos de un gran conjunto de datos utilizando una hoja de cálculo. Crear un informe para resumir y explicar las conclusiones extraídas de los datos analizados. | Actividad 1 | 1½ horas |

Los tiempos indicados se refieren a los ejercicios principales, suponiendo que se dispone de pleno acceso a las tecnologías de la información o que se distribuyen los cálculos y los gráficos repetitivos en la clase. Incluyen el tiempo para la puesta en común de los resultados, pero no la presentación de los mismos, ya que esto variará en función del tamaño de la clase y de los grupos. Los enfoques alternativos pueden llevar más tiempo.

Notas prácticas para los profesores

El **material necesario** para cada actividad se indica al principio de la sección correspondiente, junto con notas sobre la preparación que puede ser necesaria aparte de la copia de las hojas de trabajo y las de información.

Las **hojas de trabajo** están diseñadas para un solo uso y pueden copiarse en blanco y negro.

Las **hojas de información** pueden contener imágenes de mayor tamaño para que las inserte en sus presentaciones en el aula, información adicional para los alumnos o datos para que trabajen con ellos. Es mejor imprimir o copiar estos recursos en color, pero pueden reutilizarse.

Todas las **hojas de cálculo, conjuntos de datos o documentos adicionales** necesarios para la actividad pueden descargarse siguiendo los enlaces a este paquete desde <https://climate.esa.int/es/educate/climate-for-schools/>

Las ideas ofrecidas para la **ampliación del contenido** y las sugerencias de **diferenciación** se incluyen en los puntos adecuados de la descripción de cada actividad.

Para apoyar **la evaluación**, se incluyen las respuestas de las hojas de trabajo y los resultados de las actividades prácticas. En la parte correspondiente de la descripción de la actividad se indican las posibilidades de utilizar criterios locales para evaluar competencias básicas como la comunicación o el manejo de datos.

Salud y seguridad

En todas las actividades, hemos dado por sentado que seguirá sus procedimientos habituales en relación con el uso del equipo común (incluidos los dispositivos eléctricos, como los ordenadores), el movimiento dentro del entorno de aprendizaje, los tropiezos y derrames, los primeros auxilios, etc. Como la necesidad de estos procedimientos es universal, pero los detalles de su aplicación varían considerablemente, no los hemos detallado siempre. En su lugar, hemos destacado los peligros particulares de una determinada actividad práctica para alimentar su evaluación de riesgos.

Algunas de estas actividades utilizan la aplicación web *Climate from Space* u otros sitios web interactivos. Es posible navegar desde ellas a otras partes del sitio de la Iniciativa sobre el Cambio Climático de la ESA o de la organización anfitriona y, a partir de ahí, a sitios web externos. Si no puede -o no desea- limitar las páginas que los alumnos pueden ver, recuérdelos las normas locales de seguridad en Internet.

El clima desde el espacio

Los satélites de la ESA desempeñan un importante papel en la vigilancia del cambio climático. La aplicación web *Climate from Space* (clima desde el espacio) (cfs.climate.esa.int) es un recurso en línea que utiliza historias ilustradas para resumir algunas de las formas en que nuestro planeta está cambiando y destacar el trabajo de los científicos de la ESA.

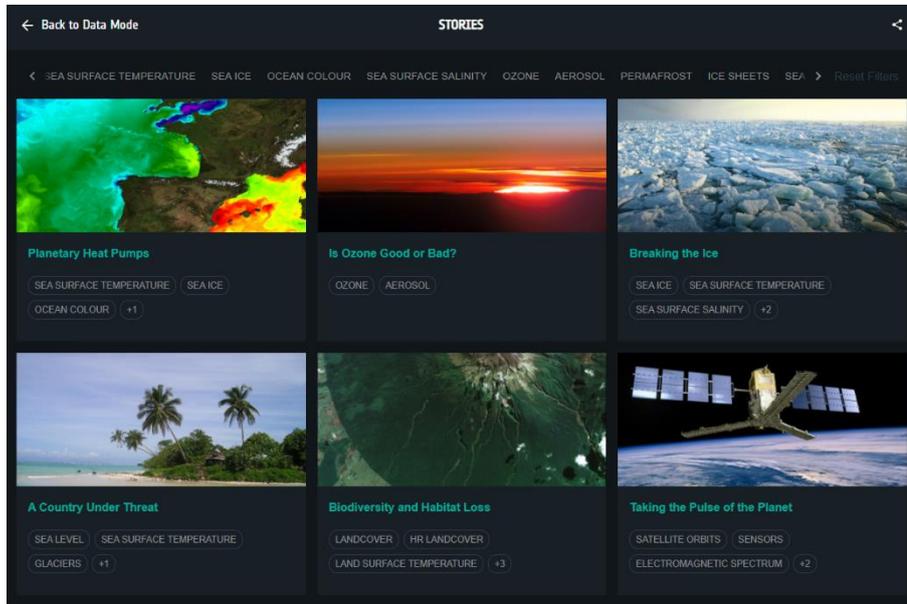


Figura 1: Historias en la aplicación web *Climate from Space* (Fuente: ESA CCI)

El programa de la Iniciativa sobre el Cambio Climático de la ESA produce registros globales fiables de algunos aspectos clave del clima conocidos como Variables Climáticas Esenciales (ECVs, en inglés). La aplicación web *Climate from Space* le permite entender mejor el impacto del cambio climático explorando datos por sí mismo.

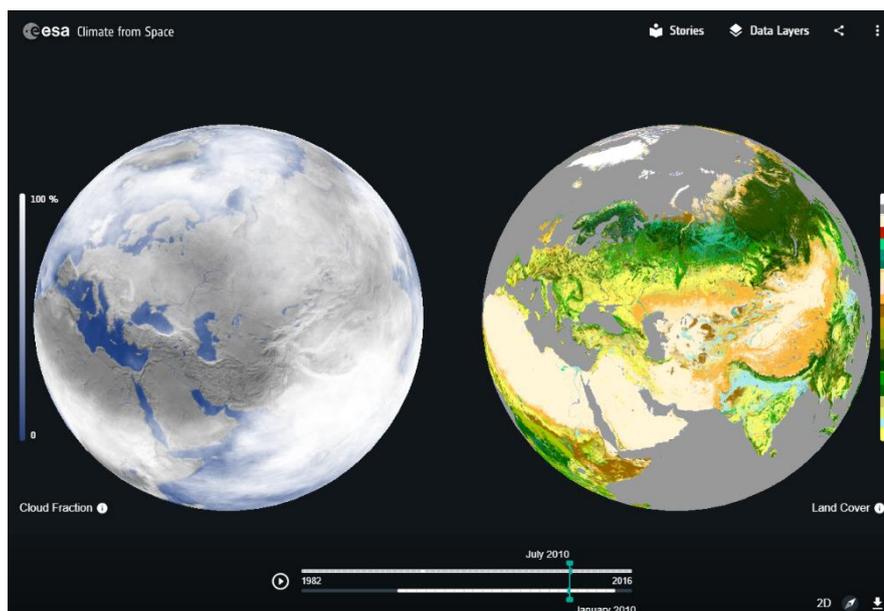


Figura 2: Comparación de las nubes y la cubierta terrestre en la aplicación web *Climate from Space* (Fuente: ESA CCI)

El calentamiento de las ciudades: información inicial

El efecto isla de calor urbano es un fenómeno que hace que las temperaturas en las ciudades sean a menudo más altas que las de las zonas rurales circundantes. Este efecto se amplifica durante las olas de calor, ya que los materiales utilizados para crear el entorno construido tienen una alta capacidad térmica y esto limita la cantidad de enfriamiento que se produce cada noche.

El crecimiento de la población urbana y los efectos del cambio climático indican que cada vez más personas se verán afectadas por este fenómeno en las próximas décadas.

En algunas ciudades, muchas personas utilizan el aire acondicionado para reducir la temperatura interior, una solución que no sólo es imposible de aplicar en el exterior, sino que agrava el problema al utilizar mucha energía, gran parte de la cual se sigue generando a partir de combustibles fósiles. La gestión sostenible de la temperatura en una ciudad se basa en soluciones más pasivas que tengan en cuenta la capacidad térmica y las propiedades de la superficie de los materiales utilizados, estructuras arquitectónicas que potencien la circulación natural del aire más fresco y una planificación urbana que ayude a reducir las emisiones.

Hacer que una ciudad sea resistente al clima puede implicar la búsqueda de formas de reintroducir plantas en el entorno urbano. Un ejemplo de ello son los tejados verdes que se están introduciendo en Arnhem (Países Bajos). Otro enfoque, que se ha probado en Los Ángeles, es pintar las carreteras de asfalto oscuro con una capa de material más claro. Esto ha provocado un descenso de la temperatura local de 5°C y los modelos muestran que, si se aplica a gran escala, podría reducir la temperatura de toda la ciudad en 1°C. Esto sucede simplemente porque los colores oscuros absorben mucha radiación mientras que los claros la reflejan.

Las islas de calor urbanas, y las zonas individuales dentro de ellas, destacan claramente en las imágenes de temperatura de la superficie terrestre obtenidas por satélite. Éstas muestran datos de temperatura mucho más detallados de lo que sería posible recoger sólo con mediciones de superficie. La observación de la Tierra es, por tanto, muy útil para el análisis y la planificación de grandes espacios.

Las actividades de este paquete educativo se centran en cómo se recopilan estos datos y cómo evidenciamos el efecto isla de calor. Además de explorar los datos en forma visual y numérica, los alumnos aprenden cómo los valores de radiación térmica se convierten en datos de temperatura que pueden utilizarse para controlar el calor urbano y apoyar el diseño de ciudades resistentes al clima. Para ello es necesario tener en cuenta la radiación que emite un cuerpo ideal llamado “cuerpo negro” y, aunque este concepto probablemente forme parte de un plan de estudios más avanzado, los puntos clave necesarios para completar el trabajo se describen en la hoja informativa 2 y no son difíciles de comprender. Las matemáticas requeridas son más exigentes, por lo que los alumnos pueden utilizar la hoja de cálculo adjunta como ayuda para los cálculos.

Actividad 1: ISLAS DE CALOR URBANAS

Esta actividad introduce el efecto isla de calor urbana y considera el impacto potencial en un mundo que se calienta y se urbaniza cada vez más. Los alumnos exploran un mapa de calor de una ciudad y aplican lo aprendido para crear un hipotético mapa de calor de un entorno urbano local. Una parte o el total de esta actividad puede darse como ejercicio para casa.

Equipo

- Hoja de información 1 (la segunda página es opcional - ver paso 3)
- Hoja de trabajo del estudiante 1
- Acceso a Internet
- Mapas de contorno de una zona urbana local (opcional)
- Software de tratamiento de imágenes o lápices de colores
- Hojas grandes de papel (opcional - ver paso 5)
- Aplicación web Climate from Space: Historia: *Calor urbano* (opcional)

Preparación

Si los alumnos deben realizar el paso 5 en papel, deberás imprimir mapas de contorno de una zona urbana local. Si es posible, reduzca la saturación de color antes de imprimir para eliminar los bloques de color y dejar los contornos grises.

Ejercicio

1. Presenta el tema pidiendo a los alumnos que compartan sus experiencias personales con las olas de calor y cómo el entorno afecta a la sensación de calor, quizás refiriéndose a los lugares a los que van de vacaciones, a determinados edificios o a ciertas partes del entorno urbano local.
2. Pide a los alumnos que lean la ficha informativa 1.1 y que compartan con un compañero una cosa que hayan aprendido de la historia, y también una pregunta que quieran formular al respecto.
Si se hace esto en clase, se puede complementar el texto con material de la historia de la aplicación web Climate from Space *Calor Urbano*.
3. Pide a los alumnos que trabajen con las preguntas 1-4 de la hoja de trabajo del estudiante 1. Pueden utilizar una copia electrónica del mapa de calor de Madrid si desean reducir la cantidad de copias en color necesarias. La imagen puede descargarse de https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2008/07/AHS-observed_relative_temperatures_of_Madrid_Spain#.X9ouo5WBoXk.link
4. Discute las respuestas a las preguntas de la hoja de trabajo, así como cualquier pregunta que los alumnos hayan identificado durante la lectura de la hoja de información y que no haya sido respondida al realizar la actividad.
5. Pide a los alumnos que elaboren un mapa de calor teórico de una zona urbana local. Pueden hacerlo añadiendo capas, bloques o polígonos de color a una captura de pantalla de un mapa en línea o coloreando un mapa en papel.
En el paso 6 de la hoja de trabajo de los alumnos se les pide que completen su mapa con anotaciones. Pueden hacerlo con bloques de texto, etiquetas o notas

- adhesivas. Poniendo el mapa en el centro de un papel o lienzo más grande, con el texto alrededor del borde, puede hacer que la presentación sea más clara.
6. Los alumnos pueden debatir y evaluar entre ellos sus mapas como ejercicio plenario o, si esta parte de la actividad se utiliza como tarea, en una lección posterior.

Respuestas a la hoja de trabajo

Los resultados que den los alumnos dependerán de los conocimientos previos que tengan antes de la tarea, por lo que es posible que sus respuestas no incluyan todos los puntos siguientes y/o que incluyan otras conexiones válidas.

1. Las carreteras están hechas de hormigón o asfalto, que son oscuros y absorben bien el calor diurno y lo devuelven por la noche. Además, su capacidad térmica es mayor que la del aire, por lo que almacenan mucha energía térmica. La fricción entre la carretera y los neumáticos de los vehículos que circulan por ella genera un calor adicional que se transfiere a la carretera y también se almacena en ella.
2. El techo blanco de las gradas del estadio absorbe poco calor. La disposición abierta del estadio hace que el aire caliente no quede atrapado en su interior, sino que pueda salir por convección. Si no ha habido partido ese día, habrá habido poca gente en el estadio, incluso un cuerpo humano en reposo emite una potencia de unos 100 W.
3. Hay varios parques y campos de juego en la zona, pero uno de los contrastes más llamativos es la rotonda de la Plaza de la República Argentina.
4. Los edificios están dispuestos en torno a una hilera de patios, una característica arquitectónica muy utilizada en los climas cálidos desde la antigüedad por la sombra que proporcionan y el efecto de refrigeración pasiva que crean. La cubierta del tejado es más pálida que las tejas utilizadas en muchos edificios de los alrededores. Los alumnos también pueden señalar que, al ser medianoche cuando se tomó la foto, los aparatos de aire acondicionado que puedan haber estado funcionando durante el día no estarán añadiendo calor al entorno.

Las respuestas a las preguntas restantes variarán.

Actividad 2: RADIACIÓN Y TEMPERATURA

Esta actividad demuestra cómo la detección de la intensidad de la radiación térmica puede utilizarse para determinar las temperaturas de la superficie terrestre considerando las características de un cuerpo negro ideal. Se presenta a los alumnos las ecuaciones pertinentes y se utiliza una hoja de cálculo para realizar cálculos con ellas.

Equipo

- Hoja de información 2
- Hoja de trabajo del estudiante 2
- Calculadora
- Islas de calor urbanas Actividad 2 hoja de cálculo

Preparación

Puede descargar la hoja de cálculo de la Actividad 2 de Islas de calor urbanas de la sección de *Islas de calor urbanas* de la página web de la ESA Clima para las Escuelas (<https://climate.esa.int/educate/climate-for-schools/>) en un lugar en el que sus alumnos puedan acceder a ella sin necesidad de conectarse a Internet.

Los alumnos también pueden necesitar un diagrama que muestre las regiones del espectro electromagnético si este trabajo no se lleva a cabo como parte de un tema relacionado. (Véase, por ejemplo, el paquete de recursos educativos complementarios *Tomando el pulso al planeta* (primer ciclo de secundaria), disponible en la dirección web anterior).

Ejercicio

1. Pide a los alumnos que enumeren los métodos e instrumentos utilizados para medir la temperatura, y que incluyan las ventajas y desventajas de cada uno. Continúa considerando cuáles de ellos podrían utilizarse para la detección remota de la temperatura; por ejemplo, los pares termoléctricos u otros termómetros electrónicos que podrían conectarse a un transmisor para transmitir los datos a un lugar diferente.
Explica que van a averiguar más sobre el funcionamiento de las cámaras térmicas y realizarán algunos cálculos en los que se basa su funcionamiento.
2. Puedes pedir a los alumnos que lean la hoja de información y completen los cálculos en la hoja de trabajo con la ayuda de la hoja de cálculo. Sin embargo, las ecuaciones son bastante intimidantes, por lo que sería mejor leer una sección de la hoja de información, realizar los cálculos correspondientes y comprobar las respuestas antes de pasar a la siguiente sección. Esto te permitirá comprobar la comprensión y ofrecerles apoyo si lo necesitan.
3. Puedes pedir a los alumnos que combinen lo aprendido en esta actividad con los mapas que elaboraron al final de la Actividad 1 para sugerir cambios específicos que podrían realizarse en la zona que han estudiado para reducir el efecto isla de calor urbano.

Respuestas a la hoja de trabajo

1. 2. Los alumnos pueden conocer o no las subdivisiones de la porción infrarroja del espectro utilizadas en la observación de la Tierra y la teledetección. Si lo desea, puede presentarlas. (NIR = infrarrojo cercano; SWIR = infrarrojo de onda corta).

| | Temperatura | | Longitud de onda máxima | | Región del espectro electromagnético |
|-----------------------------|-------------|------|-------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| | / K | / °C | / m | | |
| Sol | 5795 | 5522 | 5.00×10^{-7} | 500 nm | visible (verde) |
| vidrio fundido | 1700 | 1427 | 1.70×10^{-6} | 1,70 μm | infrarrojo (NIR) |
| lava | 1500 | 1227 | 1.93×10^{-6} | 1,93 μm | infrarrojo (SWIR) |
| hormigón caliente | 333 | 60 | 8.70×10^{-6} | 8,70 μm | infrarrojos (térmicos) |
| Tierra (media) | 300 | 27 | 9.66×10^{-6} | 9,66 μm | infrarrojos (térmicos) |
| hormigón fresco | 283 | 10 | 1.02×10^{-5} | 10,2 μm | infrarrojos (térmicos) |
| Tierra (más fría que nunca) | 184 | -89 | 1.57×10^{-5} | 15,7 μm | infrarrojos (térmicos) |

3. a. $1,50 \times 10^7 \text{ W sr}^{-1}\text{m}^{-3}$ b. $9,65 \times 10^6 \text{ W sr}^{-1}\text{m}^{-3}$ c. $7,38 \times 10^6 \text{ W sr}^{-1}\text{m}^{-3}$

4.

| Superficie | Emisividad | Temperatura de brillo / K at 10,85 μm y 27°C |
|-------------------|------------|--|
| Agua | 0,99 | 23,1 |
| Hormigón en bruto | 0,94 | 22,3 |
| Asfalto | 0,93 | 22,1 |
| Roble | 0,885 | 21,4 |

5. Los árboles tienen una temperatura de brillo más baja, lo que significa que su superficie emite menos energía a la atmósfera, por lo que no calientan el aire a su alrededor en la misma medida que el agua, el hormigón o el asfalto.

También proporcionan sombra, lo que evitará que el suelo bajo ellas absorba energía del Sol y se caliente, reduciendo así la radiación que el suelo emite a su vez.

Los árboles además envían agua a la atmósfera a través de la transpiración de sus hojas. La energía para evapotranspirar se toma de la atmósfera, bajando así su temperatura.

Actividad 3: CIUDAD Y PAÍS

En esta actividad, los alumnos utilizan la aplicación web Climate from Space para identificar los tipos de cobertura del suelo asociados a un par de lugares contrastados y analizar los datos de temperatura descargados. Consolidan su aprendizaje del tema elaborando un informe que relacione los patrones que han encontrado con la información sobre el comportamiento radiativo de las diferentes superficies y, quizás, con otras variables climáticas.

Equipo

- Acceso a Internet
- Aplicación web Climate from Space
- Hoja de trabajo del estudiante 3
- Islas de calor urbanas Actividad 3 hoja de cálculo
- Programas de hojas de cálculo y de procesamiento de textos

Preparación

Puedes descargar la hoja de cálculo "Islas de calor urbanas Actividad 3" de la sección *Islas de calor urbanas* de la página web de la ESA "Climate for Schools" (<https://climate.esa.int/educate/climate-for-schools/>) en un lugar donde sus alumnos puedan acceder a ella sin necesidad de conectarse a Internet.

Ejercicio

1. Recuerda a los alumnos que han visto cómo se mide la temperatura de la superficie terrestre desde el espacio y cómo esta varía en una ciudad, pero que hasta ahora no han considerado evidencias del efecto isla de calor urbano. Eso es lo que haremos en este ejercicio comparando los datos de una zona urbana con los de una zona rural.
2. Pide a los alumnos que lo hagan siguiendo las instrucciones y respondiendo a las preguntas de la hoja de trabajo del estudiante 3.
Los estudiantes pueden necesitar apoyo adicional en las siguientes áreas:
 - La leyenda de la cubierta terrestre en Climate from Space es bastante detallada. Anima a los alumnos a buscar categorías más amplias: las zonas urbanas son rojas, la roca desnuda y la vegetación escasa son colores pálidos, los bosques y las zonas arboladas son tonos de verde, otros tipos de vegetación se muestran en amarillo, etc.
 - Algunos alumnos pueden necesitar ayuda para determinar un gráfico apropiado. Podría ser útil hacer etiquetas compuestas para el eje x como en el ejemplo.
 - La forma más rápida de determinar las temperaturas medias de cada mes para la pregunta 4 es utilizar la función SUMIF.
3. Puedes pedir a aquellos alumnos que trabajen con rapidez que hagan una o varias de las siguientes cosas:
 - Comparen la tendencia de la temperatura en invierno y en verano para cada lugar (digamos enero y julio). ¿Cambia de la misma manera que la tendencia anual? Si no es así, ¿qué diferencias se aprecian?

- Los alumnos con mayores conocimientos de estadística también podrían cuantificar la variación de temperatura en cada lugar -ya sea a lo largo de todo el periodo o en momentos concretos- y considerar hasta qué punto las evidencias apoyan las tendencias que han descrito.
 - Los alumnos también pueden examinar otras capas de datos de la aplicación web Climate from Space que crean puedan influir en la temperatura de cada lugar: la humedad del suelo y las nubes, por ejemplo.
4. La tarea final de la ficha 3.2 consiste en elaborar un informe que resuma y explique estos resultados. Este informe podría utilizarse para evaluar el aprendizaje de los alumnos sobre el tema en su conjunto, así como las habilidades de comunicación y manejo de datos según los criterios locales.

Respuestas a la hoja de trabajo

1. Heathrow - urbano; Waddington – rural, tierras de cultivo.
2. Eliminar los datos anteriores a 2009 del conjunto de datos de Heathrow; calcular las temperaturas medias de Heathrow.
3. Véase la figura 3.

Similitudes: los máximos y mínimos se producen en la misma época del año en ambos lugares (enero y julio, respectivamente); el rango entre las temperaturas más altas y más bajas en cada lugar es similar (unos 20°C).

Diferencias: En general, las temperaturas son más altas en Heathrow que en Waddington; las temperaturas de invierno en Waddington son considerablemente más bajas que las de Heathrow aproximadamente uno de cada tres años; las temperaturas de verano en Heathrow son notablemente más altas que las de Waddington casi todos los años.

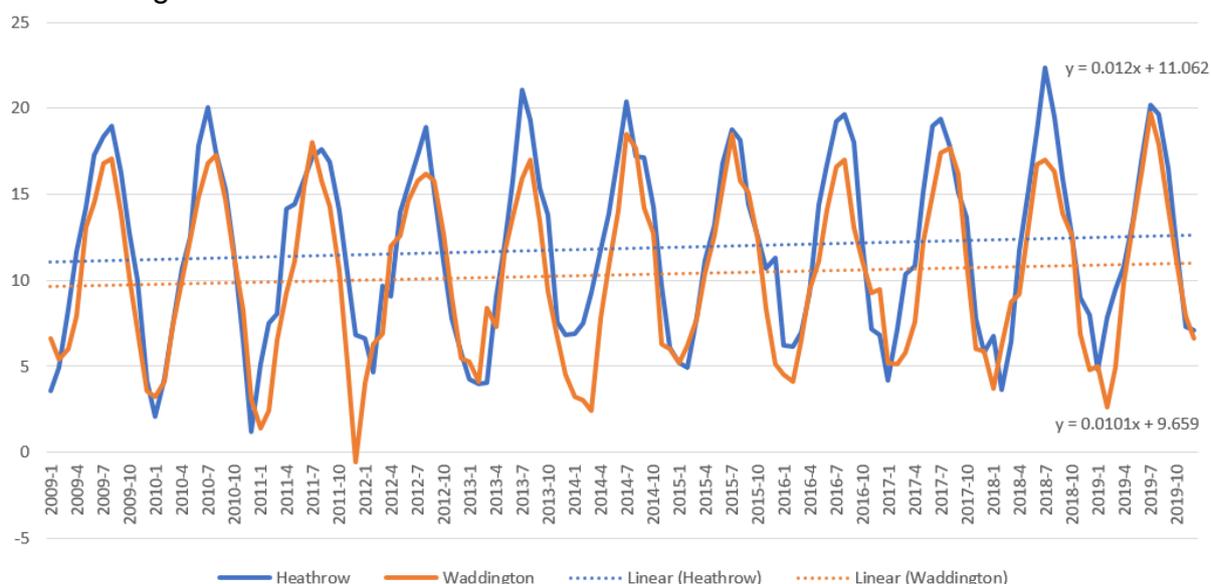


Figura 3: Temperaturas medias mensuales de Heathrow y Waddington, Reino Unido
(Fuente: climate-data.org)

4.

| Temperatura media /°C | Jan | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-----------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| Heathrow | 5.1 | 5.7 | 8 | 10.9 | 13.9 | 17 | 19.5 | 18.6 | 16 | 12.8 | 8.5 | 6.4 |
| Waddington | 4.3 | 4.5 | 6.5 | 9.2 | 12.2 | 14.9 | 17.4 | 16.9 | 14.4 | 11.4 | 7.4 | 4.9 |

5. Estos datos refuerzan la conclusión de que Heathrow es generalmente más cálido que Waddington. La comparación de las medias mensuales sugiere que esta diferencia suele ser mayor en los meses de verano.

6. Véase la figura 3.

Las temperaturas en ambos lugares están aumentando, pero a un ritmo más rápido en Heathrow que en Waddington. Los índices son de $0,010^{\circ}\text{C}/\text{mes} = 0,12^{\circ}\text{C}/\text{año}$ en Waddington y de $0,012^{\circ}\text{C}/\text{mes} = 0,14^{\circ}\text{C}/\text{año}$ en Heathrow.

Los datos numéricos de estas actividades fueron obtenidos en

www.metoffice.gov.uk/pub/data/weather/uk/climate/stationdata/heathrowdata.txt

and

www.metoffice.gov.uk/pub/data/weather/uk/climate/stationdata/waddingtondata.txt

Hoja de trabajo del estudiante 1: FOCOS DE CALOR URBANOS

Busca un mapa callejero y/o fotografías aéreas o imágenes de satélite en color real de la parte de Madrid que aparece en la imagen nocturna de la ficha 1.2.

Utiliza esto para ayudarte a responder las preguntas siguientes.

1. La red de carreteras aparece claramente en la imagen. ¿Por qué?

2. El estadio Bernabéu del Real Madrid también se ve muy claramente. ¿Por qué?

El texto de la ficha 1.1 menciona varias medidas que pueden ayudar a mantener las ciudades frescas, como la reintroducción de la vegetación, la mejora de la circulación del aire dentro y alrededor de los edificios y el uso de materiales o colores diferentes.

3. Identifica un lugar que parezca más fresco que el entorno por contener plantas.

4. La hilera de edificios gubernamentales, indicada en el extracto de la derecha, parece ser más fría que otras.
¿Qué características de su arquitectura pueden explicar esto?
Apoya tu respuesta refiriéndote a los edificios que contrastan con estas características.



¿Cómo esperarías que fuera un mapa similar de una parte de tu ciudad, pueblo o zona urbana más cercana?

5. Colorea un extracto del mapa para mostrar lo que piensas. Incluye una leyenda.
6. Añade etiquetas para explicar tus pensamientos para al menos cuatro características o lugares.
7. Compara tu mapa con el elaborado por otras personas.
¿Estáis de acuerdo? Si no es así, discute las diferencias, tratando de llegar a un consenso.

Hoja de trabajo del estudiante 2: RADIACIÓN Y TEMPERATURA

Para algunas de estas preguntas, es posible que quieras utilizar la hoja de cálculo de la Actividad 2 sobre zonas urbanas. Tu profesor te dirá cómo encontrarla. En todos los cálculos, procura utilizar las unidades correctas.

Temperatura y longitud de onda máxima

El pico de intensidad de la radiación del Sol está a 500 nm.

$$\lambda_{\text{peak}} = \frac{b}{T}$$

- Usa la Ley de Wien para estimar la temperatura del Sol.

Añade tu respuesta a la siguiente tabla.

- Utiliza la Ley de Wien para calcular la longitud de onda de radiación máxima de los objetos de la tabla. Da tu respuesta tanto en forma estándar como utilizando una unidad apropiada, e indica en qué parte del espectro electromagnético se encuentra la radiación.

| | Temperatura | | Longitud de onda máxima | | Región del espectro electromagnético |
|-----------------------------|-------------|------|-------------------------|--------|--------------------------------------|
| | / K | / °C | / m | | |
| Sol | | | $5,00 \times 10^{-7}$ | 500 nm | visible (verde) |
| vidrio fundido | 1700 | | | | |
| lava | 1500 | | | | |
| hormigón caliente | 333 | | | | |
| Tierra (media) | | 27 | | | |
| hormigón fresco | | 10 | | | |
| Tierra (más fría que nunca) | | -89 | | | |

Radiancia a otras temperaturas

El sensor de un satélite de observación de la Tierra detecta la radiación térmica infrarroja con una longitud de onda de 10,85 μm .

- Introduce los datos adecuados en la hoja de cálculo para usar la fórmula de radiación de cuerpo negro de Planck para calcular la radiación emitida por hormigón a las temperaturas que se muestran a continuación. La temperatura se da en Kelvin.

$$L_{BB}(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1 \right)}$$

- 60°C (Caliente) _____
- 27°C (medio) _____
- 10°C (frío) _____

Temperaturas de brillo

Los cuerpos negros son ideales. Por tanto, las superficies no son cuerpos negros, y hay que tener en cuenta la emisividad del material.

4. Introduce los datos adecuados en la hoja de cálculo para calcular la temperatura de brillo del agua, el hormigón, el asfalto y los robles a una temperatura de 27°C.

$$T_b = \frac{hc}{\lambda k_B \ln\left(1 + \frac{1}{\epsilon(\lambda)} \left[\exp\frac{hc}{\lambda k_B T} - 1\right]\right)}$$

Las emisividades se muestran en la tabla, que también puedes utilizar para anotar tus respuestas. Suponemos que el sensor detecta la misma longitud de onda que el de la pregunta 3.

| Superficie | Emisividad | Temperatura de brillo / Kat 10,85 μm y 27°C |
|-------------------|------------|--|
| Agua | 0,99 | |
| Hormigón en bruto | 0,94 | |
| Asfalto | 0,93 | |
| Roble | 0,885 | |

5. ¿Cómo ayudan tus respuestas de la pregunta 4 a la idea que la vegetación puede ayudar a reducir el efecto isla de calor urbano? ¿Existen otras formas de hacerlo?

Hoja de trabajo 3: CIUDAD Y PAÍS

Abra la aplicación web Climate from Space (cfs.climate.esa.int).

Haga clic en el símbolo de capas de datos (arriba a la derecha). Elija "Land Cover".

Reproduce la animación varias veces para comprobar que comprendes cómo los controles de la pantalla ayudan a observar mejor determinados lugares o momentos.

Pulse el botón ⓘ, abajo a la izquierda, para ver la leyenda. Comprueba que puedes reconocer los tipos de color utilizados para las distintas categorías de uso del suelo.

Vas a examinar las temperaturas en dos lugares del Reino Unido.

- Heathrow, Londres.
- Waddington, Lincolnshire.

Busca estos lugares en un mapa en línea para saber cómo localizarlos en la aplicación web "Climate from Space".

1. ¿Qué tipo de cubierta vegetal hay en cada lugar y en sus alrededores?
¿Ha cambiado significativamente durante el tiempo que abarcan los datos?

Heathrow _____

Waddington _____

Para los siguientes pasos necesitarás la hoja de cálculo de la Actividad 3 de Islas de calor urbanas. Tu profesor te dirá cómo encontrarla.

Armonización de los datos

La hoja de cálculo muestra los registros mensuales de temperatura de cada lugar. Antes de poder compararlos, primero hay que hacer coincidir los conjuntos de datos.

2. ¿Qué significa esto que tienes que hacer primero?

Haz una copia de la hoja y relaciona los dos conjuntos de datos.

Examen de los datos

Representa ambos conjuntos de datos en un solo gráfico con la fecha en el *eje de las abscisas (X)* y la temperatura en el *eje de las ordenadas (Y)*.

3. Compara el ciclo anual de variación de la temperatura en cada lugar, utilizando cifras para apoyar numéricamente tus conclusiones.

Similitudes: _____

Diferencias: _____

4. Calcula la temperatura media mensual anual en cada localidad. También puedes crear un gráfico apropiado de estos datos.

| Temperatura media /°C | Jan | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Heathrow | | | | | | | | | | | | |
| Waddington | | | | | | | | | | | | |

5. ¿Aporta esta tabla o gráfico alguna información nueva?, confirma o contradice alguna de las conclusiones que sacaste durante el análisis de la serie anual completa? Explica tu respuesta.

Añade una línea de tendencia lineal para cada conjunto de datos a tu gráfico completo, mostrando las ecuaciones de cada línea en el gráfico.

6. ¿Qué nos dicen estas líneas y sus ecuaciones sobre las temperaturas en Heathrow y Waddington? Una vez más, busca las similitudes y las diferencias y utiliza las cifras para apoyar tus descripciones.

Informa tus conclusiones

Escribe un breve informe basado en estos datos. Tu informe debe incluir:

- una descripción de los lugares y datos utilizados
- un reconocimiento de la fuente de datos
- al menos un gráfico
- una descripción de las principales pautas o tendencias de temperaturas
- una explicación de cada patrón o tendencia basada en lo que ha aprendido.

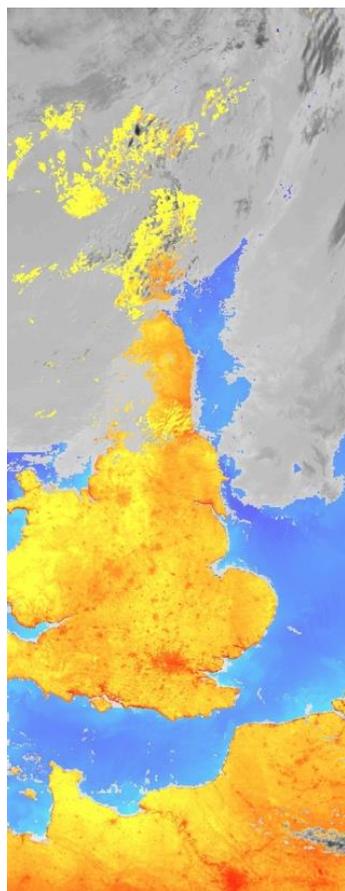
Tu informe también puede incluir:

- gráficos, mapas, diagramas o ilustraciones adicionales
- datos de otras fuentes, correctamente referenciados (donde los obtuviste)
- las medidas que podrían adoptarse para reducir cualquier tendencia que esté causando problemas, o que pueda hacerlo en el futuro
- sugerencias para seguir investigando, incluyendo los datos que necesitaría y cómo los utilizaría.

El informe no debe tener más de 1000 palabras, incluidas las anotaciones y los pies de foto, pero no las referencias.

Hoja de información 1: ISLAS DE CALOR URBANAS

Para los festejos de Año Nuevo 2020 en Moscú, fabricaron nieve artificial. En la capital rusa, famosa por sus fríos inviernos, las temperaturas habían alcanzado los 5,4 °C, la más alta de diciembre desde el inicio de los registros en 1879. En un evento de snowboard se utilizó "nieve" raspada de la superficie de una pista de hielo. Los niños jugaron al fútbol en los patios que suelen albergar partidos de hockey sobre hielo.



Mapa de calor nocturno del noroeste de Europa. Las zonas grises son nubes y las zonas mostradas en rojo son más cálidas que las mostradas en amarillo. (Fuente: ESA)

Las olas de calor mataron a 70.000 personas en Europa en 2003 y a 55.000 sólo en Rusia en 2010. Las temperaturas más extremas se registraron en las ciudades. A medida que aumenta el número de personas que se trasladan a una zona urbana, las carreteras y los edificios sustituyen a la vegetación. Los materiales de construcción usados tienen una capacidad calórica mucho mayor que la de las plantas y los árboles. El entorno construido almacena energía y las temperaturas aumentan. Las ciudades se convierten en "islas de calor urbanas" que pueden ser hasta 7°C más cálidas que el campo circundante. En la imagen de satélite de la izquierda, que muestra la temperatura de la superficie terrestre por la noche, se puede ver cómo destacan claramente las zonas edificadas.

Cerca del 2% de la superficie de la Tierra está cubierta por ciudades que albergan a más del 55% de los 7.700 millones de habitantes del mundo. Para 2050, se espera que el 75% de una población mundial de 9.500 millones de personas viva en ciudades, por lo que muchas más personas sentirán el impacto del efecto isla de calor.

El grado de afectación de una zona urbana por este efecto depende de aspectos como el número, el tipo y la disposición de los edificios y las carreteras, así como de su composición. La reintroducción de la naturaleza en las ciudades, la colocación de los edificios de forma que mejore la circulación del aire y el uso de materiales y colores que atrapen menos calor que los actuales podrían

evitar que las temperaturas de las ciudades suban tanto. Pero, ¿son suficientes estas medidas para enfriar nuestras ciudades en crecimiento?

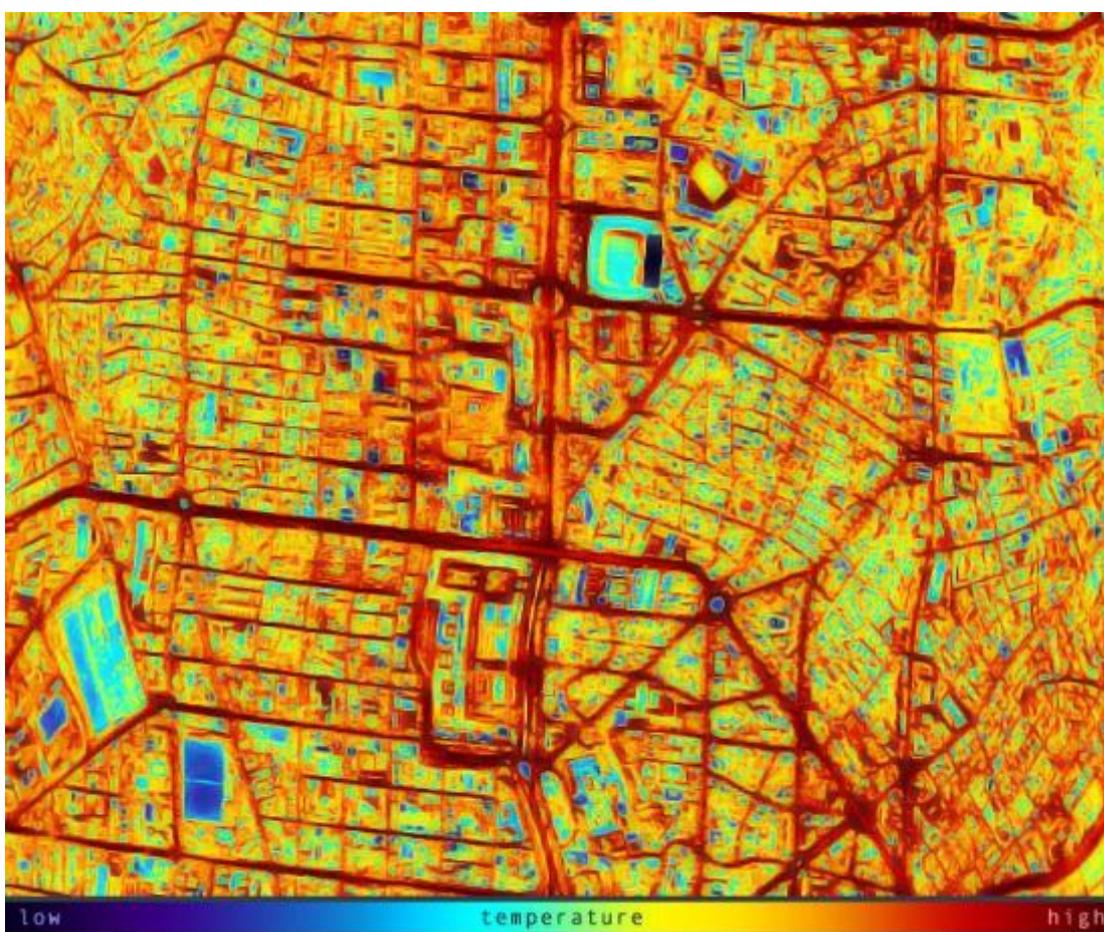
Las mediciones de la temperatura de la superficie terrestre (LST) desde el espacio pueden mostrar cómo afectan las olas de calor a la temperatura. Científicos financiados por la Agencia Espacial Europea (ESA) han elaborado mapas de la temperatura de la superficie terrestre lo suficientemente detallados como para mostrar las características principales de una ciudad como Londres. Su comparación con registros precisos a largo plazo permite a los investigadores y

planificadores investigar el impacto de las olas de calor y los cambios en el entorno urbano. La información a nivel de manzana -o de distrito- puede ayudar a los urbanistas a mejorar el diseño de las ciudades, sugiriendo dónde ubicar las zonas verdes, qué materiales utilizar y cómo orientar los edificios para maximizar la refrigeración.

Otro grupo de científicos financiados por la ESA está utilizando datos satelitales para elaborar mapas detallados de la cubierta terrestre. Podemos utilizarlos junto con la información de las LST para explorar las interacciones entre los seres humanos y la naturaleza y para examinar cómo el cambio climático afecta estas interacciones. De hecho, los equipos de la ESA producen conjuntos de datos para toda una serie de índices conocidos como variables climáticas esenciales (ECV) que ayudan a describir y explicar cómo el cambio climático está afectando a nuestro planeta. La cobertura del suelo y la LST son sólo dos de estas ECV que, en conjunto, nos ayudan a comprender cómo planificar un futuro mejor.

Identificar los puntos conflictivos

Esta imagen térmica de Madrid se produjo a partir de los datos recogidos por un instrumento en vuelo sobre la ciudad en la medianoche del 1 de julio de 2008. Puedes descargar una copia de alta resolución de la imagen para utilizarla en la Actividad 1 en https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2008/07/AHS-observed_relative_temperatures_of_Madrid_Spain#.X9ouo5WBoXk.link



(Fuente: ESA)

Hoja de información 2: RADIACIÓN Y TEMPERATURA

Cuerpos negros

Cualquier objeto más caliente que el cero absoluto (0 K, o -273°C) emite radiación electromagnética. Los denominados "cuerpos negros" son radiadores ideales perfectos: emiten un espectro continuo y la cantidad de radiación que emiten en cada longitud de onda depende únicamente de su temperatura, T , (en Kelvin, K).

Un cuerpo negro emite radiación en todas las longitudes de onda, pero su pico de emisión es una longitud de onda específica llamada, λ_{peak} (m) que se calcula con la ley de Wien. Esta establece que cuanto más caliente es el objeto, más corta es la longitud de onda de pico:

$$\lambda_{\text{peak}} = \frac{b}{T} \quad T \text{ es la temperatura en Kelvin y } b \text{ es la constante de Wien, que tiene un valor de } 0,002898 \text{ m.K (metro Kelvin).}$$

Curvas de radiación del cuerpo negro

La fórmula de Planck se utiliza para calcular la cantidad de radiación¹ que emite un cuerpo negro a cierta temperatura en una determinada longitud de onda. Esta cantidad se conoce como "radiancia", L_{BB} . La fórmula parece complicada, pero lo más importante es que todos los términos de la ecuación, aparte de la temperatura, T [K], y la longitud de onda, λ [m], son constantes:

$$L_{BB}(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1 \right)}$$

$h = \text{constante de Planck, } 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
 $c = \text{aprox. velocidad de la luz, } 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
 $k_B = \text{constante de Boltzmann, } 1,38 \times 10^{-34} \text{ J K}^{-1}$

Búsqueda de temperaturas

La ecuación de Planck puede reordenarse de modo que, si conocemos *la radiancia* L_{BB} para una determinada longitud de onda λ [m], podemos calcular la temperatura del cuerpo negro que la ha emitido. Así es como funciona una cámara térmica: el sensor detecta y mide la radiación infrarroja del mismo modo que el sensor de su cámara detecta la luz visible, y el software convierte la radiancia de cada píxel en una temperatura de brillo que se muestra en un color determinado.

Sin embargo, los objetos reales no son cuerpos negros: la cantidad de radiación que emiten en cada longitud de onda depende su temperatura, pero también de su emisividad, que en el caso de los cuerpos negros es siempre 1 en cualquier longitud de onda. Por lo tanto, para hallar la temperatura, tenemos que adaptar ligeramente la ecuación, así como reorganizarla.

$$T_b = \frac{hc}{\lambda k_B \ln\left(1 + \frac{1}{\epsilon(\lambda)} \left[\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1 \right] \right)}$$

El término extra, la emisividad, $\epsilon(\lambda)$ es adimensional porque muestra la relación entre la radiación que emite el objeto a una

¹ Estrictamente, la cantidad de energía emitida por segundo por metro cúbico en una dirección determinada, por lo que la unidad es $\text{W sr}^{-1}\text{m}^{-3}$

determinada longitud de onda y la que emitiría un cuerpo negro con temperatura similar.

Asumiendo (erróneamente) que la emisividad del objeto real $\epsilon(\lambda)$ es 1, la ecuación se resuelve por T_b . Esta temperatura no es la real temperatura del cuerpo, pues su emisividad se ha asumido igual a 1. A esta temperatura se la conoce como “temperatura de brillo”. Si bien no es exactamente la temperatura real del objeto en su conjunto, muestra cómo el objeto irradia calor a los alrededores y es, por tanto, útil si queremos ver el efecto de los diferentes tipos de cobertura terrestre en la atmósfera.

Enlaces

Recursos

Aplicación web Climate from Space

<https://cfs.climate.esa.int>

Clima para las escuelas

<https://climate.esa.int/es/educate/climate-for-schools/>

Enseñar con el espacio

http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3

Radiación del cuerpo negro

<https://sci.esa.int/web/education/-/48986-blackbody-radiation>

Proyectos espaciales de la ESA

Oficina del Clima de la ESA

<https://climate.esa.int/>

Espacio para nuestro clima

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate

Misiones de observación de la Tierra de la ESA

www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth

Exploradores de la Tierra

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers

Centinelas de Copérnico

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4

Información adicional

Medición de la temperatura de la Tierra mediante satélites

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Taking_Earth_s_temperature

Olas de calor, puntos calientes urbanos e islas de calor

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Satellites_predict_city_hot_spots

Más vídeos de la Tierra desde el espacio

http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme

ESA Kids

https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change