



TEMPERATURA

Exoplanetas
Taller número 4.3

NOTAS PARA EL PROFESOR

Objetivo: Calcular la temperatura de un planeta a partir de parámetros conocidos e inferir su habitabilidad. Reconocer las características de la atmósfera y fenómenos meteorológicos.

Edad recomendada: de 12 a 18 años

Resumen de las actividades:

1. Se empieza con un experimento fácil sobre el efecto de los colores en la radiación.
2. Se explica el fenómeno de la transmisión del calor y los conceptos de cuerpo negro y albedo. A continuación se realizan los cálculos para obtener la temperatura del exoplaneta correspondiente y deducir la posibilidad que albergue vida.
3. Se realiza otro experimento sobre el efecto invernadero y se reflexiona sobre la necesidad de una atmósfera para que un planeta albergue vida.

Temporización: 2h 20 minutos

Contenidos curriculares:

1. Teorías y hechos experimentales.
2. Fases de una investigación. Diseño de un procedimiento experimental
3. Impacto de la actividad humana en el medio ambiente

Competencias científico-técnicas:

- ✓ Competencia 1:
Identificar y caracterizar los sistemas físicos y químicos desde la perspectiva de los modelos, para comunicar y predecir el comportamiento de los fenómenos naturales

- ✓ Competencia 6:
Reconocer y aplicar los procesos implicados en la elaboración y validación del conocimiento científico

Metodología didáctica:

- trabajo en grupo,
- debate,
- co-evaluación,
- aprendizaje basado en proyectos,
- uso de las tecnologías de la información y comunicación

Recursos:

- Ordenador del profesor con acceso a internet y proyector
- Camisetas de color negro y blanco (que traerán los alumnos de sus casas)



- 2 recipientes iguales grandes de cristal
- 4 vasos de agua fría
- 10 cubitos de hielo
- 1 bolsa de plástico transparente
- 1 termómetro

Lecturas recomendadas:

Para alumnos:

- Narro, J. et al.; Experimentos simples para entender una Tierra complicada. El clima pendiente de un hilo; Universidad Nacional Autónoma de México; 2008; <https://books.google.es/books?id=JzFICWAFg1MC&pg>

Para profesores:

- <https://es.wikipedia.org/wiki/Albedo>
 - <https://www.amarilloverdeyazul.com/dos-sencillos-experimentos-ver-los-resultados-produce-efecto-invernadero/>
 - Padlet <https://es.padlet.com/> Mural virtual
 - Answer Garden para feedback rápido y anónimo <https://answergarden.ch/>
 - Actividades para la concienciación del calentamiento global <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/graphing-global-temperature-trends/>
 - <https://www.inaoep.mx/~rincon/venus3.html>
- **Datos de entrada para la propuesta gamificada:** Temperatura y radio de la estrella, semieje mayor de la órbita del exoplaneta.
- **Datos de salida para la propuesta gamificada:** Temperatura de equilibrio del exoplaneta.



TALLER

INTRODUCCIÓN:

Tiempo: 30 minutos.

Contenido: Conectar con conocimientos previos de los alumnos

La actividad empieza con una petición previa a los alumnos: que vengan con dos camisetas del mismo tejido: una blanca y otra negra. La condición para que el experimento tenga sentido, es que sea un día con Sol. El test consiste en ponerse al Sol 5 minutos con cada camiseta y comprobar cómo se siente más calor con la negra.

El razonamiento al que se debe llegar es que el color influye en la absorción o reflexión de la radiación. Se pueden buscar más ejemplos de la vida diaria: coches negros dejados al Sol, las casas blancas de Andalucía, etc.

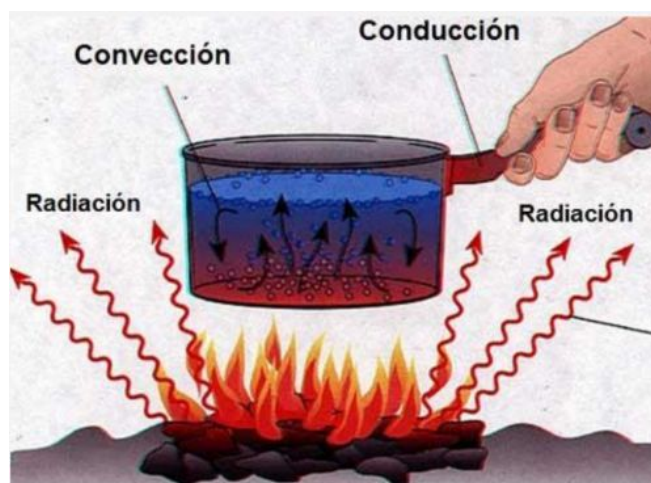
DESARROLLO

Tiempo: 90 minutos.

Contenido: Transmisión del calor, definición de albedo y cuerpo negro

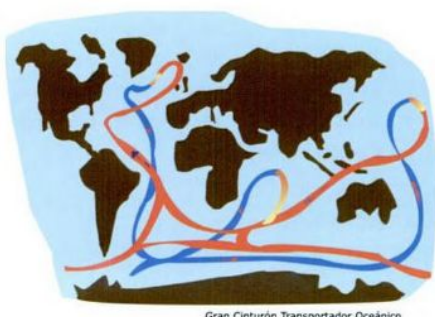
El calor se puede transmitir mediante 3 mecanismos diferentes: por conducción, radiación y convección.

1. En la conducción el calor se transmite por contacto directo: en el ejemplo, el contacto directo de la mano con la olla caliente.
2. La radiación consiste en el movimiento de ondas sin que intervenga un fluido en movimiento: se siente el calor al estar próximos al fuego.
3. La convección se transmite a través de un fluido en movimiento: en el ejemplo, el agua hirviendo.



En el calor que transmite el Sol a la Tierra, ocurren los tres mecanismos:

1. El Sol emite luz y calor y el calor viaja por radiación a través de los rayos solares que atraviesan la atmósfera.
2. Los rayos tocan la superficie de la Tierra (o de la camiseta) y la calientan. El aire que está tocando la superficie, se calienta a su vez mediante la conducción. Por esta razón, en un día despejado de verano hace más calor que en invierno, porque el día dura más y los rayos tocan la Tierra durante más tiempo.
3. El aire calentado se expande y asciende por convección. Es importante tener en cuenta que siempre que existan en contacto dos fluidos a distinta temperatura, habrá movimiento.

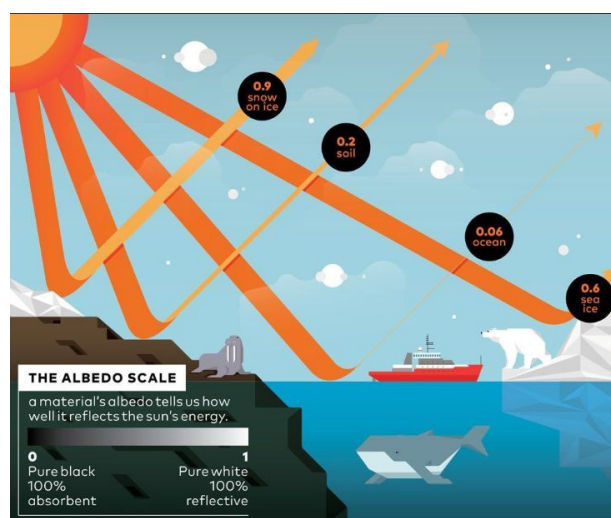


Así se originan los vientos y las corrientes oceánicas, que explican el hecho que continentes a la misma latitud tengan diferentes climas.

En el experimento de la camiseta, la negra ha absorbido casi todos los rayos y se ha calentado, al contrario que la blanca, que los ha reflejado casi todos. Al porcentaje de radiación que los materiales no pueden absorber, o dicho de otra manera, la radiación que reflejan se le llama **albedo**. Se puede decir, entonces que la camiseta blanca tiene un albedo superior a la negra porque ha reflejado más radiación. Las superficies brillantes también tienen un albedo mayor que las superficies mates. En un día nublado, entonces, notaremos que hace menos calor porque las nubes reflejan la mayor parte de la radiación solar.

Como ejercicio, se propone a los alumnos que ordenen de mayor a menor albedo las siguientes superficies razonando en cada caso: Hierba, asfalto, océano, bosque, desierto, nieve y hielo. La solución está en la siguiente [tabla](#):

Superficie	Albedo Típico
Asfalto fresco	0,04
Océano abierto	0,06
Asfalto gastado	0,12
Bosque de coníferas	0,08, 0,09 a 0,15
Árboles caducifolios	0,15 a 0,18
Suelo desnudo	0,17
Hierba verde	0,25
Arena del desierto	0,40
Hielo oceánico	0,5–0,7
Nieve fresca	0,80–0,9



Se comenta la variación de albedo entre invierno y verano, debido a los bosques caducifolios y la nieve y el hecho que también es diferente entre hemisferio norte y sur. Cuando se habla del albedo de la Tierra, pues, se está hablando del albedo medio que es del 38% = 0,38.

Se calcula que si toda la Tierra estuviera cubierta por agua, la temperatura media llegaría a 27°, siendo la actual de 15°C. Si los continentes estuvieran todos cubiertos por glaciares, la temperatura media del planeta bajaría a 0° C, porque el albedo subiría y la Tierra reflejaría más la radiación solar. Si la Tierra estuviera toda congelada, como una bola de nieve, reflejaría aún más la radiación, provocando que la temperatura media cayera por debajo de -40° C.

Se aprovecha para reflexionar sobre el cambio de albedo que supondría la fusión de los polos, la deforestación del Amazonas, el incremento de la suspensión de partículas como aerosoles en la atmósfera, etc. Se calcula que una disminución de un 0,01 en el albedo tendría un efecto peor que duplicar la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera.



A continuación, pasamos a calcular la temperatura del exoplaneta misterioso. La temperatura de equilibrio (T_{eq}) entre la radiación que absorbe de su estrella y la radiación que emite, viene dada por:

$$T_{eq} = T_s (1 - A)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{R_s}{2a}}$$

donde T_s es la temperatura de la estrella, A el albedo, R_s el radio de la estrella, y a el semieje mayor de la órbita del planeta.

Para calcular la temperatura de un exoplaneta, se asume que su albedo es 0 y se comporta como un **cuerpo negro**, es decir que absorbe toda la luz y no refleja nada. Si queremos aproximar el cálculo al albedo de la Tierra, introducimos 0,38.

TEMPERATURA

La temperatura de equilibrio (T_{eq}) de un planeta entre la radiación que absorbe de su estrella y la radiación que emite, viene dada por:

$$T_{eq} = T_s (1 - A)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{R_s}{2a}}$$

donde T_s es la temperatura de la estrella, A el albedo, R_s el radio de la estrella, y a el semieje mayor de la órbita del planeta.

Introduce los datos conocidos:

Temperatura de la estrella (K)	<input type="text"/>
Albedo	<input type="text"/>
Radio de la estrella (Radios solares)	<input type="text"/>
Semieje mayor de la órbita (Radios solares)	<input type="text"/>

El resultado se da en Kelvins y los alumnos deberán calcular la equivalencia en grados Celsius para conocer si el agua puede existir en forma líquida ($1 \text{ Kelvin} = -272,15 \text{ grados Celsius}$).

Sin embargo, se discute con los estudiantes si la temperatura de equilibrio acabada de calcular determina la existencia de agua líquida y por lo tanto, la viabilidad de la vida. De hecho, la existencia de la **atmósfera** y el **efecto invernadero** son indispensables para la vida. De no existir el efecto invernadero, haría bajar la temperatura media de la Tierra alrededor de -18°C , convirtiéndolo en un [psicroplaneta](#)). Se pide a los estudiantes que busquen una fotografía que demuestre la existencia de la atmósfera en la Tierra, justificando su elección. Pueden enviar o colgar las fotos en un marco virtual como [Padlet](#).

Antes de la explicación teórica, se sugiere realizar el siguiente experimento, que recrea el efecto invernadero:

Material necesario:

- 2 recipientes iguales grandes de cristal
- 4 vasos de agua fría
- 10 cubitos de hielo
- 1 bolsa de plástico transparente

- 1 termómetro

Procedimiento:

1. Se vierten 2 vasos de agua fría dentro de cada recipiente de cristal
2. Se añaden 5 cubitos de hielo en cada recipiente
3. Se envuelve uno de los recipientes con una bolsa de plástico transparente
4. Se dejan los dos recipientes al Sol durante una hora
5. Se mide la temperatura del agua de los dos recipientes.

El resultado debería hacer entender que el plástico ha provocado la subida de la temperatura, fenómeno parecido al efecto invernadero.

El efecto invernadero es en principio un fenómeno natural: cuando la radiación del Sol ha calentado la superficie terrestre, la tierra la devuelve reflejada de nuevo a la atmósfera en radiación infrarroja. Determinados tipos de gases atmosféricos, los llamados “gases de efecto invernadero”, retienen parte (63%) de esta energía en el interior de la atmósfera. Esta radiación, que no puede escapar, provoca que, de forma natural, la temperatura de la Tierra sea de una media de 14°C. Por otra parte, Venus presenta un efecto invernadero descontrolado, ya que su densa atmósfera está formada en un 97% por dióxido de Carbono que es un gas de efecto invernadero y que, por lo tanto, no deja escapar la radiación infrarroja. La sonda Venera midió 470°C en 1970.

Por el contrario, el incremento de los gases de efecto invernadero producidos artificialmente por el hombre, provoca que menos calor se pueda escapar de vuelta hacia la atmósfera y por tanto más calor es reemitido de vuelta a la superficie terrestre. De ahí el cambio climático.



Por otra parte, la atmósfera también es vital para protegernos de la luz ultravioleta de gran energía que emite el Sol y que es mortal para la vida: puede destruir nuestra visión, quemarnos la piel, y además dañar nuestro ADN, causando mutaciones. La **capa de ozono**, que se encuentra en las capas altas de la atmósfera, impide que lleguen a la Tierra gran parte de estos rayos energéticos. Debido a esto, el estudio de la capa de ozono y el seguimiento de su agujero causado por los gases de efecto invernadero es vital.



PARA SABER MÁS

@ El agujero de Ozono: <https://www.youtube.com/watch?v=6BUT16jfoKk>

@ CO₂ time lapse <https://www.youtube.com/watch?v=x1SgmFa0r04>

@ Global warming

<https://www.youtube.com/watch?v=nAuv1R34BHA&list=PL9TFrgFq75552g7qVa-iTOeou7Fy11o5f#action=share>

@ Psicoplanetas <https://es.wikipedia.org/wiki/Psicoplaneta>

Deberes

1. Buscar los albedos de cada planeta del Sistema Solar y algunas lunas. Se añadirá algún exoplaneta.

Objeto celeste	% de luz reflejada	Tipo de planeta (terrestre/gaseoso/helado)
Mercurio		
Venus		
Tierra		
Marte		
Júpiter		
Saturno		
Urano		
Neptuno		
Encélado		
Fobos		
Luna		
Cometa Halley		
Exoplaneta		

La [solución](#):

Planetas	% luz reflejada
<u>Mercurio</u>	6
<u>Venus (atmósfera)</u>	70
<u>Tierra</u>	37 a 39
<u>Marte</u>	15
<u>Júpiter</u>	41
<u>Saturno</u>	42
<u>Urano</u>	45
<u>Neptuno</u>	55

Lunas, meteoritos, cometas	% luz reflejada
<u>Encélado</u>	99
<u>Fobos</u>	6
<u>Luna</u>	7
<u>Cometa Halley</u>	4

Exoplaneta	% luz reflejada
<u>TrES-2b</u>	0,04

CONCLUSIÓN:

Tiempo: 20 minutos

Contenido: Reflexión de los parámetros necesarios para la vida

- Se reflexionará sobre la fuente de datos que han consultado para los deberes
- Se pedirá a los alumnos que escriban los parámetros que faciliten la vida mediante el programa on-line <https://answergarden.ch/> que crea una nube de palabras (albedo alto, albedo bajo, densidad, temperatura...)



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)