



### Para iniciar, reflexiona

¿Cómo explicas que cuando nos lavamos las manos por las mañanas podemos sentir que el agua que sale de la llave está fría, y si lo hacemos por la tarde, el agua está menos fría? Justifica tu respuesta.

.....

.....



### Aprende más

## El calor y la temperatura

Es común que reconozcas objetos que se encuentran a distinta temperatura y esto lo percibimos a partir del tacto, con el cual podemos sentir algo cuando está caliente o frío. Sin embargo, medir las cosas a través de nuestra sensación puede ser no muy confiable o preciso. Por eso usamos diferentes instrumentos de medición.

Para entender lo que es la temperatura, recordemos que la materia está compuesta por átomos y moléculas que se mueven continuamente y cuando se aceleran los átomos y moléculas pasan a un nivel de energía diferente, que es la energía cinética. Esta energía se relaciona con una propiedad que permite saber qué tan caliente o frío se encuentra una persona u objeto. Cuando aumenta la energía cinética de los átomos o moléculas, las cosas aumentan su temperatura.

La magnitud que nos permite identificar qué tan caliente o frío está un objeto o cuerpo es la *temperatura*, la cual es uno de los parámetros que describe el estado de un sistema. La temperatura es una propiedad que no depende de la cantidad de materia, por lo tanto es una propiedad de intensidad.

La *temperatura* es una magnitud física que nos indica qué tan caliente o frío se encuentra un cuerpo o sustancia.

Antiguamente, la medición de la temperatura se llevaba a cabo a partir del tacto, pero este método no era confiable debido a que dependía de la percepción de cada persona, así que se diseñaron y construyeron dispositivos llamados **termómetros** que nos permiten obtener la temperatura relativa de un cuerpo.



**Termómetro:** instrumento de cristal que contiene mercurio en su interior y se utiliza para medir la temperatura.

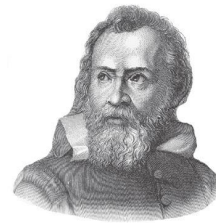


## Sabías que...

El primero en construir un termómetro en 1603 fue Galileo Galilei. Se trataba de una columna de agua encerrada en un tubo que se dilataba al aumentar la temperatura y se contraía cuando ésta disminuía.



Termómetro.



Termómetro de Galileo Galilei (1564-1642).

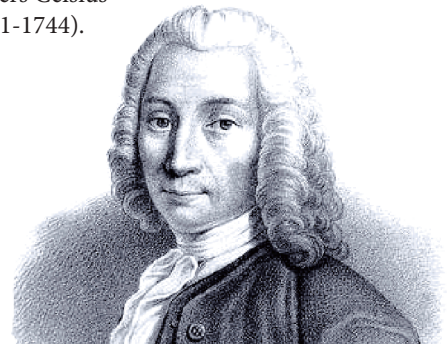


### Aprende más

#### Escalas de temperatura

Para medir la temperatura hay diferentes escalas, la más usual es la Celsius, creada en 1742 por el astrónomo sueco Anders Celsius, que marca  $0^{\circ}\text{C}$  cuando el agua se congela y  $100^{\circ}\text{C}$  cuando ésta hierve. La distancia entre los dos límites se divide en cien partes iguales. Cada una corresponde a un grado centígrado. Esta escala es la que utilizamos en nuestro país.

Anders Celsius  
(1701-1744).



En Estados Unidos y en Europa se utiliza la *escala Fahrenheit*; fué establecida por el físico holandés-alemán Gabriel Daniel Fahrenheit en 1724. Que marca el 0° en el punto de congelación de una mezcla de agua con sal y 96° a la temperatura del cuerpo (este valor después se cambió a 98.6°). Esta escala divide la diferencia entre los puntos de fusión y de ebullición del agua en 180 intervalos iguales. A su vez, el intervalo 32° corresponde a la temperatura a la que el hielo se derrite y 212° a la temperatura de ebullición del agua. Estas dos escalas se conocen como *relativas* debido a que contienen valores positivos y negativos. La relación entre la escala Celsius y la escala Fahrenheit es:



Grados Fahrenheit y Celcius.

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32)}{180}$$

Para convertir temperaturas entre las escalas mencionadas se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32) \quad \quad ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$$

**Ejemplo 1:** Si la temperatura interior en una casa es de 10°C, ¿cuál será la temperatura en escala Fahrenheit?

**Solución:**

| <i>Datos (1)</i>         | <i>Incógnita (2)</i>             | <i>Fórmula (3)</i>                                     | <i>Sustitución (4)</i>                     | <i>Solución (5)</i>  |
|--------------------------|----------------------------------|--|--|--|
| $T = 10^{\circ}\text{C}$ | $T \text{ en } ^{\circ}\text{F}$ | $^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$ | $^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} (10) + 32$ | La temperatura en escala Fahrenheit es<br>$T = 50^{\circ}\text{F}$ |

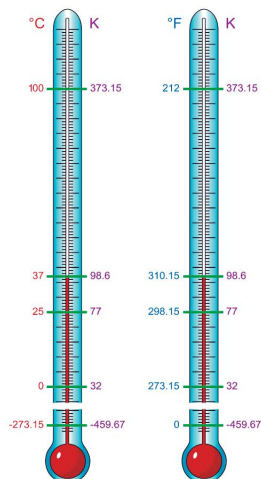
**Ejemplo 2:** La temperatura en verano en la ciudad de Monterrey ha llegado a alcanzar los 110°F. Expresa esta temperatura en grados Celsius.

**Solución:**

| <i>Datos (1)</i>          | <i>Incógnita (2)</i>             | <i>Fórmula (3)</i>                                       | <i>Sustitución (4)</i>                      | <i>Solución (5)</i>  |
|---------------------------|----------------------------------|--|---|--|
| $T = 110^{\circ}\text{F}$ | $T \text{ en } ^{\circ}\text{C}$ | $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$ | $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (110 - 32)$ | La temperatura en escala Celsius es<br>$T = 43.33^{\circ}\text{C}$ |

# Bloque II

## Identificas diferencias entre calor y temperatura



Escala Kelvin (K).

La *escala Kelvin*, preferida por los científicos y aceptada por el Sistema Internacional de Unidades, fue creada en 1848 por el físico inglés William Thomson, Lord Kelvin, la cual se construye con base en la energía y no toma como referencia la ebullición o la congelación del agua. El número cero se asocia con la temperatura más baja posible y se liga con el estado en el que una sustancia no tiene absolutamente nada de energía cinética (cero absoluto); como la energía cinética no puede ser negativa, esta escala no tiene números negativos.

Las unidades en la escala Kelvin son de la misma equivalencia que las unidades de la escala Celsius y se simbolizan con la letra K. La temperatura de fusión del hielo es de 273.15 K, de tal forma que cero grados Kelvin corresponden a  $-273.15^{\circ}\text{C}$ . La relación entre la escala Celsius y la escala Kelvin es:

$$K = ^{\circ}\text{C} + 273 \quad ^{\circ}\text{C} = K - 273$$

**Ejemplo 1:** La temperatura del cuerpo humano es aproximadamente de  $37^{\circ}\text{C}$ . Expresa esta temperatura en escala Kelvin (K).

**Solución:**

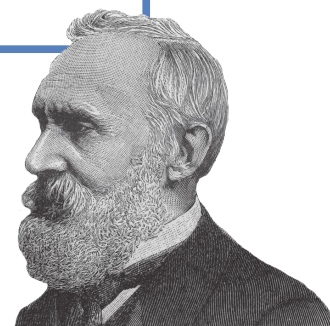
| Datos (1)                | Incógnita (2) | Fórmula (3)                  | Sustitución (4) | Solución (5)   |
|--------------------------|---------------|------------------------------|-----------------|--|
| $T = 37^{\circ}\text{C}$ | $T$ en K      | $K = ^{\circ}\text{C} + 273$ | $K = 37 + 273$  | La temperatura en escala Kelvin es:<br>$T = 310 \text{ K}$ |

**Ejemplo 2:** El punto de fusión de aluminio es aproximadamente 933 K. ¿Cuál es el valor en grados Celsius?

**Solución:**

| Datos (1)           | Incógnita (2)             | Fórmula (3)                  | Sustitución (4)                | Solución (5)   |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--|
| $T = 933 \text{ K}$ | $T$ en $^{\circ}\text{C}$ | $^{\circ}\text{C} = K - 273$ | $^{\circ}\text{C} = 933 - 273$ | La temperatura en escala Celsius es<br>$T = 660^{\circ}\text{C}$ |

William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907).



La *escala Rankine* fue inventada por el físico e ingeniero escocés William Rankine en 1859, y se define midiendo en grados Fahrenheit sobre el cero absoluto. En esta escala tampoco se introducen valores negativos de temperatura, por lo que a ambas se consideran escalas de temperatura absoluta.

La relación entre la escala Rankine y la escala Fahrenheit es:

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$$

**Ejemplo:** La temperatura de ebullición del agua es de  $212^{\circ}\text{F}$ , ¿cuál será la temperatura en escala Rankine?

**Solución:**

| <i>Datos (1)</i>          | <i>Incógnita (2)</i>             | <i>Fórmula (3)</i>                          | <i>Sustitución (4)</i>         | <i>Solución (5)</i>  |
|---------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------|--|
| $T = 212^{\circ}\text{F}$ | $T \text{ en } ^{\circ}\text{R}$ | $^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$ | $^{\circ}\text{R} = 212 + 460$ | La temperatura en escala Rankine es<br>$T = 672^{\circ}\text{R}$ |



## Aprende más

### ¿Qué es el calor?

En muchas ocasiones sentimos que está haciendo demasiado calor y pensamos que deberíamos ir a nadar o a comprar un helado, pero ¿sabemos qué es el calor? Cuando dos cuerpos que están a diferentes temperaturas se ponen en contacto entre sí, hay una transferencia de energía del objeto más caliente al más frío, y no a la inversa, hasta alcanzar el equilibrio que se produce cuando ambos cuerpos tienen la misma temperatura. Se transfiere de tal forma que después de cierto tiempo alcanzan una misma temperatura, a este fenómeno se le llama *equilibrio térmico*.

El *calor* es la transferencia de energía de un cuerpo a otro debido a que hay una diferencia de temperatura entre ambos.

El calor involucra una transferencia de energía interna de un lugar a otro. La energía interna ( $U$ ) es la energía asociada con los átomos y moléculas del cuerpo. La energía interna incluye a la energía cinética y potencial, asociadas con los movimientos de translación, rotación y vibratorios que se presentan de manera aleatoria por las partículas que forman al cuerpo y cualquier energía potencial que genere enlaces manteniendo a las partículas unidas.

*Unidades del calor.*

| Sistemas de unidades |               |           |
|----------------------|---------------|-----------|
|                      | Internacional | Cegesimal |
| Calor →              | Joule (J)     | Ergios    |

Sin embargo, las unidades que se suelen utilizar son calorías (cal), kilocalorías (kcal).

Algunos equivalentes del calor en las unidades anteriores son:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ cal} &= 4.18 \text{ J} \\
 1 \text{ kcal} &= 41800 \text{ J} \\
 1 \text{ kcal} &= 1000 \text{ calorías}
 \end{aligned}$$

La transferencia de calor entre los cuerpos, se realiza de tres formas diferentes:

### 1 Conducción

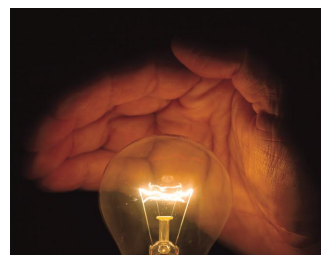
Es el proceso mediante el cual el calor se transfiere directamente a través de un material, sin ningún movimiento neto del material. Por ejemplo, si acercas una varilla de metal a una flama, el calor que la flama emite se conduce al metal y éste a tu mano.



Conducción.

### 2 Radiación

Es el proceso por el que los cuerpos emiten energía que puede propagarse por el vacío. La energía radiante se transporta mediante ondas electromagnéticas. Por ejemplo, por la radiación nos llega el calor del sol, así como también por la radiación podemos sentir el calor que se desprende de un foco encendido si acercamos la mano.



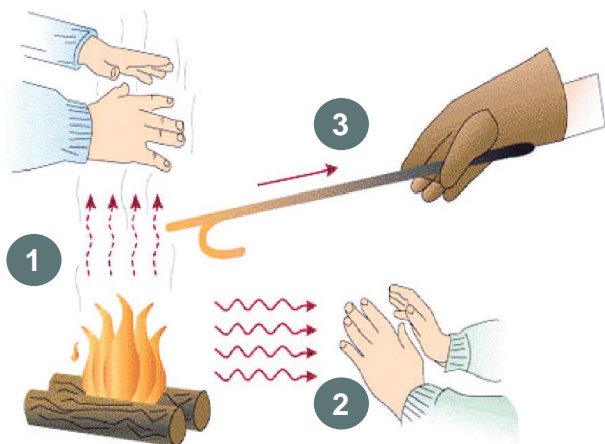
Radiación.

### 3 Convección

Es el proceso por el cual el calor se transfiere a través de un fluido por el movimiento del mismo. Por ejemplo, cuando se pone a calentar un recipiente con agua, ésta al calentarse en la parte inferior se dilata y disminuye su densidad, por lo que el agua caliente asciende y transporta así el calor de la parte inferior a la parte superior, generando un movimiento interno de las partículas.



Convección



Las tres formas de transmisión del calor.



### Sabías que...

El agua apaga el fuego porque absorbe el calor. Para que exista fuego se necesitan tres elementos: el combustible, oxígeno y calor. Si uno de éstos desaparece, el fuego se extinguirá. El agua absorbe el calor para pasar de un estado líquido al gaseoso y por esta acción el fuego se apaga.





Aprende más

### Dilatación de los cuerpos

La mayoría de los materiales se expanden cuando su temperatura aumenta, y se contraen cuando la temperatura disminuye. Esto ocurre porque al calentarse las moléculas se mueven más rápido y ocupan mayor espacio y esto hace que el cuerpo se expanda, y cuando se enfría, las moléculas se mueven más lento y los materiales se contraen, este fenómeno se conoce como dilatación, está estrechamente relacionado con los cambios de temperatura de los cuerpos.

Los arquitectos y los ingenieros civiles toman en cuenta los efectos de la dilatación térmica, por ejemplo, cuando se diseñan los rieles de un tren, se deja cierto espacio entre las uniones con el propósito de permitir la dilatación y evitar que la estructura del riel se deforme.

*Dilatación térmica* es el aumento que experimenta en sus dimensiones un cuerpo cuando aumenta la temperatura, permaneciendo la presión constante.

Los sólidos se dilatan aumentando su longitud principalmente, aunque también pueden dilatarse en su superficie o volumen. Al igual que los sólidos, los líquidos y los gases también aumentan o disminuyen su volumen, sin embargo, los gases se dilatan más que los líquidos.

### Dilatación lineal

Se ha comprobado experimentalmente que al aumentar la temperatura de una barra, aumenta su longitud y este aumento es proporcional a su longitud inicial y al aumento de su temperatura. A dicho proceso se le conoce como *dilatación lineal* y se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$\Delta L = \alpha L_i \Delta T$$

donde:

$\Delta L$  es la variación de longitud.

$\alpha$  es el coeficiente de proporcionalidad conocido como el coeficiente de dilatación

lineal es específico para cada material o sustancia como se muestra en la tabla 2.1.

$L_i$  es la longitud inicial.

$\Delta T$  es la variación de la temperatura.

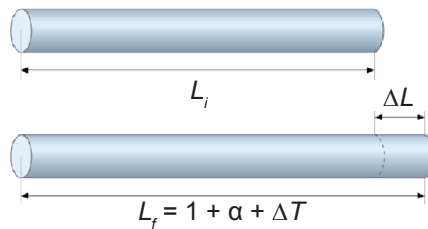
$\Delta L$  es la variación de la longitud.

La variación de la longitud es la diferencia entre la longitud final,  $L_f$  y la longitud inicial,  $L_i$ :

$$\Delta L = L_f - L_i$$

La variación de la temperatura  $\Delta T$  es la diferencia entre la temperatura final,  $T_f$  y la temperatura inicial,  $T_i$ :

$$\Delta T = T_f - T_i$$



Fórmula de dilatación lineal.

Tabla 2.1. Coeficiente de dilatación lineal de algunos de los materiales más usuales.

| Material | $\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) |
|----------|--------------------------------------|
| Concreto | $0.7 - 1.2 \times 10^{-5}$           |
| Plata    | $2.0 \times 10^{-5}$                 |
| Oro      | $1.5 \times 10^{-5}$                 |
| Invar    | $0.04 \times 10^{-5}$                |
| Plomo    | $3.0 \times 10^{-5}$                 |
| Zinc     | $2.6 \times 10^{-5}$                 |
| Hielo    | $5.1 \times 10^{-5}$                 |
| Aluminio | $2.4 \times 10^{-5}$                 |
| Latón    | $1.8 \times 10^{-5}$                 |
| Cobre    | $1.7 \times 10^{-5}$                 |
| Vidrio   | $0.4 - 0.9 \times 10^{-5}$           |
| Hierro   | $1.2 \times 10^{-5}$                 |
| Cuarzo   | $0.04 \times 10^{-5}$                |
| Acero    | $1.2 \times 10^{-5}$                 |

**Ejemplo 1:** Un puente de concreto se encuentra a una temperatura de  $9^{\circ}\text{C}$  y mide 72 m. Si la temperatura aumenta a  $25^{\circ}\text{C}$ , ¿cuál es la dilatación lineal?

**Solución:**

| Datos (1)  | Incógnita (2) | Fórmula (3)                      | Sustitución (4)   |
|--|---------------|----------------------------------|---|
| $T_i = 9^{\circ}\text{C}$<br>$T_f = 25^{\circ}\text{C}$<br>$L_i = 72 \text{ m}$<br>$\alpha = 1.2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ | $\Delta L$    | $\Delta L = \alpha L_i \Delta T$ | $\Delta T = 25^{\circ}\text{C} - 9^{\circ}\text{C} = 16^{\circ}\text{C}$<br>$\Delta L = (1.2 \times 10^{-5})(72 \text{ m})(16^{\circ}\text{C})$ |
| <b>Solución (5)</b><br>La dilatación es 0.01382 m  |               |                                  |   |

**Ejemplo 2:** Una barra de plata a 20°C tiene una longitud de 1 m, ¿cuál será su longitud al aumentar la temperatura a 45°C?

**Solución:**

| Datos (1)  | Incógnita (2) | Fórmula (3)                            | Sustitución (4)                                |
|--|---------------|--|--|
| $T_i = 20^\circ\text{C}$<br>$T_f = 45^\circ\text{C}$<br>$\Delta T = 25^\circ\text{C}$<br>$L_i = 1\text{ m}$<br>$\alpha = 2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ | $L_f$         | $L_f = L_i [ 1 + \alpha (T_f - T_i) ]$ | $L_f = (1) [ 1 + 2 \times 10^{-5} (45 - 20) ]$ |
| <p style="text-align: center;"><b>Solución (5)</b><br/> La longitud final es 1.0005 m</p>  |               |  |  |

## Dilatación superficial

Cuando en los cuerpos sólidos con un área inicial se aumenta su temperatura en un grado Celsius, (1°C) los lados sufren dilatación superficial ( $\gamma$ ), por ejemplo, en los rieles de los ferrocarriles como se muestra en la figura de abajo, cuando se calientan aumentan sus dimensiones y se tiene dilatación. Si se conoce el coeficiente de dilatación lineal podemos expresar el *coeficiente de dilatación superficial*:

$$\gamma = 2\alpha$$

$$\Delta A = \gamma A_i \Delta T$$



Espacios de dilatación en el diseño de rieles de tren.

donde:

$$\Delta A = A_f - A_i \rightarrow \text{Variación de la superficie (aumento o contracción del área)}$$

$$A_f \rightarrow \text{Área final}$$

$$A_i \rightarrow \text{Área inicial}$$

$$\alpha \rightarrow \text{Coeficiente de dilatación lineal}$$

$$\Delta T = T_f - T_i \rightarrow \text{Variación de la temperatura}$$

$$T_f \rightarrow \text{Temperatura final}$$

$$T_i \rightarrow \text{Temperatura inicial}$$

Al conocer el coeficiente de dilatación superficial del objeto, se puede calcular el área final que tendrá el objeto utilizando la siguiente fórmula:

$$A_f = A_i [ 1 + 2\alpha (T_f - T_i) ]$$

**Ejemplo:** A una temperatura de 20°C, una puerta de aluminio tiene 2 m de largo y un 1 m de ancho, ¿cuál será su área en un día de invierno cuando la temperatura es de 12°C?

**Solución:**

| <i>Datos (1)</i>   | <i>Incógnita (2)</i> | <i>Fórmula (3)</i>                            |
|--|----------------------|---|
| $T_i = 20^\circ\text{C}$<br>$T_f = 12^\circ\text{C}$<br>$\Delta T = -8^\circ\text{C}$<br><br>$Largo = 2\text{ m}$<br>$Ancho = 1\text{ m}$<br><br>$A_i = 2\text{ m}^2$<br>$\alpha = 2.24 \times 10^{-5}^\circ\text{C}^{-1}$ | $A_f$                | $A_f = A_i [ 1 + 2\alpha (T_f - T_i) ]$       |
| <i>Sustitución (4)</i>   |                      | <i>Solución (5)</i>                           |
| $L_f = (2) [ 1 + 2(2.24 \times 10^{-5}^\circ\text{C}^{-1})(-8) ]$  |                      | La longitud final es<br>1.9999 m <sup>2</sup> |

## Dilatación volumétrica

Los sólidos, líquidos, gases tienen un incremento de volumen al aumentar la temperatura, este fenómeno se conoce como *dilatación volumétrica* ( $\beta$ ), el cual se refiere al aumento que experimenta cada unidad de volumen de la sustancia al aumentar en 1°C su temperatura.

Si se conoce el coeficiente de dilatación lineal de un sólido, se puede calcular el coeficiente de dilatación volumétrica a partir de la siguiente relación.

$$\beta = 3\alpha$$

Para calcular la dilatación volumétrica:

$$\Delta V = \beta V_i \Delta T \quad \text{o} \quad \Delta V = 3\alpha V_i \Delta T$$

Donde:

|                        |   |
|------------------------|---|
| $\Delta V = V_f - V_i$ | → Variación del volumen (aumento o contracción del volumen) |
| $V_f$                  | → Volumen final   |
| $V_i$                  | → Volumen inicial   |
| $\alpha$               | → Coeficiente de dilatación lineal                          |
| $\Delta T = T_f - T_i$ | → Variación de la temperatura                               |
| $T_f$                  | → Temperatura final   |
| $T_i$                  | → Temperatura inicial                                       |

Podemos encontrar el volumen final de un sólido, líquido o un gas a partir de la siguiente expresión:

$$V_f = V_i [ 1 + \beta (T_f - T_i) ] \quad \text{o} \quad V_f = V_i [ 1 + 3\alpha (T_f - T_i) ]$$

El valor del coeficiente lo puedes encontrar en la tabla 2.1.

**Ejemplo:** Una esfera de vidrio cuyo coeficiente volumétrico es  $\beta = 3.5 \times 10^{-5} \text{°C}^{-1}$  a  $20^\circ\text{C}$  tiene un volumen de  $0.3 \text{ m}^3$ , ¿cuál será su volumen a una temperatura de  $40^\circ\text{C}$ ? ¿Cuánto se dilató?

**Solución:**

| <i>Datos (1)</i>  | <i>Incógnita (2)</i>   | <i>Fórmula (3)</i>  |
|---|--|---|
| $T_i = 20^\circ\text{C}$<br>$T_f = 40^\circ\text{C}$<br>$\Delta T = 20^\circ\text{C}$<br><br>$V_i = 0.3 \text{ m}^3$<br>$\alpha = 4.45 \times 10^{-5} \text{°C}^{-1}$ | $V_f$<br><br><br>$\Delta V$  | $V_f = V_i [ 1 + \beta (T_f - T_i) ]$<br><br>$\Delta V_i = V_f - V_i$ |
| <i>Sustitución (4)</i>  | <i>Solución (5)</i>  |   |
| $V_f = (0.3) [ 1 + (3.45 \times 10^{-5})(40-20) ]$<br><br>$\Delta V = 0.300207 - 300 = 0.000207$  | <p>El volumen final es <math>0.300207 \text{ m}^3</math></p> <p>La dilatación es <math>0.000207 \text{ m}^3</math></p> |   |



## Sabías que...

Los tanques de gas propano deben ser llenados a menor volumen de su capacidad (hasta 90%), ya que al exponerse al calor de los rayos del sol, su contenido gaseoso se expande (dilata), generando presión en las paredes del tanque.



Tanque de gas propano.

## Dilatación irregular del agua

Generalmente, los líquidos aumentan de volumen cuando aumenta su temperatura y tienen coeficiente de expansión volumétrica unas diez veces más que los sólidos. El agua es una excepción de esta regla, ya que ésta no se comporta de la misma manera entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $4^{\circ}\text{C}$ , el agua se contrae. En la vida cotidiana este fenómeno se observa cuando se introduce una botella de agua en el congelador a enfriar y si se olvida sacar te darás cuenta que al disminuir la temperatura aumenta su volumen.

Sobre  $4^{\circ}$  predomina la expansión térmica con la consiguiente disminución de la densidad. Las variaciones de densidad con la temperatura tienen una profunda repercusión en el medio ambiente. Este comportamiento térmico poco común del agua, se puede utilizar para explicar por qué un lago se congela lentamente de arriba hacia abajo. El agua a  $4^{\circ}$ , que es más densa, se sumerge hasta el fondo, mientras que el agua sobre  $4^{\circ}\text{C}$ , sube a la parte superior.

Cuando el agua se congela permanece en la superficie debido a que el hielo es menos denso que el agua, formando una capa aislante que evita que el agua interior se congele. Además, el hielo forma una capa de aislamiento que retarda la pérdida de calor del agua subyacente, ofreciendo protección térmica a la vida marina.



El agua aumenta su volumen al congelarse.



## Aprende más

### Capacidad calorífica

En una cocina realiza el siguiente experimento: en un recipiente adecuado para calentar, hierve 500 ml de agua; luego sumerge una cuchara de metal a la mitad por 15 segundos, saca la cuchara y sécala, ahora siente la temperatura de la cuchara. Repite el mismo experimento pero ahora sumerge una cuchara de madera de aproximadamente el mismo tamaño. ¿Qué puedes concluir sobre la temperatura de las cucharas? Seguramente pudiste sentir que la temperatura de la cuchara de madera no fue la misma que la de metal, esto se debe a que cada sustancia necesita absorber cierta cantidad de calor para aumentar su temperatura en un grado Celsius. A esta cantidad de calor se le conoce como *capacidad calorífica*.

La *capacidad calorífica* ( $C$ ) es la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar un grado Celsius la temperatura de una sustancia.

Matemáticamente se expresa como:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

donde:

|                                      |                         | Unidades en el<br>sistema internacional |
|--------------------------------------|-------------------------|---|
| $C$                                  | → Capacidad calorífica  | J/K (joule/kelvin)                      |
| $Q$                                  | → Calor                 | J (joule)                               |
| $\Delta T$<br>$\Delta T = T_f - T_i$ | → Cambio de temperatura | K (kelvin)                              |

También se pueden utilizar otras unidades como son: J/°C, cal/°C, kcal/°C.

**Ejemplo:** Una pulsera de plata requiere 100 calorías para aumentar su temperatura de 20°C a 75°C, ¿cuál es su capacidad calorífica?

**Solución:**

| Datos (1)  | Incógnita (2) | Fórmula (3)              | Sustitución (4)                                  | Solución (5)  |
|--|---------------|--------------------------|--|---|
| $T_i = 20^{\circ}\text{C}$<br>$T_f = 75^{\circ}\text{C}$<br>$\Delta T = 55^{\circ}\text{C}$<br>$Q = 100 \text{ cal}$ | C             | $C = \frac{Q}{\Delta T}$ | $C = \frac{100 \text{ cal}}{55^{\circ}\text{C}}$ | La capacidad calorífica es $1.818 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$ |

### Calor específico

Si calentamos una sustancia, *la capacidad calorífica* no cambia cuando se tiene la misma masa, pero si la masa de dicha sustancia varía, la cantidad de calor absorbido será diferente; es decir, la cantidad de masa determina la cantidad de calor requerida para variar su temperatura. A esta cantidad se le llama *calor específico*.

El *calor específico* es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado Celsius ( $1^{\circ}\text{C}$ ).

El calor específico se relaciona con la capacidad calorífica mediante  $C_e = \frac{C}{m}$

Sustituyendo la expresión de la capacidad calorífica escribimos el calor específico en función del calor como:

$$C_e = \frac{Q}{m \Delta T}$$

Para cada sustancia la capacidad calorífica es única, como se muestra en la tabla 2.2, entonces, la ecuación anterior nos permite determinar el calor en función del calor específico:

$$Q = m C_e \Delta T$$

donde:

#### Unidades del sistema internacional

|   |   |       |                |
|---|---|-------|----------------|
| Q | → | Calor | J (joule)      |
| m | → | Masa  | kg (kilogramo) |



Unidades del sistema internacional

|            |                         |                                     |
|------------|-------------------------|-------------------------------------|
| $C_e$      | → Calor específico      | J/kg · K (joule/kilogramo · kelvin) |
| $C$        | → Capacidad calorífica  | J/K (joule/kelvin)                  |
| $\Delta T$ | → Cambio de temperatura | K (kelvin)                          |

También se pueden utilizar otras unidades como son: J/kg·°C y cal/g·°C.

En la siguiente tabla se dan valores de calor específico y temperaturas de fusión y ebullición.

Tabla 2.2. Calores específicos, temperaturas de fusión y ebullición.

| Sustancia       | Calor específico |        | Temperatura de fusión | Temperatura de ebullición |
|-----------------|------------------|--------|-----------------------|---------------------------|
|                 | cal/g·°C         | J/kg·K | °C                    | °C                        |
| Agua (líquida)  | 1.00             | 4180   | 0                     | 100                       |
| Agua (hielo)    | 0.49             | 2050   | 0                     | 100                       |
| Agua (vapor)    | 0.47             | 1960   | 0                     | 100                       |
| Alcohol etílico | 0.59             | 2450   | -114                  | 106                       |
| Oxígeno         | -                | -      | -219                  | -18.3                     |
| Bronce          | 0.086            | 360    | -                     | -                         |
| Oro             | 0.03             | 130    | -                     | -                         |
| Aluminio        | 0.22             | 900    | 658.7                 | 9220                      |
| Hierro          | 0.11             | 450    | 1530                  | 6300                      |
| Plata           | 0.06             | 240    | -                     | -                         |
| Plomo           | 0.031            | 130    | 327.3                 | 880                       |
| Cobre           | 0.093            | 389    | 108.3                 | 5410                      |
| Agua de mar     | 0.945            | -      | -                     | -                         |
| Aire            | 0.24             | 1010   | -                     | -                         |
| Madera          | 0.42             | 1760   | -                     | -                         |
| Vidrio          | 0.094            | -      | -                     | -                         |

**Ejemplo:** ¿Cuánto calor se requiere para aumentar la temperatura, de 20°C a 75°C, a 2 kg de hierro?

**Solución:**

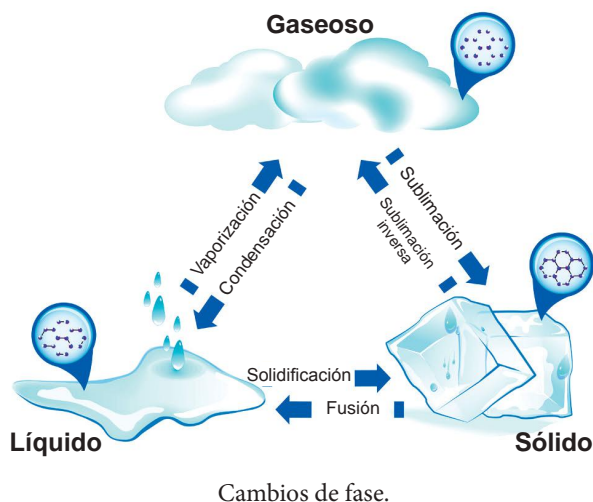
| Datos (1)  | Incógnita (2) | Fórmula (3)          | Sustitución (4)         |
|--|---------------|----------------------|-------------------------|
| $T_i = 20^{\circ}\text{C}$<br>$T_f = 75^{\circ}\text{C}$<br>$\Delta T = 55^{\circ}\text{C}$  |               |                      |                         |
| $Q = 100 \text{ cal}$<br>$m = 2 \text{ kg}$<br>$= 2000 \text{ g}$  | $Q$           | $Q = m C_e \Delta T$ | $Q = (2000)(0.113)(55)$ |
| $C_e = 0.113 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$   |               |                      |                         |
| <p style="text-align: center;"><b>Solución (5)</b></p> <p style="text-align: center;">La cantidad de calor que se requiere es <math>Q = 12430 \text{ cal}</math></p> |               |                      |                         |

## Cambio de fases

La materia, como podemos observar en nuestro entorno, se encuentra en tres estados característicos, que son: sólido, líquido y gaseoso. Al cambiar la energía en el entorno, los elementos y los compuestos pueden cambiar del estado de agregación en el que se encuentran a otro. Este cambio se denomina *cambio de fase*.

Siempre que no se descompongan a elevadas temperaturas, todas las sustancias pueden existir en cualquiera de los tres estados cuando se encuentran en condiciones adecuadas de presión y temperatura. En algunas situaciones, sin embargo,

la transferencia de energía no da lugar a un cambio de temperatura. Esto ocurre cuando las características físicas de las sustancias cambian de una forma a otra lo que se conoce como cambio de fase. Algunos cambios de fases comunes son de sólido a líquido (fusión), de líquido a gas (ebullición), de líquido a sólido (solidificación). En todos esos cambios de fase aparece un cambio de energía interna pero no de temperatura.



Los cambios de fases se realizan suministrando o extrayendo energía, acción que consiste en separar o juntar las moléculas de la sustancia que va a cambiar de fase.

¿Qué observas al sacar una paleta de hielo del congelador? ¿Qué pasaría si dejas la paleta por 5 minutos fuera del congelador? ¿Qué cambios de fase identificas?

## Calor latente de un cambio de fase

La cantidad de calor que se necesita para que se produzca un cambio de fase por unidad de masa se conoce como calor latente, y se representa con la letra  $L$ .

El *calor latente* es la relación entre la cantidad de calor que se absorbe o se libera y la masa del material que experimenta el cambio de fase.

Se expresa como:

$$L = \frac{Q}{m}$$

El calor que se absorbe o se libera se calcula como:

$$Q = L m$$

donde:

| Unidades del sistema internacional |                 |                        |
|------------------------------------|-----------------|------------------------|
| $L$                                | → Calor latente | J/kg (joule/kilogramo) |
| $Q$                                | → Calor         | J (joule)              |
| $m$                                | → Masa          | kg (kilogramo)         |

También se pueden utilizar otras unidades como son: cal/g, kcal/kg, etcétera.

Si dejamos una gelatina al sol, luego de cierto tiempo se hace líquida. Cuando una sustancia experimenta un cambio de fase sólido al líquido, el calor se denomina *calor latente de fusión*:

$$L_f = \frac{Q}{m} \rightarrow Q = L_f m$$

Por el contrario, si calentamos agua en un recipiente hasta hervir (punto ebullición), ¿qué puedes observar? Cuando el cambio es de líquido a vapor, se llama *calor latente de vaporización*:

$$L_v = \frac{Q}{m} \rightarrow Q = L_v m$$

Los valores del calor latente de fusión y vaporización para algunas sustancias se muestran a continuación (tabla 2.3).

Tabla 2.3. Calor latente de fusión y vaporización.

| Sustancia       | Calor latente de fusión |           | Calor latente de vaporización |           |
|-----------------|-------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
|                 | cal/g                   | kJ/kg     | cal/g · °C                    | kJ/kg · K |
| Agua (líquida)  | -                       | 334       | -                             | 2260      |
| Alcohol etílico | -                       | 106       | -                             | 846       |
| Oxígeno         | 3.30                    | -         | 50.90                         | -         |
| Oro             | -                       | 67        | -                             | -         |
| Aluminio        | -                       | 322 - 394 | -                             | 2300      |
| Hierro          | -                       | 293       | -                             | 3060      |
| Plata           | -                       | 109       | -                             | -         |
| Plomo           | -                       | 22.5      | -                             | 1750      |
| Cobre           | -                       | 214       | -                             | 2360      |
| Mercurio        | -                       | 11.73     | -                             | 356.7     |

**Ejemplo:** ¿Cuánto calor se requiere para fundir 10 kg de cobre, considerando su temperatura de fusión? (Tabla 2.3).

**Solución:**

| Datos (1)   | Incógnita (2) | Fórmula (3) | Sustitución (4)  | Solución (5)                                  |
|---|---------------|-------------|------------------|---|
| $L_f = 22.5 \text{ kJ/kg}$<br>$m = 10 \text{ kg}$ | Q             | $Q = L_f m$ | $Q = (22.5)(10)$ | El calor requerido es<br>$Q = 225 \text{ kJ}$ |

### Calor cedido y absorbido de los cuerpos

En los laboratorios, la identificación de algunas sustancias se puede realizar midiendo el calor específico o bien midiendo el calor de transformación de una sustancia. Para lo cual se aplican técnicas como la denominada **calorimetría**, la cual fue introducida en 1790. El principio básico de la calorimetría es la *conservación de la energía*. En la medición del calor, se emplea un *calorímetro*.



El *calorímetro* mide el calor específico.



**Calorimetría:** procedimiento para medir el calor producido por una reacción química o un proceso físico.

Si ponemos un cuerpo caliente junto a uno frío, después de un tiempo ambos tendrán la misma temperatura y cuando esto sucede se ha alcanzado el equilibrio térmico. Al aplicar la *ley de conservación de la energía*, tendremos:

$$\text{Calor perdido} = \text{Calor ganado}$$

$$(\text{Por el cuerpo caliente}) = (\text{Por el cuerpo más frío})$$

$$Q_{\text{perdido}} = Q_{\text{ganado}}$$

**Ejemplo:** Se tienen 200 g de agua a 80°C y se combinan con 100 g de agua a 50°C. ¿Cuál es la temperatura de la mezcla?

**Solución:**

| <i>Datos (1)</i>                                     |  | <i>Incógnita (2)</i>  | <i>Fórmula (3)</i>                          |
|--|--|---|---|
| $m_{H_2O} = 200 \text{ g}$                           | $m_{H_2O} = 50 \text{ g}$                            | $T_f$   | $m_1 C_e (T_1 - T_f) = m_2 C_e (T_f - T_2)$ |
| $T_{H_2O} = 80^{\circ}\text{C}$                      | $T_{H_2O} = 50^{\circ}\text{C}$                      |   |   |
| $C_{eH_2O} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ | $C_{eH_2O} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ |   |   |
| <i>Sustitución (4)</i>                               |  | <i>Solución (5)</i>   |   |
| $(200)(1)(80 - T_f) = (50)(1)(T_f - 40)$             |  | <i>La temperatura de la mezcla es</i><br>$72^{\circ}\text{C}$ |   |
| $16000 - 200T_f = 50 T_f - 2000$                     |  |   |   |
| $- 200T_f - 50 T_f = - 2000 - 16000$                 |  |   |   |
| $-250 T_f = -18000$                                  |  |   |   |
| $T_f = -18000/-250 = 72$                             |  |   |   |

### Cambio climático

El ambiente ha experimentado alteraciones que amenazan a la salud y a la vida de todos los organismos del planeta. Entre los más importantes está el daño de la capa estratosférica de ozono, la pérdida de especies de flora y fauna, la disminución de reserva de agua dulce, la degradación de los suelos y, sin duda, el calentamiento global.



Las olas de calor ocasionan sequía en el campo y pérdidas en la agricultura.



En México, la deshidratación es una causa de mortalidad infantil.



Existe una relación entre el surgimiento de huracanes y los cambios de temperatura en las aguas oceánicas.

El incremento global de la temperatura a través del tiempo no solamente produce un clima más caliente, sino también más seco. Igualmente produce un calentamiento errático, con cambios extremos que van desde temperaturas muy bajas hasta temperaturas muy altas en una misma área geográfica, además de una tendencia a la baja en las precipitaciones pluviales en algunas regiones, e inundaciones en otras. Todas estas alteraciones en los sistemas hídricos y climáticos se conocen generalmente como *cambio climático*.

Se ha observado que cuando la temperatura máxima rebasa los 36.5°C de manera sostenida, se presenta con mayor frecuencia muerte por calor entre los grupos de niños y adultos mayores, aumentan el número de incendios y los niveles de ozono en la fracción del aire respirable así como el incremento de plagas en el campo.

Las bajas temperaturas han tenido una participación clara en la incidencia de enfermedades respiratorias.

Además, con el cambio climático las enfermedades infecciosas como tuberculosis, dengue, influenza, cólera, encefalitis, por mencionar algunas, se han favorecido con los cambios climáticos.

En nuestro país debido al cambio climático ha aumentado el número de huracanes como *Vilma*, que en 2005 costó cerca de 75 mil millones de dólares a la industria del turismo en Cancún; el huracán *Alex*, que en 2010 desbordó los ríos de Nuevo León y causó la destrucción de un sinnúmero de casas; también se han presentados sequías, heladas, inundaciones y olas de calor. En 2011 una helada en Sinaloa provocó la pérdida de 5000 hectáreas de hortalizas.