



MINISTERIO DE EDUCACIÓN

DINFOCAD/UCAD

DINESST/UDCREES

**PLANCAD  
SECUNDARIA 2000**

**CIENCIA, TECNOLOGÍA  
Y AMBIENTE**



Fascículo Autoinstructivo

**2.4**

**CALOR Y TEMPERATURA**

**Producción y Publicación:**  
MINISTERIO DE EDUCACIÓN  
DINFOCAD/UCAD/PLANCAD  
Van de Velde 160 San Borja  
Lima.

**Autoría:**  
Universidad Peruana Cayetano Heredia  
Facultad de Educación

**Equipo de Trabajo:**  
Alina Gómez Loarte  
Luis Huamán Mesía  
Carmen Lauro Guzmán  
César Quiróz Peralta  
Adela Rodríguez

**Corrección de Estilo:**  
Miguel Incio Barandiarán

**Diagramación:**  
Melissa Paulino Zavaleta  
Rosa Támara Sarmiento

**Revisión de textos:**  
PLANCAD:  
Jorge Jhoncon Kooyip  
UDCREES:  
Elizabeth Quinteros Hajar  
Héctor Yauri Benites

# Índice

## CALOR Y TEMPERATURA

### I. TEORIA CINÉTICO MOLECULAR

- 1.1. Historia del Modelo Cinético Molecular
- 1.2. Introducción a la Teoría Cinético Molecular
- 1.3. Determinación de la presión cinética de los gases

### II. CALOR Y TEMPERATURA

- 2.1. Conceptos de Calor y Temperatura
- 2.2. Equilibrio Térmico

### III. CLASES DE TERMÓMETROS

- 3.1. Historia de los termómetros usados desde la antigüedad.
- 3.2. Escalas termométricas.
- 3.3. Clases de termómetros
  - 3.3.1. Termómetro de Mercurio
  - 3.3.2. Termómetro de Máxima y Mínima
  - 3.3.3. Termómetro Clínico
  - 3.3.4. Pirómetro de Gas
  - 3.3.5. Termómetro Metálico

### IV. EL CALOR EN NUESTRO CUERPO Y EL AMBIENTE

- 4.1. Control fisiológico de la temperatura en el cuerpo humano.
- 4.2. La fiebre
- 4.3. Contaminación térmica

# I. INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA CINÉTICO MOLECULAR

## 1.1 HISTORIA DEL MODELO CINÉTICO MOLECULAR DE LOS GASES

¿Sabías que los primeros indicios del origen de la teoría cinético molecular se encuentran 25 siglos atrás?

Así es. En el siglo V. aC. Leucipo (filósofo griego) sostenía que la materia del universo estaba conformada por partículas indivisibles e idénticas entre sí, a las que denominó "átomos". Esta idea fue ampliada y difundida por Demócrito en el mismo siglo.

Durante la Edad Media, las ideas de Leucipo y Demócrito fueron criticadas por varios físicos de la época. En el Renacimiento, Roberto Hooke propuso la teoría de que los gases están compuestos por átomos en constante movimiento, provocando continuos choques entre ellos. Esta teoría explica la naturaleza fluida de los gases.

En el año 1738, el físico Daniel Bernulli, sostuvo que la presión de un gas es el resultado de los choques de los átomos o moléculas contra las paredes del recipiente que lo contiene. Además, estableció una relación matemática entre la presión del gas y el promedio del cuadrado de las velocidades de las moléculas que lo constituyen. Sin embargo su esfuerzo no fue reconocido en ese entonces.

A inicios del siglo XIX, el físico John Herapath retomó los conceptos investigados por Bernulli, estableciendo una relación matemática entre la presión del gas, su densidad y la velocidad de las moléculas; pero una vez más este trabajo fue ignorado.

En 1845 John Waterston presentó un artículo ante la real sociedad de Inglaterra en el que exponía muchos de los conceptos de la teoría cinética; no obstante, este trabajo también fue rechazado por "absurdo".

En el año 1856, el físico alemán Rodolf Clausius presentó sus investigaciones sobre la Teoría Cinética. Esta teoría fue complementada por los trabajos de Maxwell (Inglaterra) y Boltzmann (Austria), a fines del siglo XIX.

Pero no fue hasta el año 1905 en que el notable científico Albert Einstein evidenció la existencia de los átomos y moléculas, cuya existencia fue comprobada en laboratorios experimentales por Jean Baptiste Perrin en 1908. Con estos estudios se confirmaron los principios de la teoría cinética molecular que ahora conocemos y evidenciaron la existencia de los átomos:

*¿Qué importancia tiene la investigación científica para el avance de la ciencia?*

-----  
-----  
-----  
-----  
-----

## 1.2 INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA CINÉTICO MOLECULAR

Iniciaremos nuestro estudio sobre la teoría cinética molecular realizando la siguiente actividad:

*Primero Infla un globo grande (de fiesta) ¿Qué ocurre?*

-----  
-----

*Habrás concluido que a medida que ingresa el aire, las paredes del globo se expanden, aumentando su volumen y tensionándose cada vez más.*

*¿Cómo podría explicar este fenómeno?*

-----  
-----

*Coincidimos contigo, al afirmar que el gas contenido dentro del globo ejerce distintas fuerzas en todas las direcciones sobre las paredes del mismo. Entonces...*

*¿Cuál es el origen de estas fuerzas?*

-----  
-----

*Mantendremos en suspenso la comprobación de tu respuesta hasta terminar la actividad.*

*¿Qué ocurre si dejamos el globo inflado por una hora o un día?*

-----

*Es evidente que si no hay escape de aire ni variaciones de presión y temperatura, el globo conservará su volumen y se mantendrá igualmente tenso.*

*¿Por qué continúa el aire ejerciendo presión sobre las paredes del globo?*

-----

*Deja destapado un perfume u otra sustancia olorosa en una habitación. Al cabo de unos minutos ¿Qué ocurre?*

-----

*Notaremos, pues, que el perfume u olor de dicha sustancia se ha dispersado por toda la habitación.*

Estos hechos se originan porque las moléculas de un gas están en constante movimiento, en diferentes direcciones, ejerciendo presión sobre el recipiente que las contiene.

La palabra cinética describe algo que está en movimiento. La Teoría Cinético Molecular describe la estructura molecular de los gases ideales. Ella se basa en los siguientes supuestos:

- Un gas está constituido por partículas muy pequeñas que pueden ser átomos o moléculas.

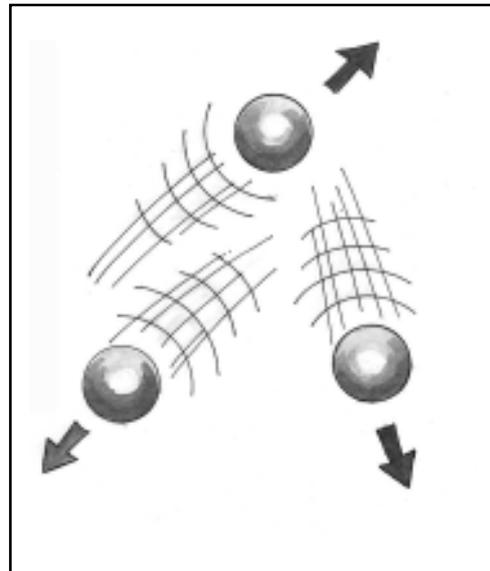
- b) El número de moléculas presentes en una porción de masa gaseosa es muy grande. En 1 mol de gas la cantidad de moléculas es  $6,023 \times 10^{23}$ .
- c) Las moléculas de un gas se encuentran muy separados unas de otras y con velocidades uniformes que pueden ser entre cero e infinito.
- d) Las moléculas de un gas tienen movimiento constante y dicho movimiento es caótico, en diferentes direcciones con velocidades bajas o muy altas.
- e) No existen fuerzas de repulsión ni de atracción entre las moléculas, salvo las fuerzas generadas por los choques elásticos entre ellas y el recipiente que las contiene.
- f) Las moléculas están distribuidas uniformemente en todo el recipiente que las contiene a no ser que existan fuerzas extremas como las electrostáticas, gravitacionales o electromagnéticas.



¿Sabías que la dimensión de una molécula de gas es aproximadamente  $10^{-8}$  cm?  
(Alvarenga, 1981)

La Teoría Cinética Molecular se utiliza principalmente para explicar la naturaleza y las propiedades de la materia en estado gaseoso. Según ésta, las moléculas de un gas son de tamaño despreciable, en comparación con la distancia de separación entre ellas.

Imagínese una mesa de billar con muchas esferas colocadas separadamente. Al golpearlas horizontalmente, una de las esferas chocará y rebotará y volverá a chocar con otras, que a su vez lo harán con otras y así sucesivamente. Al cabo de unos segundos se habrá producido una mezcla indistinta de esferas. De igual manera, el humo de un cigarro o el olor de un perfume se mezclan con el aire debido al choque entre sus moléculas, dispersándose progresivamente por todo el espacio que les sea posible. Esto nos sugiere que las moléculas de un gas se movilizan cargadas de energía. Al chocar éstas entre sí, se transmiten y reciben energía, la molécula que tiene mayor velocidad transfiere energía a la más lenta. La suma total de los vectores de las velocidades de cada molécula es cero. Esto quiere decir que el mismo número de moléculas se mueven hacia la derecha, izquierda, arriba, abajo adelante y atrás.



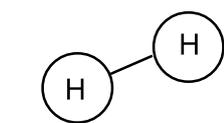
Si el gas está contenido en un recipiente, las moléculas que chocan se adhieren instantáneamente a las paredes del recipiente, entregando una cantidad de energía, la que

recuperan al momento de despegarse e impulsarse en su movimiento. De esta forma se produce una presión sobre las paredes del recipiente por acción del choque de las moléculas sobre las mismas.

La teoría cinética molecular dió paso a importantes conclusiones, como las siguientes:

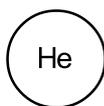
- 1) La temperatura es la medida de la energía molecular promedio, siendo la energía total considerada como energía interna (U).
- 2) A una temperatura determinada, la velocidad de una molécula será mayor cuanto menor sea su masa.

¿Cuál de los siguientes gases tendrá mayor velocidad a una misma temperatura?



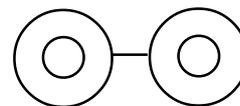
a) H<sub>2</sub>

-----



b) He

-----



c) O<sub>2</sub>

-----

¿Cuál de los componentes del aire tendrá mayor velocidad?

-----

-----

-----

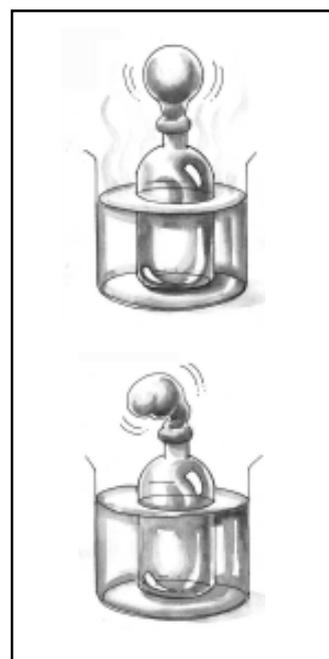
## ACTIVIDAD EXPERIMENTAL N° 1

*Necesitas:*

- 1 frasco de vidrio o de lata
- 1 globo semi-inflado
- recipiente con agua caliente
- recipiente con agua fría

*Procede de la siguiente manera:*

1. Coloca el globo semi-inflado sobre el cuello del frasco, luego introdúcelo dentro de un recipiente con agua a punto de hervir. ¿Qué ocurre con el volumen del aire dentro del globo? ¿Por qué?
2. Sumerje el frasco con el globo dentro de un recipiente con agua muy fría ¿Qué sucede con el volumen del aire? ¿Por qué?



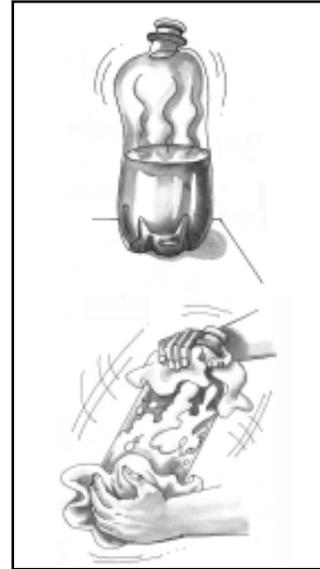
## ACTIVIDAD EXPERIMENTAL N° 2

*Necesitas:*

- 1 botella de plástico con tapa
- Agua recién hervida

*Realiza lo siguiente:*

1. Llena la botella de plástico con agua recién hervida hasta la mitad. Al cabo de unos minutos tapa la botella. ¿Qué sucede con la botella?
2. Agita la botella de manera que el agua caliente moje la superficie de la parte de la botella que no contiene agua. ¿Qué cambios experimenta la botella?



*¿Qué relación existe entre la temperatura, y la presión del aire dentro y fuera de la botella?*

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

### 1.3 CÁLCULO DE LA PRESIÓN CINÉTICA DE LOS GASES

Como hemos comentado, las moléculas de un gas están en continuo movimiento, de manera que éstas chocan sobre las paredes del recipiente que lo contiene generando una presión cinética.

Regresemos al ejemplo de la mesa de billar, pero esta vez sus bordes serán de una tela elástica y las esferas serán de goma, de manera que con el mismo impulso horizontal con que chocan también rebotan. Entonces, nos daremos cuenta que las esferas chocan con los bordes de la mesa y rebotan con la misma intensidad; como producto de este choque, la mesa soportará una presión.

Imagínate que colocáramos más esferas de goma e iniciáramos el movimiento de ellas mediante un impulso horizontal ¿qué ocurriría con la presión sobre los bordes de la mesa?

Como el número de choques aumenta. Por tanto, diremos que la presión de un gas dentro de un recipiente aumenta con el incremento del número de moléculas contenidas dentro de dicho recipiente. El aumento de la presión también puede estar dado por el incremento de la velocidad de las moléculas, de esta manera, los choques contra las paredes del recipiente serán más continuos.

El cálculo de la presión que un gas ejerce sobre las paredes del recipiente que lo contiene se conoce a partir de la siguiente ecuación:

$$p = \frac{1}{3} \left( \frac{N}{V} \right) mc^2$$

Donde:  $N$  = Número total de moléculas del recipiente  
 $V$  = Volumen del recipiente  
 $m$  = Masa de cada molécula  
 $c^2$  = Promedio de los cuadrados de las velocidades de las moléculas.  
 $p$  = Presión

Ahora, aplica la ecuación en el siguiente problema:

*Un recipiente de volumen "V" contiene "N" moléculas de  $H_2$  con cierto valor de " $C^2$ " a una presión de una atmósfera (atm). Suponiendo que el valor de " $C^2$ " no se altere.*

*¿Cuál será el valor de la presión del gas para cada uno de los siguientes casos?*

- a) Se mantiene el valor de V y se introducen otras N moléculas de  $H_2$  en el recipiente.*
- b) Se aumenta el volumen a 2V y el número de moléculas se mantiene igual a 2N.*
- c) Se mantiene el volumen "V" y el  $H_2$  se sustituye por N moléculas de He (masa atómica = 4 uma)*

## II. CALOR Y TEMPERATURA

### 2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

*¿Sabes cómo producían fuego los hombres primitivos?*

-----  
-----

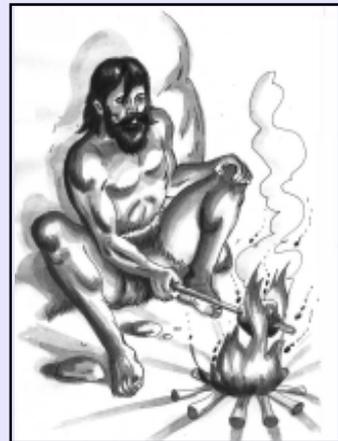
*Suponemos, que tu respuesta fue que los hombres primitivos generaban calor frotando palitos secos de madera.*

*Coloca tu mano derecha en un recipiente con agua caliente y la izquierda en un recipiente con agua helada. Al cabo de 2 minutos sumerge ambas manos al mismo tiempo en un recipiente con agua fría. ¿Qué sensación de temperatura percibe cada una de tus manos? ¿Cómo puede explicar este hecho?*

Entonces, podemos deducir que el calor está relacionado con el movimiento y con la fricción de los cuerpos, lo que genera la elevación de la temperatura.

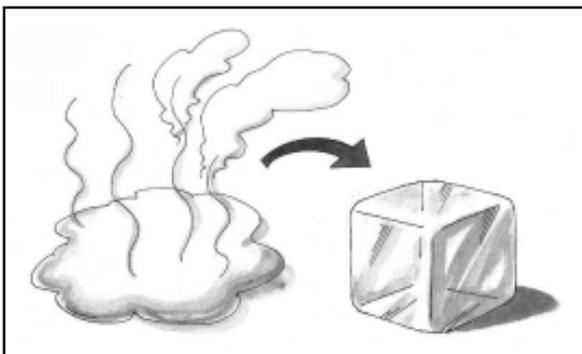
*Considerando la experiencia anterior y tus conocimientos previos, ¿qué se entiende por calor y qué, por temperatura?*

-----  
-----



Al respecto podemos mencionar que todo cuerpo posee una determinada temperatura.

Cuando dos cuerpos de diferente temperatura se ponen en contacto (contacto térmico), el cuerpo con mayor temperatura transfiere **calor** al de menor temperatura, hasta que ambos tienen al mismo nivel de temperatura.



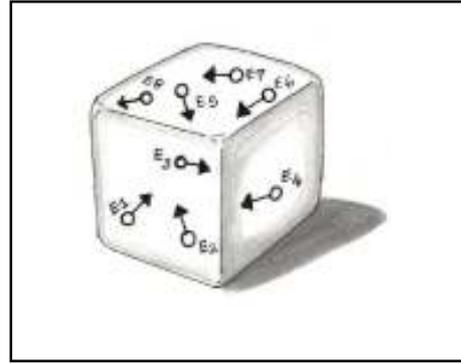
Entonces, podemos decir que se entiende por **calor** a la **energía interna** que se transfiere de un cuerpo de mayor temperatura a otro con menor temperatura. Es decir, **calor** es el flujo de energía que un cuerpo transmite a otro.

La energía interna de un cuerpo es el resultado de la suma de las energías de sus moléculas. También se le conoce como **energía térmica**.

Energía térmica:

$$E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 \dots$$

El concepto de temperatura tiene relación con la Teoría Cinética Molecular, por ello, antes de llegar a hacer una definición, comenzaremos por analizar algunas situaciones que nos ayudarán a elaborar nuestro propio concepto.



Recordemos la ecuación de la presión que ejercen las moléculas de un gas sobre el recipiente que las contiene:

$$p = \frac{1}{3} \cdot \frac{Nmc^2}{V}$$

De donde tenemos :

$$pV = \frac{1}{3} Nmc^2$$

Recordemos la ecuación de estado de un gas ideal:

$$pV = nRT$$

Donde:

- $n$  representa el número de moles contenidos en la masa de gas.
- $R$  es la constante de proporcionalidad
- $T$  es la temperatura de la masa gaseosa
- $p$  es la presión
- $V$  es el volumen del gas

Al comparar ambas ecuaciones encontramos:

$$\frac{1}{3} Nmc^2 = nRT \quad \text{ecuación (I)}$$

Supongamos que  $\text{Å}$  representa la constante de Avogadro que es  $6,026 \cdot 10^{23}$

Luego, sabemos que  $n$  representa el número de moles de la masa del gas y que  $N$  es el número de moléculas del gas, Entonces  $N = n \text{ Å}$

Al reemplazar esta equivalencia en nuestra ecuación (I) tenemos:

$$\frac{1}{3} n\text{Å} mc^2 = nRT \quad \text{(I)}$$

$$\frac{1}{3} \text{Å} mc^2 = RT$$

$$\frac{1}{2} mc^2 = 3 RT$$

$$mc^2 = \frac{3 RT}{\frac{1}{2}} \quad \text{ecuación (II)}$$

El resultado de  $(R/\frac{1}{2})$  es otra constante conocida como **constante de Boltzmann** y se representa por la letra  $k$ . Entonces nuestra ecuación (II) quedaría de la siguiente manera:

$$mc^2 = 3kT \quad \text{ecuación (III)}$$

Al multiplicar esta ecuación por  $\frac{1}{2}$  tenemos:

$\frac{1}{2}$

$$\frac{1}{2} mc^2 = \frac{3kT}{2} \quad \text{ecuación (IV)}$$

Recordemos que  $\frac{1}{2} mc^2 = E_c$ . Por tanto, el primer miembro de la ecuación (IV) representa la **energía cinética media** de las moléculas del gas. Entonces tenemos:

$$E_c = \frac{3kT}{2} \quad \text{ecuación (V)}$$

De donde concluimos que la temperatura es el resultado de la energía cinética promedio de las moléculas de un gas. Entonces, por **temperatura** se entiende el grado de agitación de las moléculas de un cuerpo. Por lo tanto, a mayor velocidad de las moléculas, la temperatura será mayor.



*¡Por lo tanto!  
¿Es correcto decir que un cuerpo tiene calor o que la temperatura es la medida del calor de un cuerpo?*

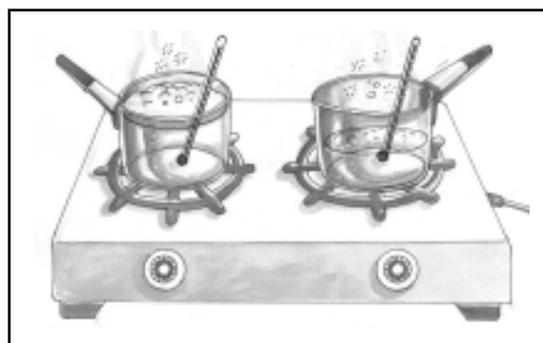
A partir de lo expuesto anteriormente, se deduce que un cuerpo tiene energía térmica mas no calor, puesto que éste último es la energía que se transmite entre dos cuerpos cuando hay diferencia de temperatura.

Luego, la temperatura es el grado de energía térmica de un cuerpo y no el grado de calor de un cuerpo.

### ACTIVIDAD EXPERIMENTAL N° 3

*Necesitas:*

- 2 recipientes resistentes al fuego
- Agua
- 2 termómetros de mercurio
- cocinilla eléctrica o mechero
- 2 rejillas con asbesto



Realiza lo siguiente:

1. Calienta, con la misma intensidad de calor, dos cantidades diferentes de agua.
2. Toma la temperatura al inicio y lleva la cuenta del tiempo transcurrido. Anota tus datos en la tabla.

	Recipiente 1			Recipiente 2		
	Media	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
Tiempo						
Temperatura						

3. Espera un tiempo entre 5 y 10 minutos. Vuelve a medir la temperatura del agua de ambos recipientes y anótalo
4. Repite la medición de temperatura en ambos recipientes al cabo de un cierto tiempo y anótalo. ¿Son iguales las temperaturas del agua de ambos recipientes?

**Explica el por qué de tu observación:**

-----  
-----

## 2.2 EQUILIBRIO TÉRMICO

Imagínate que colocamos un trozo de carbón caliente sobre una mesa de madera, en una habitación cerrada. Dejemos de lado, para este análisis, el efecto del aire.

Es de esperar que, al cabo de un tiempo, el tablero de la mesa aumente de temperatura, mientras que el carbón disminuya la propia. En otras palabras, que el carbón transmita calor al tablero de la mesa. Luego, tanto el carbón como el tablero de la mesa contarán con la misma temperatura.

En este momento es que decimos que ambos cuerpos han llegado a un **equilibrio térmico**.

*El equilibrio térmico es una característica de dos cuerpos con diferentes temperaturas, donde el de mayor temperatura otorga calor al de menor temperatura, de manera progresiva, al cabo de un tiempo ambos habrán conseguido la misma temperatura.*

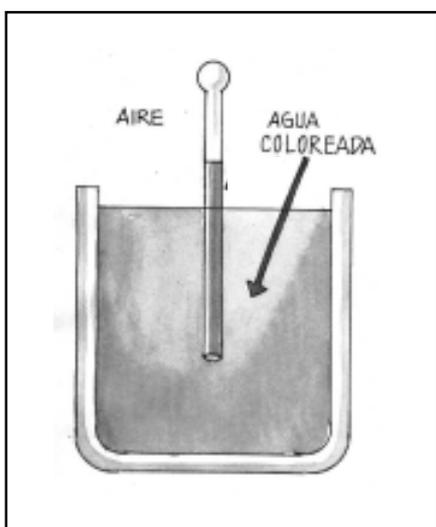
La temperatura del agua del mar y de los ríos es menor que la de la atmósfera, porque ella, debido a su estado líquido y su estructura molecular, tiene capacidad para absorber el calor (capacidad calórica) proveniente del sol, y retenerlo.

En un día normal, el aire y el agua reciben el calor proveniente del sol. Sin embargo, el aire se calienta más rápido que el agua, debido a que la capacidad calórica de estos cuerpos es diferente. Al caer la noche, el aire pierde calor con mayor facilidad que el agua. De esta manera ambos cuerpos mantienen diferentes temperaturas.

### III. CLASES DE TERMÓMETROS

#### 3.1 HISTORIA DE LOS TERMÓMETROS Y ESCALAS USADOS DESDE LA ANTIGÜEDAD

¿Tienes idea de cómo eran los termómetros en la antigüedad?



El primer termómetro fue construido por Galileo en el año 1592. Consistía en un bulbo de vidrio que se prolongaba en un tubo delgado. El otro extremo del tubo estaba abierto para ser introducido en un recipiente con agua coloreada (como se muestra en la figura).

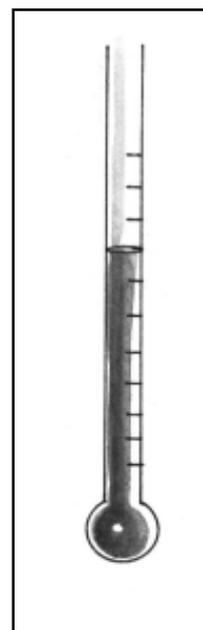
Para medir la temperatura de un paciente enfermo, se pedía a una persona sana que colocará el bulbo dentro de su boca por un tiempo suficiente como para entregarle calor al bulbo. En consecuencia, el aire contenido en el tubo se dilataba descendiendo el nivel del agua; se hacía una marca e inmediatamente el paciente enfermo colocaba el bulbo dentro de su boca. Si el agua del tubo descendía del nivel señalado, se sabía que el paciente estaba con fiebre.

En realidad, este instrumento sólo servía para comparar la temperatura entre dos objetos, puesto que no tenía una escala que permitiera la medición, es por esta razón que se le debe llamar no termómetro, sino más bien termoscopio de Galileo.

En el año 1637 recién, se inventó el primer termómetro de líquido, muy similar al que se usa actualmente. Este termómetro contenía agua en el interior del tubo, la que se dilataba o contraía si el cuerpo estaba caliente o frío. Este termómetro ya tenía una escala y el extremo del tubo estaba abierto.

Años más tarde, Fernando II, Duque de Toscana, construyó un termómetro similar al anterior, pero era un tubo herméticamente cerrado que contenía alcohol.

Más adelante, Fernando II, fundó una academia especializada en la construcción de termómetros, y construyó el termómetro a base de Mercurio, esto le permitió medir temperaturas por debajo del punto de solidificación del agua (el alcohol se congela a menor temperatura que el agua).



En 1664, Robert Hook usó un termómetro de alcohol mezclado con un tinte rojo. Dividió el volumen de dicho líquido en 500 partes iguales o grados, cada uno representaba el volumen de dilatación del líquido. Para establecer esta escala solo necesitó un punto de referencia: el punto de congelamiento del agua. Con este trabajo, Hook demostró que se podía establecer un mismo estándar para termómetros de diferentes tamaños.

En 1702, el astrónomo Olé Roemer de Copenhagen creó una nueva escala basada en dos puntos fijos: nieve (o Hielo fundente) y el punto de ebullición del agua. Más tarde, los científicos de la época crearon diferentes escalas de medición de la temperatura basadas en distintos criterios. Fue tal la proliferación de escalas que, a principios del siglo XVIII, existían más de 35 en uso. Entre las escalas más destacadas de aquella época estuvieron las de Fahrenheit y de Celsius.

La escala Fahrenheit fue creada en 1724 por Gabriel Fahrenheit. Estaba basada en dos puntos fijos: el punto de ebullición del agua:  $212^{\circ}$  y el punto del hielo fundente, a  $32^{\circ}$ .

La primera escala centígrada (compuesta por 100 grados) la propuso el sueco Anders Celsius en 1742, indicaba con  $0^{\circ}$  el punto del hielo fundente y con 100 el punto de ebullición del agua. Esta propuesta fue aceptada extensamente en el mundo, siendo conocida como escala centígrada. En 1948 se le cambió el nombre por el de grados Celsius, en honor a su creador.

A pesar que la escala Celsius es reconocida por el Sistema de Medida Internacional, algunos países, sobretodo los de habla inglesa, continúan usando la escala Fahrenheit.

**Responda lo siguiente:**

*¿Cuáles son los tipos de termómetros que se han mencionado en el texto anterior?*

-----

-----

*¿En qué se basaban las primeras escalas termométricas?*

-----

-----

**3.2 ESCALAS TERMOMÉTRICAS**

¿Por qué estos termómetros indican diferentes resultados de temperatura de una misma sustancia?

Los termómetros pueden expresar la temperatura de un cuerpo en diferentes escalas termométricas. Para establecer la escala termométrica es necesario tomar como referencia dos puntos fijos: uno superior, que corresponde a la temperatura del agua en ebullición, y uno inferior, correspondiente a la temperatura de congelamiento de una mezcla de agua y NaCl, conocida como hielo fundente. La distancia de la columna de mercurio entre estos dos puntos se dividen entre un número determinado de partes iguales; cada parte representa un grado de temperatura.



Entre las escalas más conocidas se tienen la de Celsius, la de Fahrenheit, y la de Kelvin:

- a) **Escala Celsius.** Creada por el astrónomo sueco, Anders Celsius. Consta de 100 grados su punto fijo superior está dado por la temperatura de ebullición del agua ( $100^{\circ}\text{C}$ ) a una atmósfera y como punto fijo inferior el punto de fusión del hielo fundente, una mezcla de hielo y NaCl (llamado hielo fundente), a  $0^{\circ}\text{C}$ . La escala del termómetro puede extenderse por encima de  $100^{\circ}\text{C}$  y por debajo de los  $0^{\circ}\text{C}$ .
- b) **Escala Fahrenheit.** Esta escala considera como punto fijo superior al que correspondiente a la temperatura normal del cuerpo humano ( $97.7^{\circ}\text{F}$ ) y como punto fijo inferior al de la temperatura de fusión de una mezcla de NaCl y hielo.

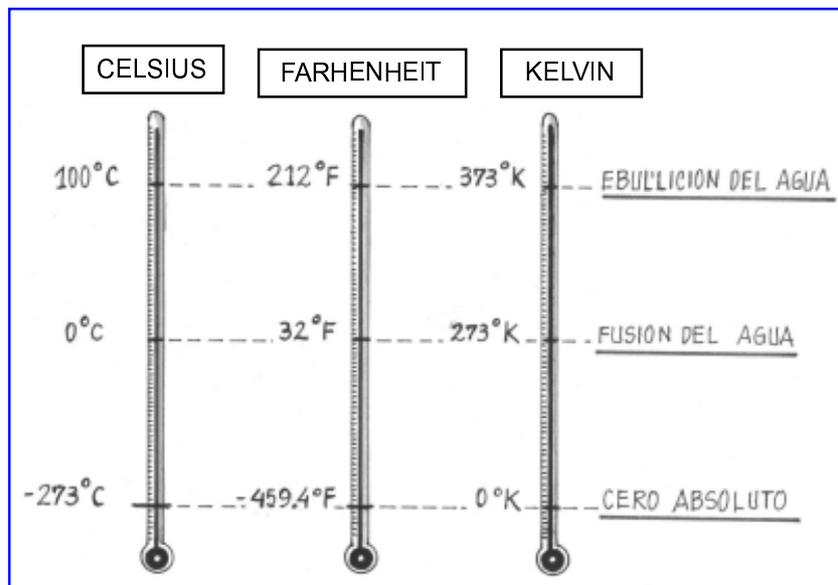
En un intento por uniformar los puntos fijos de referencia se optó por considerar que la temperatura de fusión del hielo fundente corresponde a  $32^{\circ}\text{F}$  y la temperatura de ebullición del agua corresponde a  $212^{\circ}\text{F}$ .

En esta escala, hay 180 grados entre un punto fijo y el otro.

- c) **Escala Kelvin.** En esta escala se consideró en un inicio, el máximo y mínimo de temperatura al que puede alcanzar la materia, pero se llegó a la conclusión que no existe un límite superior de la temperatura que puede alcanzar un cuerpo, aunque si se ha llegado a identificar un nivel mínimo de temperatura, equivalente a  $-273^{\circ}\text{C}$ , considerada como "el cero absoluto".

Entonces, el equivalente en grados Kelvin para la temperatura de ebullición del agua es  $373^{\circ}\text{K}$  y la temperatura de fusión del agua es  $273^{\circ}\text{K}$ .

El siguiente gráfico muestra las equivalencias entre las tres escalas termométricas:



**Ahora responde lo siguiente:**

¿Qué entiendes por “cero absoluto”?

¿Por qué son necesarios dos puntos fijos para establecer una escala de temperatura?

¿Es importante usar una escala universal? Explica por qué.

### 3.3 EQUIVALENCIAS ENTRE LAS ESCALAS DE TEMPERATURA

Observemos, la figura anterior para establecer las equivalencias entre las escalas termométricas. Supongamos, que tomamos la temperatura de una sustancia con tres termómetros de diferentes escalas; la temperatura en escala Celsius se representará como  $t_c$ , la temperatura de la escala Fahrenheit se representará como  $t_f$  y la temperatura en escala Kelvin se representará como  $t_k$ . Empezaremos por reconocer los puntos fijos comunes los cuales serán el de la fusión y ebullición del agua:

$$100^\circ \text{ C} = (212^\circ \text{ F} - 32^\circ \text{ F}) = (373^\circ \text{ K} - 273^\circ \text{ K})$$

$$100^\circ \text{ C} = 180^\circ \text{ F} = 100^\circ \text{ K}$$

De estas equivalencias resulta:

$$\frac{t_c}{100^\circ \text{ C}} = \frac{t_f - 32}{180^\circ \text{ F}} = \frac{t_k - 273}{100^\circ \text{ K}}$$

Simplificando, tenemos:

$$\frac{t_c}{5^\circ \text{ C}} = \frac{t_f - 32}{9^\circ \text{ F}} = \frac{t_k - 273}{5^\circ \text{ K}}$$

Luego:

$$t_c = (t_k - 273)^\circ \text{ C}/^\circ \text{ K}$$

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

$$t_f = \frac{9(t_k - 273)^\circ \text{ F} + 32}{5^\circ \text{ K}}$$

Resolvamos un ejercicio de conversión de escalas termométricas donde podremos utilizar estas equivalencias.

### Ejercicio

*Cuál será la temperatura en grados Celsius de un niño si el termómetro arrojó una lectura de 105,8° F.*

### Solución:

*Temperatura : 105,8° F*

Reemplazamos este valor en nuestra equivalencia:

$$t_c = \frac{5(t_f - 32)^\circ C}{9^\circ F}$$

Así tenemos:  $t_c = \frac{5(105,8^\circ F - 32)^\circ C}{9^\circ F}$

Luego:  $t_c = \frac{5(73,8^\circ F - 32)^\circ C}{9^\circ F}$

Entonces:  $t_c = 41^\circ C$

### Ahora te proponemos algunos ejercicios para que los resuevas:

1. La temperatura ambiental de una ciudad "X" es 60,8° F. ¿Cuál será el equivalente de esta temperatura en escala Celsius?
  - a) 48,8° C
  - b) 26,5° C
  - c) 18,2° C
  - d) 16° C
2. Una cocinera prepara un delicioso pastel. Según la receta, la masa debe cocinarse en el horno a 300° F. Sabiendo que el horno de la cocinera está graduada en escala Celsius. ¿A qué temperatura se debe programar el horno para hornear el pastel?
  - a) 148,8° C
  - b) 126,6° C
  - c) 134,6° C
  - d) 159,5° C
3. Un científico encuentra que la temperatura de ebullición de cierta sustancia es 87° C. ¿Cuál es el valor de dicha temperatura en grados Kelvin y Fahrenheit?
  - a) 360° k - 156,6° F
  - b) 350° k - 30,5° F
  - c) 360° k - 188,6° F
  - d) 270° k - 172,2° F

### 3.4 CLASES DE TERMÓMETROS

Desde la invención del primer termómetro hasta la actualidad, se han conocido diferentes clases de termómetros.

Así tenemos:

#### Termómetro de Alcohol

Se usa para medir temperaturas inferiores a 120°C.

#### Termómetro de Pentano

Este tipo de termómetro alcanza a medir temperaturas inferiores a 220°C.

#### Termómetro de Mercurio

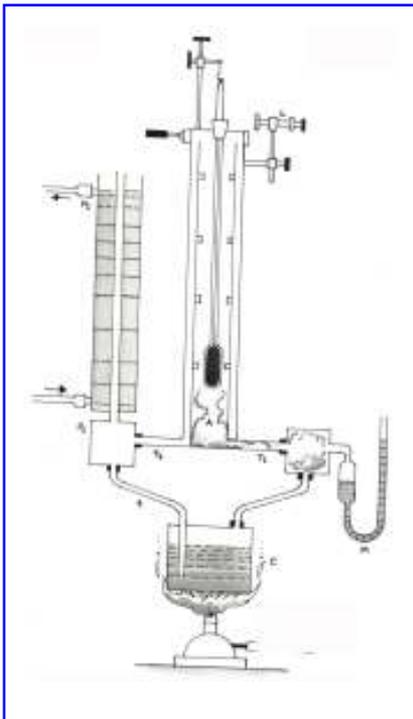
Se usa para medir temperaturas de los cuerpos materiales entre 0° a 100°C

#### Termómetro de Gas

Entre los más usuales tenemos los de Hidrógeno, de Helio y de Nitrógeno. Estos termómetros son de gran precisión y se emplean para calibrar los termómetros ordinarios de líquidos.

#### 3.3.1 Termómetro de mercurio

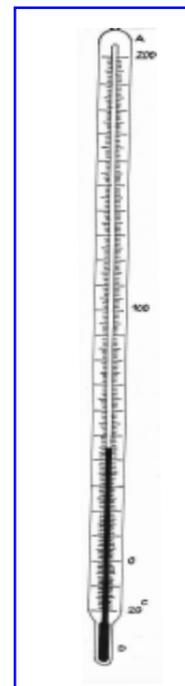
Este es el más usado para medir la temperatura de los cuerpos materiales. Por lo general, la escala está grabada sobre la misma varilla.



Para determinar el punto cero de este termómetro se introduce toda la columna que contiene el mercurio en un recipiente con hielo puro picado o nieve pura mezclada con agua destilada. El termómetro permanecerá dentro del hielo hasta que llegue a un equilibrio térmico donde el nivel de mercurio se haya contraído al máximo.

Para determinar el punto máximo, se coloca el termómetro dentro de un aparato especial (ver figura adjunta) en el cual éste queda suspendido y sometido al calor del vapor del agua hirviendo de la vasija. El valor máximo de temperatura del vapor de agua hirviendo dependerá de la presión a la cual se encuentra sometida.

Normalmente dos termómetros de mercurio deben indicar la misma temperatura a no ser que el vidrio de cada termómetro sean de diferente clase. Al someter



un termómetro sobre un cuerpo caliente se dilata no sólo el mercurio, sino también el vidrio que lo contiene y la dilatación de este último dependerá sobre todo de sus componentes.

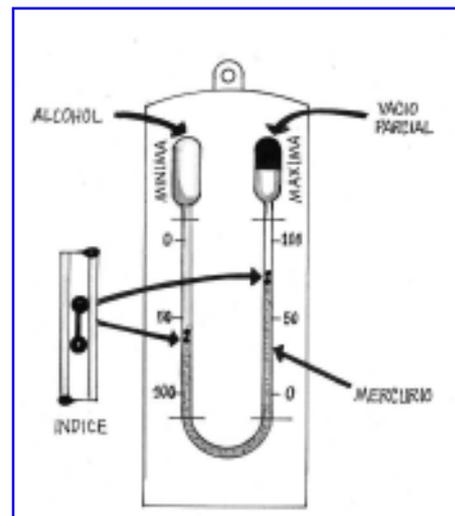
### 3.3.2 Termómetro de máxima y mínima

Estos termómetros sirven para conocer la temperatura máxima y mínima de un cuerpo material o sustancia como líquidos y gases, alcanzado durante un determinado período de tiempo.

El termómetro presenta dos columnas: una con mercurio y otra generalmente de alcohol, dispuesta en forma paralela, como se muestra en la figura.

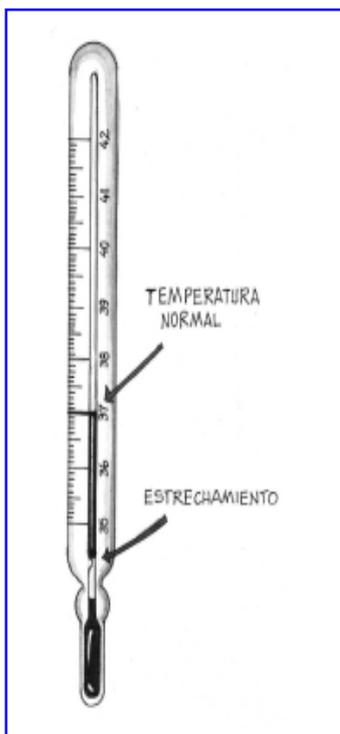
El termómetro de máxima contiene una barrita de hierro en el extremo superior de la columna de Mercurio (Hg). Cuando el mercurio sube, arrastra la barrita pequeña, pero al descender, la barrita no regresa indicando la temperatura máxima alcanzada por el cuerpo.

El termómetro de mínima, contiene alcohol y dentro de él una delgada varilla de vidrio. Al dilatarse el alcohol la barrita no sube junto con él, pero al disminuir la temperatura, este es arrastrado por la tensión superficial marcando así la temperatura mínima alcanzada por el cuerpo.



Este termómetro se usa para medir la temperatura máxima y mínima de la atmósfera.

### 3.3.3 Termómetro clínico



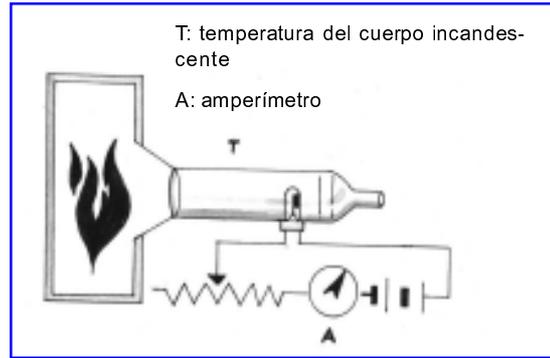
Es un tipo de termómetro de mercurio, el cual se encuentra contenido en un depósito. Al aumentar la temperatura, el mercurio se dilata, prolongándose por un tubo muy estrecho. Al disminuir la temperatura se contrae sólo el mercurio contenido en el depósito, separándose del que quedó dentro del tubo. Es por eso que luego de usar este termómetro es necesario agitarle firmemente el tubo para ayudar al mercurio a regresar a su depósito.

Esta clase de termómetro se usa para medir la temperatura interna del cuerpo humano.

Los termómetros clínicos pueden ser de uso oral o anal. Los de uso oral se usan introduciendo el bulbo que contiene el mercurio dentro de la boca de 3 a 5 minutos. Este termómetro también se puede colocar en el axila de 5 a 7 minutos. El termómetro anal tiene el bulbo en forma de balón y es colocado en el ano de la persona, por lo general a los bebés que no toleran el termómetro en sus bocas.

### 3.3.4 Pirómetro óptico

Este instrumento se usa para medir la temperatura de un cuerpo sometido a altas temperaturas como las de un horno o un cuerpo incandescente. Este instrumento consiste básicamente en un sistema óptico y una fuente de poder. El sistema óptico incluye un microscopio, una lámpara calibradora y un filtro de bandas de ondas angostas, todo distribuido de tal manera que el cuerpo a prueba y la fuente de luz estándar pueda ser vistos simultáneamente. La fuente de poder provee una corriente ajustable al filamento de la lámpara

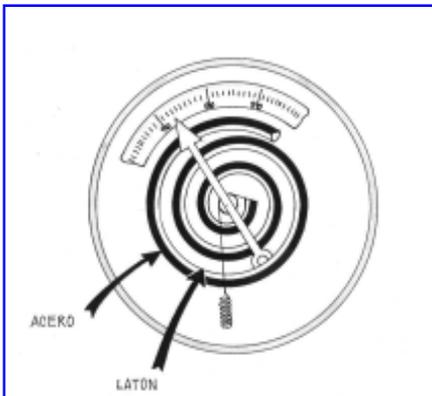


El pirómetro óptico se basa en el principio de que la radiación de un cuerpo depende de la temperatura que posea. La intensidad de la radiación del cuerpo que se quiere medir emite una longitud de onda que se compara con la fuente de luz estándar del pirómetro.

Desde 1956 se empezó a utilizar el pirómetro óptico automático, éste brinda mayor exactitud en la medición de altas temperaturas, además de tener mayor sensibilidad que cualquier pirómetro de ajuste manual, que depende de la apreciación del ojo humano.

La precisión obtenida con pirómetros automáticos son del orden de más menos  $7^{\circ}$  F para temperaturas de  $1500^{\circ}$  F a  $2250^{\circ}$  F y de más menos  $12^{\circ}$  F a temperaturas de  $2250^{\circ}$  F a  $3200^{\circ}$  F.

### 3.3.5 Termómetro bimetálico



En este termómetro la temperatura se mide con un sistema bimetálico que está enrollado helicoidalmente y tratado térmicamente para obtener mayor estabilidad a largo plazo. El sistema bimetálico consta de dos bandas metálicas unidas que tienen diferentes coeficientes de expansión, por consiguiente una banda se expandirá más rápido que la otra, haciendo que la banda bimetálica se enrolle o desenrolle en proporción a temperatura, lo que a su vez hace girar la aguja.

Los termómetros bimetálicos tienen aplicaciones industriales de medición de la temperatura.

### 3.3.6 Termómetros de resistencia

Los termómetros de resistencia se usan ampliamente para medir temperaturas en un intervalo de  $-260$  a  $750^{\circ}$  C. En algunos casos pueden utilizarse para medir temperaturas de hasta  $1000^{\circ}$  C.

El funcionamiento de los termómetros de resistencia está basado en la propiedad que tienen las sustancias de cambiar su resistencia eléctrica al variar su temperatura. El termómetro posee una parte sensible que, por lo general, está compuesta por platino puro, que se introduce en la sustancia o medio cuya temperatura se quiere medir.

El platino puro es uno de los elementos más sensibles, por ello se emplea en los termómetros de resistencia, este tipo de termómetros se emplean en la práctica de laboratorio y en la industria para medir temperaturas de  $-260$  a  $+750^{\circ}$  C.

## IV. EL CALOR EN NUESTRO CUERPO Y EL MEDIO AMBIENTE

### 4.1 CONTROL FISIOLÓGICO DE LA TEMPERATURA EN EL CUERPO HUMANO

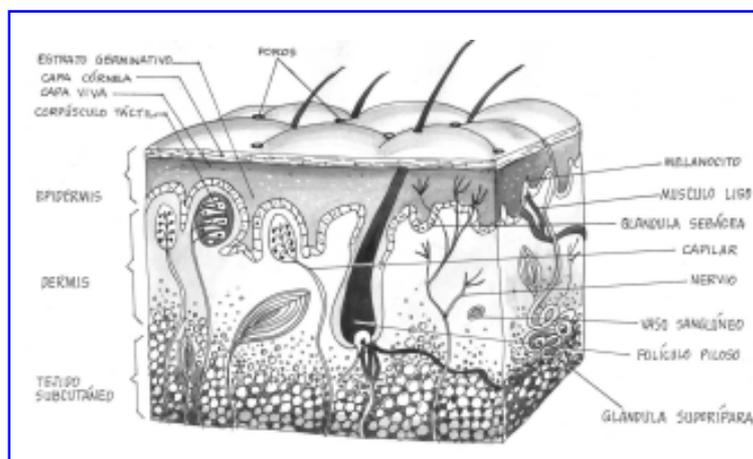
Los seres humanos, como mamíferos, tenemos la particularidad de contar con un sistema que controla la temperatura de nuestro cuerpo. La temperatura de nuestro cuerpo permanece más o menos constante, el promedio de temperatura en la mayoría de las personas es de  $36,5^{\circ}\text{C}$ , debido a que nuestro organismo posee un mecanismo que regula la ganancia y la pérdida del calor.

El hombre aumenta su temperatura principalmente por la oxidación de los alimentos energéticos, es decir, glucosa y grasas, que se realiza en los tejidos, principalmente en los musculares, durante una actividad.

Así como el organismo aumenta de temperatura, también posee mecanismos para disminuirla. El organismo pierde energía calorífica en la realización de ciertas reacciones químicas, en la evaporación del sudor, en la expiración pulmonar, en la calefacción del aire inspirado y en la radiación del organismo, es decir, cuando el organismo transmite calor a un cuerpo más frío que está en contacto con él.

Se sabe que la temperatura de la superficie de la piel puede variar mucho con los cambios de temperatura ambiental, pero esto no puede suceder con la temperatura interna del cuerpo, puesto que ésta se mantiene constante alrededor de los  $36,5^{\circ}\text{C}$ . Esto es posible gracias a un mecanismo neurológico que cumple la función de regular el calor que se gana o se pierde. El mecanismo es el siguiente:

- A través de la digestión, nuestro cuerpo produce energía, parte de esta energía se conserva en forma de ATP y otra parte se libera en forma de calor. Este calor metabólico es permanente y aumenta como resultado del ejercicio físico. El plasma sanguíneo, compuesto por agua principalmente, es el encargado de distribuir el calor producido por todo el cuerpo junto con los alimentos y los desechos metabólicos que transporta.



- Cuando estamos sometidos a una temperatura ambiental alta, por ejemplo 37°C, nuestro cuerpo empieza a experimentar una serie de cambios. En primer lugar, nuestros receptores de la piel envían señales al hipotálamo que es el centro de regulación de la temperatura corporal; éste envía estímulos a los nervios que coordinan la actividad muscular debajo de la piel para que se relajen, en consecuencia los vasos sanguíneos se expanden (es por ello la coloración roja de la piel), al expandirse, la sangre que fluye a través de ellos empieza a perder calor rápidamente.
- Cuando el cuerpo soporta temperaturas ambientales muy bajas, sucede un proceso inverso. Los receptores envían información al hipotálamo, éste ordena a los músculos de la piel que se contraigan para que los pelos no permitan escapar el calor (la piel se pone de gallina), el sudor disminuye, los vasos sanguíneos se constriñen y la circulación periférica de la sangre se hace más lenta. De esta manera se conserva la temperatura en el cuerpo.

El que nuestro cuerpo tenga una temperatura más o menos estable e independiente de la del ambiente representa grandes ventajas. En primer lugar, a nivel celular contamos con muchas enzimas encargadas del control de muchas reacciones químicas. Estas enzimas son sensibles a los cambios de temperatura. El aumento o disminución de la temperatura hace que las enzimas experimenten cambios en sus funciones.

## 4.2 LA FIEBRE COMO MECANISMO DE REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA

La fiebre es la elevación de la temperatura corporal. En muchos problemas de salud, la fiebre es el primer indicador de que el organismo ha empezado a defenderse.

La fiebre o el aumento de temperatura corporal puede producirse por:

- Enfermedades infecciosas
- Insolación
- Problemas hormonales como hipertiroidismo
- Esfuerzos musculares producidos al hacer deporte, durante un ataque epiléptico, etc.
- Intoxicaciones
- Otros

En un primer momento, el cuerpo reacciona como si estuviera en un ambiente frío, es decir empieza a disminuir el nivel de calor emitido al ambiente a fin de conservarlo dentro de sí, es este desbalance de temperatura, lo que nos produce los escalofríos y temblores. En consecuencia la temperatura corporal aumenta.

Cuando el exceso de temperatura cesa, la temperatura del cuerpo se encuentra demasiado elevada, entonces se activan mecanismos de eliminación del calor para conseguir la temperatura normal. (Por ejemplo: sudoración).

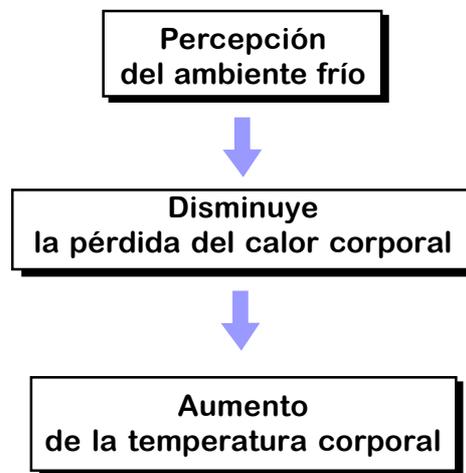
La fiebre puede presentarse de las siguientes formas:

- a) Febrícula.** Se llama así a la ligera elevación de la temperatura a aproximadamente 37,5° C.
- b) Fiebre continua.** Cuando la temperatura se mantiene elevada continuamente, a pesar de tomar medicinas, ésta no varía en más de 1 ° C.

- c) **Fiebre ondulante.** Cuando la temperatura se eleva progresivamente hasta alcanzar un tope máximo, que puede ser entre 40 a 42° C, luego de un cierto tiempo vuelve a bajar progresivamente.

La fiebre, aunque es un mecanismo que nos avisa de la presencia de una infección en el cuerpo, puede ser peligrosa, en el sentido de que las células de nuestro cuerpo no pueden tolerar un incremento excesivo de calor debido a que las reacciones químicas aumentarían aceleradamente pudiendo causar convulsiones y aun la muerte.

Se cree que la causa de la fiebre está en la liberación de agentes químicos, llamados **pirógenos**, por parte de los leucocitos, durante un proceso de infección con el propósito de eliminar los agentes extraños. Estos pirógenos actúan sobre el hipotálamo para que por medio de un mecanismo todavía no conocido, provoque la elevación de la temperatura.



### 4.3 LA CONTAMINACIÓN TÉRMICA

Según los principios de la termodinámica (Ver fascículo 3.3 ) cada vez que ocurre una conversión de energía se agrega calor al ambiente (Segunda Ley).

La actividad humana orientada a la satisfacción de las necesidades de una población que crece rápidamente, ha venido mejorando su capacidad productiva en función de reemplazar la energía muscular por otras formas de energía como la térmica, la química, la eléctrica, la nuclear y hasta la energía solar.

El manejo de estas otras formas de energía ha significado fundamentalmente la transformación de una forma a otra, como es el caso de la energía cinética de una caída de agua en energía eléctrica (Planta hidroeléctrica), o la energía química en energía calórica y esta en energía cinética (Motores de combustión interna). La consecuencia de estas transformaciones, según la termodinámica, es el incremento del calor en el ambiente.

La contaminación térmica se produce, por lo tanto, debido a la eliminación creciente hacia el ambiente de los desechos calóricos que producen generalmente las industrias, los aparatos electrodomésticos y la propia actividad metabólica de los seres vivos.

La contaminación térmica pone en peligro los ecosistemas acuáticos y los ecosistemas litorales adyacentes.

En el caso de los ecosistemas acuáticos, por ejemplo, las centrales termoeléctricas arrojan gran cantidad de aguas residuales a elevada temperatura al mar o a los ríos. Estas plantas emplean grandes cantidades de agua en su refrigeración. Las de circuito abierto, usan agua de mar y las de circuito cerrado usan agua dulce. El agua caliente que resulta de estos procesos es arrojada al mar o a los ríos, respectivamente, lo que ocasiona una eventual contaminación térmica del medio y pone en peligro el equilibrio de los ecosistemas acuáticos.

En el caso de los ecosistemas litorales: la contaminación térmica también puede provocar el descongelamiento de las capas polares, lo cual elevaría el nivel de los océanos ocasionando inundaciones en muchas ciudades costeras en el mundo.

## AUTOEVALUACIÓN

### I. Responde:

1. De acuerdo a la teoría cinética molecular de los gases no es cierto lo siguiente:
  - a) Las moléculas de un gas se movilizan cargadas de energía
  - b) Los choques de las moléculas de un gas sobre el recipiente que lo contiene son imperceptibles y despreciables
  - c) Las moléculas se mueven en diferentes direcciones
  - d) A una misma temperatura las moléculas de mayor masa se mueven con menor velocidad que las demás
  
2. El calor es:
  - a) La energía interna
  - b) La suma de energía interna de cada molécula de un cuerpo
  - c) La transferencia de energía de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura
  - d) El nivel de agitación de las moléculas de un cuerpo
  
3. Según el concepto de temperatura no es verdad lo siguiente:
  - a) Esta es el nivel o grado de calor de un cuerpo material
  - b) Esta depende del nivel o grado de agitación de las moléculas de un cuerpo material
  - c) A mayor velocidad de las moléculas, la temperatura será mayor
  - d) Está relacionada con la cantidad de energía térmica de un cuerpo
  
4. El inventor del primer termostato fue:
  - a) Demócrito
  - b) Bernulli
  - c) Galileo
  - d) Fernando II
  
5. Se encarga de distribuir el calor por todo el cuerpo:
  - a) El hipotálamo
  - b) La sangre
  - c) La piel
  - d) Los receptores térmicos

6. Es la principal causa de la contaminación térmica:
- a) Las grandes máquinas y electrodomésticos
  - b) El agua caliente que llega a los mares y ríos
  - c) La energía de los derivados del petróleo
  - d) La emisión de calor al ambiente proveniente de las plantas térmicas

**II. Relaciona las siguientes columnas según como corresponda:**

- |                           |     |   |
|---------------------------|-----|---|
| a) Termómetro de Mercurio | ( ) | Mide la temperatura de cuerpos incandescentes         |
| b) Termómetro de Máxima y | ( ) | Mide la temperatura del cuerpo humano mínima          |
| c) Termómetro Clínico     | ( ) | Mide las temperaturas de los cuerpos entre 0 a 100 °C |
| d) Pirómetro Óptico       | ( ) | Mide la temperatura de la atmósfera                   |
| e) Termómetro bimetálico  | ( ) | Se usa con fines industriales                         |

**III. Reflexiona sobre las siguientes preguntas:**

*¿En qué situaciones o hechos de la vida cotidiana crees que es necesario emplear los principios de la Teoría Cinética Molecular?*

-----  
-----  
-----

*¿Por qué es importante descubrir un medio de producción de energía que no agregue calor al ambiente?*

-----  
-----  
-----

*¿En qué medida el estudio del calor y la temperatura ayuda a los estudiantes a desarrollar sus habilidades y capacidades?*

-----  
-----  
-----

## RESPUESTAS

1. b
2. c
3. a
4. c
5. b
6. d

II.

- (d)
- (c)
- (a)
- (b)
- (e)

## RESPUESTAS DE LOS EJERCICIOS

### Página 4:

Si marcó la alternativa "a", Hidrógeno, acertó.

En efecto el hidrógeno posee menor masa (1 uma) en relación al helio (4 uma) y el O<sub>2</sub> (16 uma).

A 273°K de temperatura, las velocidades de estos tres gases son las siguientes:

$$\text{H}_2 \rightarrow 1844 \text{ m/s}$$

$$\text{He} \rightarrow 1305 \text{ m/s}$$

$$\text{O}_2 \rightarrow 461 \text{ m/s}$$

## GLOSARIO

**Cinética.** Pertenciente o relativo al movimiento de los cuerpos materiales en general.

**Presión.** Es la acción de compresión que ejerce un cuerpo sobre otro, causado por una fuerza sobre un área determinada.

**Densidad.** Llamada también masa específica. Es la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo material.

**Cuerpo material.** Viene a ser toda porción de materia viva o no viva.

**Vector.** Es una recta de la que se conoce su dirección, su magnitud y su sentido o signo. Representa la acción de fuerzas sobre un cuerpo material, la velocidad de un cuerpo o su aceleración.

**Fricción.** Es el roce entre las superficies de dos cuerpos materiales.

**Pentano.** Compuesto químico de naturaleza orgánica, cuya molécula está constituida por cinco átomos de carbono y doce de hidrógeno.

**Plantas de energía.** Lugar o centro productor de energía para abastecer las necesidades de un determinado grupo de personas.

## BIBLIOGRAFÍA

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| ALVARENGA, Beatriz<br>Máximo Antonio | Física General<br>México, Editorial Harla                                |
| FRISH, S.<br>TIMOREVA, A.            | Curso de Física General<br>Tomo I. Moscú, Editorial Mir, 1973            |
| Mickosoft                            | Microsoft Encarta<br>Encyclopedia 99. 1993-1998                          |
| TANTARUNA, José H.                   | Física. Teoría y Problemas<br>Tomo I. Lima, Ediciones Tunsieno, 1989.    |
| MENDOZA, Jorge D.                    | Física<br>Lima, Ediciones Amaru 1986                                     |
| SHERMAN, Iowin<br>SHERMAN, Vilia     | Biología<br>México, Editorial Mecgraw Hill 1991                          |
| SINTES OLIVES, Francisco             | Física general aplicada<br>Barcelona, Editorial Ramón Sopena<br>S.A.S.D. |