

UNIDAD DIDÁCTICA

Meteorología y Climatología

Semana de la Ciencia y la Tecnología 2004

[Купить книгу "Meteorologia y Climatologia"](#)

FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Meteorología y Climatología

Semana de la Ciencia y la Tecnología 2004

A satellite image of Earth from space, showing the continent of Africa and parts of Europe and Asia. The image is a curved view of the planet, with the horizon on the right. The colors are vibrant, with deep blues for the oceans, greens and browns for the landmasses, and white for the clouds. The title 'METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA' is printed in white, bold, sans-serif capital letters in the upper right corner.

METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Rosa María Rodríguez Jiménez
Águeda Benito Capa
Adelaida Portela Lozano

1. ¿QUÉ ES LA METEOROLOGÍA?

La Meteorología es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera, de sus propiedades y de los fenómenos que en ella tienen lugar, los llamados meteoros. El estudio de la atmósfera se basa en el conocimiento de una serie de magnitudes, o variables meteorológicas, como la temperatura, la presión atmosférica o la humedad, las cuales varían tanto en el espacio como en el tiempo.



- La palabra *meteor* es de origen griego, busca su significado original.
- Busca dos dioses griegos y dos romanos relacionados con los fenómenos meteorológicos.

Cuando describimos las condiciones atmosféricas en un momento y lugar concretos, estamos hablando del tiempo atmosférico. Todos sabemos que el tiempo atmosférico es uno de los principales condicionantes de las actividades que realizamos, especialmente de aquellas que se realizan al aire libre, como la agricultura. A diario aparece información meteorológica en los medios de comunicación y, aunque a veces ésta es motivo de las conversaciones más triviales, sabemos que la comprensión del tiempo implica conocer un buen número de conceptos científicos, no todos ellos sencillos. Desde tiempos inmemoriales, los hombres han admirado los fenómenos atmosféricos y han intentado explicar sus causas. Mientras no hubo instrumentos, ni grandes conocimientos científicos, la magia y la religión sirvieron de explicación a la mayor parte de los fenómenos meteorológicos. Pero hoy día, la Meteorología es una ciencia tremendamente avanzada, basada en nuestro conocimiento de la Física y en el uso de las más modernas tecnologías. Los meteorólogos son capaces, incluso, de predecir el tiempo hasta con una semana de antelación sin apenas fallar.



2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ATMÓSFERA

La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve la Tierra, y que se adhiere a ella gracias a la acción de la gravedad. Es difícil determinar exactamente su espesor, puesto que los gases que la componen se van haciendo menos densos con la altura, hasta prácticamente desaparecer a unos pocos cientos de kilómetros de la superficie. La atmósfera está formada por una mezcla de gases, la mayor parte de los cuales se concentra en la denominada homosfera, que se extiende desde el suelo hasta los 80-100 kilómetros de altura. De hecho esta capa contiene el 99,9% de la masa total de la atmósfera.

Entre los gases que componen la atmósfera, hay que destacar el Nitrógeno (N_2), el Oxígeno (O_2), el Argón (Ar), el Dióxido de Carbono (CO_2) y el vapor de agua. La siguiente tabla recoge el porcentaje de volumen de aire que cada uno de ellos representa. Es importante recordar que la concentración de estos gases varía con la altura, siendo especialmente acusadas las variaciones del vapor de agua, que se concentra sobre todo en las capas próximas a la superficie.

Componentes	Volumen (%)
Nitrógeno	78.08
Oxígeno	20.95
Argón	0.93
Dióxido de carbono	0.03
Vapor de Agua	1.00

Tabla 2.1. Composición de la atmósfera.



¿Se te ocurre algún experimento sencillo para demostrar que el aire contiene vapor de agua?

La presencia de los gases que componen el aire es esencial para el desarrollo de la vida sobre la Tierra. Por un lado, el O_2 y el CO_2 permiten la realización de las funciones vitales de animales y plantas, y por otro, la presencia del vapor de agua y del CO_2 , permiten que las temperaturas sobre la Tierra sean las adecuadas para la existencia de la vida. El vapor de agua y el CO_2 , junto con otros gases menos abundantes como el metano o el ozono, son los llamados gases de **efecto invernadero**. La radiación solar puede atravesar sin dificultad estos gases, pero la radiación emitida por la Tierra (tras calentarse con la energía solar) es absorbida en parte por ellos, sin poder escapar al espacio en su totalidad. ¡Menos mal que existe el efecto inver-

nadero! ¡Si no, la temperatura sobre la superficie terrestre estaría por debajo de los -15°C !

En la atmósfera, además de la densidad y la composición del aire, también la temperatura varía con la altura. De hecho, a partir de esta variación térmica la atmósfera puede dividirse en capas. Concretamente:

Troposfera: Es la capa más baja, en la que se desarrolla la vida y la mayoría de los fenómenos meteorológicos. Se extiende hasta una altura aproximada de 10 km en los polos y 18 km en el ecuador. En la troposfera la temperatura disminuye paulatinamente con la altura hasta alcanzar los -70°C . Su límite superior es la tropopausa.

Estratosfera: En esta capa, la temperatura se incrementa hasta alcanzar aproximadamente los -10°C a unos 50 km de altitud. Es en esta capa donde se localiza la máxima concentración de ozono, “capa de ozono”, gas que al absorber parte de la radiación ultravioleta e infrarroja del Sol posibilita la existencia de condiciones adecuadas para la vida en la superficie de la Tierra. El tope de esta capa se denomina estratopausa.

Mesosfera: En ella, la temperatura vuelve a disminuir con la altura hasta los -140°C . Llega a una altitud de 80 km, al final de los cuales se encuentra la mesopausa.

Termosfera: Es la última capa, que se extiende hasta varios cientos de kilómetros de altitud, presentando temperaturas crecientes hasta los 1000°C . Aquí los gases presentan una densidad muy baja y se encuentran ionizados.

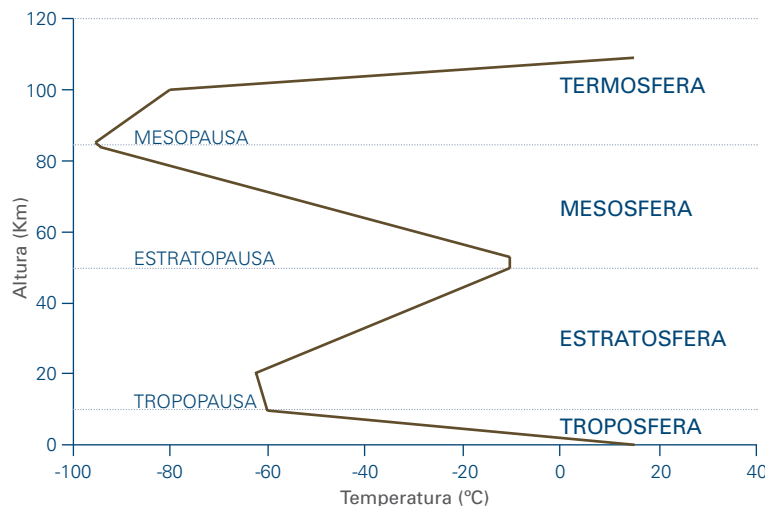


Figura 2.1. Perfil térmico de la atmósfera.





3. LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

3.1. LA TEMPERATURA

Es de todos conocido que la temperatura es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. De hecho, la información meteorológica que aparece en los medios de comunicación casi siempre incluye un apartado dedicado a las temperaturas: sabemos que la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra. En invierno puede llegar a estar bajo los 0° C y en verano superar los 40° C.

Formalmente, la temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayor agitación presenten éstas, mayor será la temperatura.

Para medir la temperatura, tenemos que basarnos en propiedades de la materia que se ven alteradas cuando ésta cambia: la resistencia eléctrica de algunos materiales, el volumen de un cuerpo, el color de un objeto, etc. El instrumento que se utiliza para medir la temperatura se llama **termómetro** y fue inventado por Galileo en 1593. Hay muchos tipos distintos de termómetros. El modelo más sencillo consiste en un tubo graduado de vidrio con un líquido en su interior que puede ser, por ejemplo, alcohol o mercurio. Como estos líquidos se expanden más que el vidrio, cuando aumenta la temperatura, asciende por el tubo y cuando disminuye la temperatura se contrae y desciende por el tubo.



A menudo el hombre del tiempo habla de temperaturas máximas y mínimas. Lee las siguientes frases y expresa su significado:

- *Madrid y Ceuta han tenido durante estos días temperaturas mínimas próximas a los 24 grados.*
- *A partir de mañana descenderán las temperaturas máximas.*

Efectivamente, en Meteorología es muy habitual hablar de temperaturas máximas y mínimas, los valores más altos y más bajos registrados en un periodo de tiempo, por ejemplo, un día. Para medir estas temperaturas extremas se utilizan los denominados termómetros de máxima y mínima:

- El termómetro de máxima consta de un termómetro ordinario, cuyo tubo tiene interiormente cerca del depósito una estrangulación: cuando la temperatura sube, la dilatación del mercurio del depósito empuja con suficiente fuerza para vencer la resistencia opuesta por la estrangulación. En cambio, cuando la tempe-

ratura baja y la masa de mercurio se contrae, la columna se rompe, quedando, por consiguiente, su extremo libre en la posición más avanzada que haya ocupado durante todo el intervalo.

- El termómetro de mínima es de alcohol y lleva en su interior un índice de esmalte sumergido en el líquido. Cuando la temperatura sube, el alcohol pasa entre las paredes del tubo y el índice, y éste no se mueve; en cambio cuando la temperatura disminuye, el alcohol arrastra en su movimiento de retroceso dicho índice porque éste encuentra una resistencia muy grande a salir del líquido. La posición del índice, indica, por tanto, la temperatura más baja alcanzada.



Figura 3.1. Distintos termómetros de máxima y mínima.

Como toda magnitud física, la temperatura tiene asociadas unas unidades de medida, diferentes en función de la escala que elijamos:

Escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$): Fue propuesta en 1742 por el astrónomo Anders Celsius. Consiste en una división regular en 100 intervalos, donde el 0 corresponde al punto de congelación del agua y el 100 al punto de ebullición del mismo. Se expresa en grados centígrados y es la que utilizamos habitualmente.

Escala Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$): Fue introducida en 1714 por Gabriel D. Fahrenheit y se utiliza habitualmente en Estados Unidos. El termómetro se gradúa entre 32°F (correspondiente a los 0°C) y 212°F (correspondientes a los 100°C).

Escala Kelvin (K): Fue introducida por Lord Kelvin en 1848 y es la escala más usada por los científicos. Es una escala que no tiene valores negativos de la temperatura y su cero se sitúa en el estado en el que las partículas que forman un material no se mueven. El punto de ebullición del agua corresponde a 373 K y el de congelación a 273 K. Por tanto, una variación de 1 grado en la escala Kelvin es igual que una variación de 1 grado en la escala Celsius.

Para cambiar de una escala a otra, debemos utilizar las siguientes ecuaciones de conversión:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32 \qquad \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$



¿A cuántos grados Kelvin equivalen 30°C? ¿Y a cuántos grados Fahrenheit?

Otra cuestión importante a la hora de medir la temperatura del aire ambiente en superficie es saber dónde colocar el termómetro para medir correctamente dicho valor. Si lo colocamos cerca de una pared, medirá la temperatura de ésta; si está expuesto al viento marcará un valor y si está protegido marcará otro; si está bajo la acción directa del sol, absorberá la radiación solar y se calentará sin que intervenga apenas el aire, indicando una temperatura superior a la de éste. Para que todos los meteorólogos del mundo puedan comparar sus medidas entre sí, la Organización Meteorológica Mundial (www.wmo.ch) da las pautas sobre cómo se deben colocar los termómetros: deben estar ventilados, protegidos de la precipitación y de la radiación solar directa, y a una determinada altura del suelo (para que la energía que durante el día absorbe la tierra no modifique las medidas).



¿Si quisieses medir la temperatura que tiene el aire a una hora concreta de un día soleado en tu localidad, en dónde de estos tres sitios sería mejor colocar el termómetro?

- a) En una rama de un árbol, bajo la sombra de la misma;
- b) Sobre la fachada sur de un edificio;
- c) En el tejado de una casa.

Ya hemos comentado que el aire no se encuentra siempre a la misma temperatura. Por ejemplo, en Al Aziziyah, en Libia se han llegado a alcanzar valores de temperatura tan altos como los 58°C, mientras que en Vostok (estación investigadora

rusa en la Antártida) las temperaturas han llegado a disminuir hasta los -89°C . En el caso de España, las temperaturas más extremas registradas han sido: 51°C en Sevilla y -32°C en Lérida.

El hecho de que el aire se caliente o se enfríe está relacionado con que éste reciba calor o lo deje escapar. Piensa en un vaso de refresco en el que echas unos cubitos de hielo. ¿Qué es lo que ocurre? Los átomos del refresco se mueven más rápido que los de los cubitos de hielo y, por ello, tienen mayor temperatura. Al ponerse en contacto el refresco con el hielo, parte de la energía de aquél pasa a éste hasta que las temperaturas se igualan. Esa energía que pasa de un cuerpo a otro se denomina *calor*. De igual modo, la superficie terrestre calienta el aire durante el día, y lo enfría durante la noche. Si es un día despejado y el suelo se ha calentado mucho, la temperatura del aire será elevada. Si por el contrario está nublado y el suelo apenas ha recibido radiación solar, el aire no alcanzará temperaturas demasiado altas. Por supuesto, además de éste, existen otros factores que influyen en la determinación de la temperatura del aire, como la existencia de viento que renueve constantemente el aire de un lugar, o la presencia de humedad.

¿Por qué en invierno sentimos frío?

En invierno nuestro cuerpo está a mayor temperatura que el aire que nos rodea, por lo que perdemos calor hacia él y nos enfiamos.

¿Qué función tiene un abrigo?

El abrigo impide, en parte, la pérdida de calor hacia el exterior.

¿Por qué los tuaregs del desierto se protegen en verano con varias capas de ropa?

Las diversas capas de ropa que utilizan los tuaregs crean cámaras de aire, que aíslan el cuerpo, impidiendo que su temperatura corporal aumente excesivamente por absorción de calor.

¿Qué es la “piel de gallina”?

Cuando nos encontramos en un lugar donde la temperatura es muy baja, un modo automático de mantener la temperatura corporal, evitando la pérdida de calor hacia el exterior, es cerrando los poros de la piel. Esto es lo que da ese aspecto tan conocido de “piel de gallina”.

El temblor es otro mecanismo de protección, en este caso, para aumentar la energía del cuerpo y así elevar su temperatura.

¿Qué función tiene el sudor?

Cuando la temperatura exterior es superior a la del cuerpo, éste se autorregula abriendo los poros de la piel para liberar agua. El agua se evaporará gracias al calor corporal, cuya temperatura descenderá, proporcionándonos una cierta sensación de frescor.

Una cuestión que todavía no hemos abordado, es saber si el aire necesita mucha o poca energía para que su temperatura varíe. Hay una magnitud, que se denomina *calor específico*, que relaciona la energía intercambiada entre un cuerpo y el medio que lo rodea y la variación de la temperatura del cuerpo. La siguiente experiencia de laboratorio puede ayudarnos a entender esta cuestión:



Calienta durante el mismo tiempo 100 gramos de dos sustancias distintas que inicialmente se encuentren a la misma temperatura, por ejemplo, agua pura (1) y aceite (2). Rellena la siguiente tabla con las temperaturas finales de cada sustancia:

T_1 (°C)	T_2 (°C)

Sigue calentando aquella sustancia que lo necesite hasta alcanzar ambas la misma temperatura. ¿Cuánto tiempo has tardado en hacer que las dos sustancias adquieran esta temperatura final? Rellena los datos en la siguiente tabla.

t_1 (s)	t_2 (s)

Como vemos, no todos los cuerpos necesitan que se les suministre la misma cantidad de calor para que su temperatura aumente un cierto valor, lo cual es debido a que su calor específico es distinto. En el caso del agua, necesita aproximadamente 4200 julios de calor para que una masa de 1 kg aumente su temperatura 1 °C. En el caso del aceite, necesita aproximadamente la mitad de calor, unos 2100 julios, para conseguir el mismo aumento de temperatura de la misma masa.

C_1 (J/kg °C)	C_2 (J/kg °C)
4200	2100

Para un suministro de calor Q , ¿qué sustancia variará más su temperatura, una con calor específico muy alto, u otra con calor específico muy bajo? Suponiendo que en nuestro experimento hubiésemos usado también 100 gramos de aire, y sabiendo que su calor específico es de aproximadamente 1000 J/kg °C, ¿se habría calentado éste antes o después que las otras sustancias del experimento?

Pero, todos sabemos que el aire es mucho menos denso que cualquiera de las otras tres sustancias, y que habríamos necesitado un recipiente muy grande para contener los 100 gramos de aire ambiente. ¿Qué volumen exactamente habrían ocupado estos 100 gramos de aire si su densidad es de 0,0011 gr/cm³?

Luego, ¿podemos entonces decir que el aire se calienta con facilidad?

¿Crees que esto tiene algo que ver con el hecho de que las temperaturas sean más suaves en las zonas de mar que en el interior? ¿A qué se deberá?



3.2. LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

¿El aire pesa? Para responder, coge dos globos, hincha sólo uno de ellos y colócalos en sendos extremos de una percha. ¿Qué le ocurre a ésta? ¿Hacia dónde se inclina?



El aire que nos rodea, aunque no lo notemos, pesa y, por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad. Esta fuerza por unidad de superficie es la denominada *presión atmosférica*, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal ($1 \text{ Pascal} = 1 \text{ N/m}^2$).

La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos, la cantidad de aire por encima nuestro será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí. El siguiente gráfico muestra los valores promedio de la presión atmosférica en función de la altitud. En él puede apreciarse cómo la presión atmosférica desciende con la altura, mostrando un decrecimiento aproximadamente exponencial.

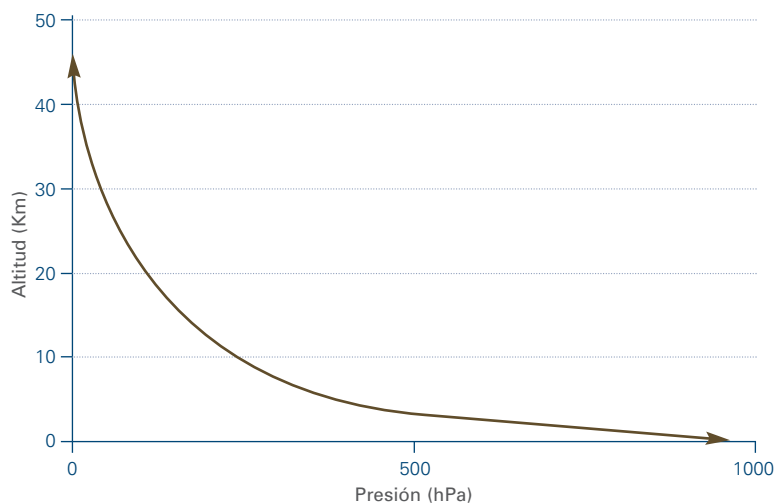


Figura 3.2. Perfil vertical de la presión atmosférica.

Pero la presión atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables. La situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas son sus principales condicionantes. Precisamente la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental

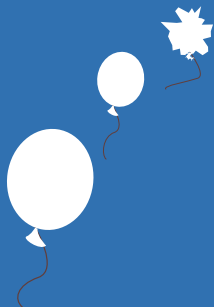
Los efectos de la presión atmosférica son conocidos desde tiempos muy antiguos. En mayo de 1654, el burgomaestre Otto Von Guericke demostró públicamente que el aire tiene peso y que presiona con gran fuerza sobre todos los objetos que hay en la Tierra. Para ello, puso en contacto dos semiesferas metálicas y extrajo el aire del interior de ellas, consiguiendo casi hacer el vacío dentro de ellas. Para demostrar la enorme fuerza que el aire ejercía, dispuso a más de una decena de caballos tirando en sentidos opuestos de cada una de las semiesferas. A pesar de la fuerza empleada por todos estos animales, las semiesferas no se separaron: ¡la fuerza que ejercía el aire para mantenerlas cerradas era incluso superior!



Fuente: Ilustración del libro de Otto Von Guericke



Seguro que alguna vez has visto escapar un globo de helio y elevarse cada vez más alto hasta que estalla. La disminución de la presión que el globo experimenta en el ascenso hace que su volumen sea cada vez mayor, hasta que el material de que está hecho no resiste la tensión y explota.



En la época de Torricelli todavía no se conocían los peligros del mercurio para la salud. Ahora hay otras formas más seguras de medir la presión atmosférica.

en la información meteorológica. En cualquier caso, para poder comparar todos los valores de presión registrados en distintos puntos del mundo y extraer conclusiones respecto a las condiciones atmosféricas, las mediciones directas deben corregirse, al menos respecto a la altitud. Nuevamente, la Organización Meteorológica Mundial establece las pautas para que todas las medidas registradas en distintos lugares del mundo se efectúen del mismo modo, y, por tanto, puedan ser comparables.

La presión debida a la atmósfera puede medirse de forma relativamente sencilla. Torricelli, un matemático italiano del siglo XVII, llevó a cabo un experimento que ha servido de base para la medición y estudio de la presión atmosférica hasta nuestros tiempos:

Torricelli tomó un tubo de vidrio de un metro de largo y cerrado por un extremo. Lo llenó por completo de mercurio, tapó el extremo abierto e introdujo dicho extremo así tapado en una cubeta, también llena de mercurio. Entonces destapó y vio que el tubo empezaba a vaciarse, pasando parte del mercurio a la cubeta. El tubo dejó de vaciarse cuando el desnivel alcanzado entre la cubeta y el tubo alcanzó aproximadamente 76 cm (760 mm). De esto dedujo que tenía que estar actuando una fuerza para impedir que el tubo se vaciara del todo, y pensó que esta fuerza era debida al aire que se encontraba por encima del mercurio de la cubeta. Esa fuerza por unidad de superficie es la llamada Presión Atmosférica.

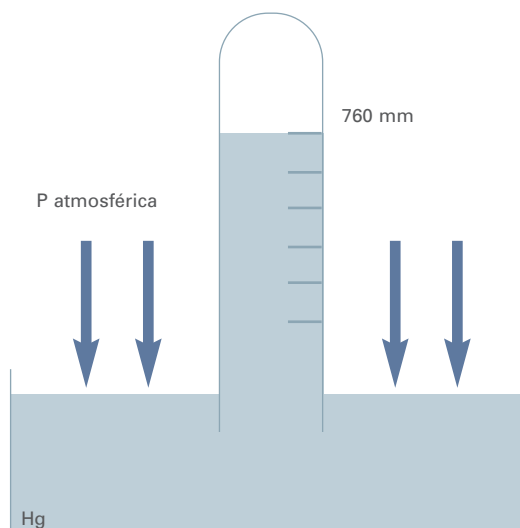


Figura 3.3. Experimento de Torricelli.

Sin embargo, el barómetro de Torricelli no siempre medía el mismo valor de presión atmosférica. Cuando el tiempo estaba lluvioso, detectaba que la columna de mercurio se situaba por debajo de los 760 mm. Cuando el tiempo estaba soleado,

la columna subía por encima de ese nivel. De estas variaciones, dedujo que el tiempo inestable llevaba asociada una disminución de la presión atmosférica, y que el tiempo estable llevaba asociada una subida de la misma.

Existen muy diversas unidades de medida de la presión atmosférica. Las más comunes son: atmósferas, mm de mercurio, pascuales, hectopascuales y milibares. La conversión entre unas y otras puede realizarse teniendo en cuenta que: 1 atmósfera = 760 mmHg = 101300 N/m² (o Pa) = 1013 mb (o hPa).

En un anticiclón la presión atmosférica es elevada, pudiendo registrarse valores de 1040 hPa, mientras que en el centro de un huracán la presión puede llegar a disminuir hasta los 950 hPa. ¿A cuántos milímetros de mercurio (mmHg) corresponden estas situaciones? ¿Y a cuántas atmósferas?

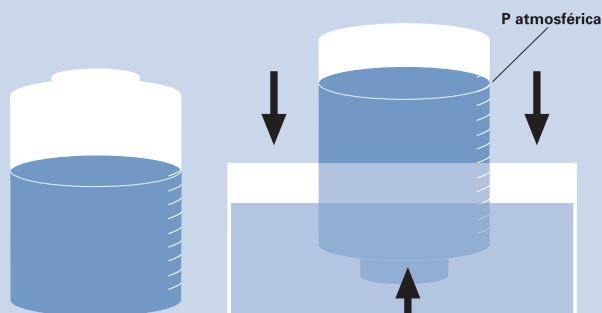
Inspirándonos en la experiencia de Torricelli es fácil construir un barómetro con materiales caseros. Construye tu propio barómetro siguiendo estas instrucciones:

Materiales:

una botella de plástico grande, un recipiente, dos gomas elásticas, una tira de cartón delgado y agua.

Procedimiento:

- Construye una escala con una tira de cartón delgado y sujétala a la botella con las gomas elásticas.
- Llena las tres cuartas partes de la botella con agua y el recipiente casi hasta el borde.
- Coloca la botella boca abajo dentro del recipiente tal y como hizo Torricelli.
- El nivel del agua en la botella se elevará por la presión del aire que empuja hacia abajo el agua del recipiente.
- Marca el nivel del agua del día en que construiste tu barómetro. Puedes averiguar el valor de la presión atmosférica ese día (buscando en el periódico del día) y anotarla para tenerla como referencia.
- A medida que avancen los días, notarás si la presión es más baja o más alta que el valor inicial, o lo que es lo mismo, si está bajando o subiendo.



Algunas reflexiones:

Este barómetro funcionará mejor en invierno que en verano. ¿Por qué? ¿Cómo solucionarías esa limitación?