

(Continuación)

De la diferencia de nivel entre las dos ramas aparecerá también la de las dos presiones; y si se tiene en cuenta que una atmósfera equivale á una columna mercurial de 0<sup>m</sup>. 76 al nivel del mar, fácil será conocer la tensión del gas ó vapor sometido al experimento.

De este hecho en apariencia tan sencillo se pueden deducir consecuencias muy importantes. En efecto, para medir dos ó más atmósferas de presión, no es preciso que la columna mercurial sea dos, tres &<sup>a</sup> veces mayor: basta que tenga la extensión de 0<sup>m</sup>. 76 para poder medir el número que se quiera de atmósferas, con tal que la rama del tubo sea suficientemente larga para no dar salida al mercurio.—De este hecho se saca todavía otra observación importante, y es, la transformación de la fuerza de tensión del gas en trabajo ascensional del mercurio. Supongamos que la longitud total de la columna mercurial A B (fig. 42) sea de 0<sup>m</sup>. 76, su peso en tal caso será igual á 0<sup>m</sup>. 76 + 13 596 = 10<sup>k</sup>. 333, si la base de la columna fuese de un centímetro cuadrado: luego tendremos que la tensión de un gas que mide una atmósfera puede sostener el peso de 10<sup>k</sup>. 333. Pues bien; no es preciso, decimos, que para medir dos atmósferas haya que doblar este peso; basta que la columna suba por la tensión del gas 0<sup>m</sup>. 76 centímetros más, para decir que éste tiene la fuerza de dos atmósferas; y cuantas veces la columna mercurial recorra el espacio de 0.76, tantas más atmósferas habrá de presión. De esto se deduce que para medir la tensión de un gas que oprime con la fuerza de algunas atmósferas hay que hacer una de dos operaciones: ó aumentar proporcionalmente la altura de la columna mercurial si ésta ha de mantenerse en el mismo sitio, ó hacer que recorra espacios proporcionales á la fuerza de tensión, si se ha de operar siempre con una columna de igual longitud. En una palabra, y para mayor comprensión: con un mismo peso de mercurio se puede medir el número que se quiera de atmósferas con tal que éste se eleve en el tubo 2, 3, 4, &<sup>a</sup> veces 0.76; ó al contrario, si no se ha de mover de un punto dado la columna mercurial, hay que aumentar el peso ó sea la altura del líquido metálico, si se ha de medir mayor número de atmósferas. Cuando hablemos del equivalente mecánico del calor trataremos de nuevo este asunto, y entonces será más fácil comprender esta tan importante sustitución de fuerzas; por ahora bástenos decir de una manera general que: la misma fuerza que se necesita para elevar un quilogramo á 100 metros de altura, puede elevar 100 quilogramos á un metro.

Por último el *manómetro metálico* se funda en la cua-

lidad que tienen los tubos encorvados de arrollarse ó des-  
envolverse cuando hay exceso ó disminución de presión,  
comparadas las que pudiera haber dentro ó fuera del tubo.

Si tomamos, por ejemplo, un tubo de caucho que se  
halle enroscado y soplamos con fuerza dentro de él, ten-  
derá á enderezarse y á tomar la línea recta; por el con-  
trario, si aspiramos el aire contenido en él por la suc-  
ción se encorbará. El experimento será más patente si  
el tubo desde su construcción tiene la forma encorvada,  
y si la diferencia de presión exterior respecto de la in-  
terior es mayor.



Fig. 43 — Tubo de Torricelli.

En el manómetro metálico  
pasa lo mismo. la parte prin-  
cipal del instrumento es un tu-  
bo de latón fino, encorvado y  
aplastado: su sección repre-  
senta una elipsis prolongada.  
Una de las extremidades del  
tubo está fija y es la que reci-  
be el gas ó vapor cuya tensión  
se mide, la otra que es movi-  
ble y cerrada, lleva á su extre-  
midad un índice ó puntero que  
señala el número de grados de  
presión en una escala vecina  
que lleva el instrumento.

191. Presión atmosférica.—Baró-  
metros.—Hemos dicho anterior-  
mente que la atmósfera así co-  
mo los demás gases son pesa-  
dos [188]. Este peso puede medirse de una manera di-  
recta por medio de la balanza, ó indirectamente por los  
barómetros.

Si tomamos un tubo de vidrio B [fig. 43] de pa-  
redes resistentes, cerrado por una de sus extremidades,  
de unos 80 centímetros de largo, y lo llenamos de mer-  
curio, y cubriendo la extremidad abierta le sumerjimos  
en una cuba que tenga el mismo metal, adverti-  
remos que una vez destapada la extremidad inferior,  
el mercurio desciende bruscamente hasta cierto punto,  
pero el tubo no se vacía completamente: queda cierta  
cantidad de mercurio ocupando la parte *a b*. Exami-  
nando detenidamente el fenómeno se presenta esta cues-

—

ción, á saber: cuál es la razón física que obliga á mercurio á quedarse en el interior del tubo á pesar de su enorme peso? Esta cuestión fué resuelta satisfactoriamente por Torricelli y comprobada en seguida por su discípulo Pascal. El primero atribuyó á la presión atmosférica la elevación del líquido metálico en el interior del tubo; y el segundo confirmó este modo de pensar de su maestro trasladándose á una montaña donde repitió el experimento: allí notó que la altura de la columna era menor, lo cual tenía que suceder, una vez que en la montaña el peso de la atmósfera era inferior. No satisfecho con esto Pascal, hizo este raciocinio: si es el peso de la atmósfera el que ocasiona la suspensión del mercurio en el interior del tubo, al cambiar de líquido, poniendo por ejemplo agua ó vino, la columna suspendida habrá de ser mayor. Se hizo el experimento, y tuvo la satisfacción de confirmar de nuevo la idea de su profesor.

Si fuese posible hacer el experimento de un modo inverso daría el mismo resultado. Si, por ejemplo, se pudiese hacer vacío perfecto en el tubo, y en este estado se lo sumerjese en la cuba de mercurio, ascendería inmediatamente el metal y ocuparía el mismo nivel que tuvo en el experimento anterior; porque hallándose oprimido el mercurio en todas partes por la atmósfera, y no estándolo en la parte que cubre el tubo, tiene por necesidad que elevarse el mercurio hasta que se establezca el equilibrio; pero es un hecho que esto no puede acontecer, sino cuando las dos columnas mercurio y atmósfera, ambas iguales en diámetro, pesen igualmente.

Fundándose en el descubrimiento de Torricelli, se construyeron los instrumentos que en el día se conocen con el nombre de *barómetros*, siendo el más sencillo el mismo tubo de Torricelli.

Actualmente se construyen estos instrumentos de manera más perfecta, y su perfección consiste especialmente en haberlos hecho precisos y portátiles.

Hay dos clases de barómetros, los de mercurio y los sólidos ó metálicos. Estos últimos, que hoy en día llevan el nombre de barómetros aneroides, son en todo semejantes á los manómetros metálicos, sin otra circunstancia que, en vez de tener el tubo una extremidad abierta tiene ambas cerradas. Nos ocupamos solamente de los primeros.

En el barómetro de cubeta, que así se llama el representado en la fig. 43 se da el nombre de vacío *barométrico* ó *cámara de Torricelli* al espacio no ocupado por el mercurio.

La parte de mercurio encerrado en el interior del tubo medida desde el nivel del líquido en la cuba hasta el que tiene en el interior del tubo, se denomina *columna barométrica*, y es la que propiamente representa el peso de la atmósfera en un lugar dado.

Para tomar una observación barométrica, es preciso medir con toda precisión la altura de la columna mercurial; pero sucede que en el barómetro de cubeta esto no es posible por las variaciones que pueden haber en la presión atmosférica, variaciones que van seguidas de cambios repetidos en el nivel de las superficies líquidas en el interior del tubo y fuera de él.

Para obviar este inconveniente construyó Fortín un barómetro especial [fig. 44] que permite mantener constante el nivel del mercurio en la cubeta, valiéndose de un mecanismo sencillo en tanto que ingenioso. La parte inferior de la cubeta está formada de piel de gamusa atada á una virola de madera, la que puede subir ó bajar por el movimiento de un tornillo de presión que la atraviesa. De esta manera se consigue que en el momento de la observación el nivel del mercurio se mantenga constante, lo cual se determina por medio de un índice ó punta de marfil que entra por la parte superior en el interior de la cuba. El nivel queda determinado cuando la extremidad inferior del índice se encuentra con su imagen al mirar la superficie del mercurio que hace el oficio de espejo reflector. De esta manera apenas puede haber error de  $\frac{1}{50}$  de milímetro, despreciable, por tanto, en las apreciaciones ordinarias.

Hay otras causas de error que pudieran cometerse: estas se refieren á la forma que la superficie del mercurio toma en virtud de la capilaridad (*menisco convejo*) y á las relacionadas con la temperatura. Para corregir estos errores hay sus fórmulas conocidas que no las exponemos por considerarlas innecesarias en la clase de estudio que estamos haciendo.

Fig. 44 — Barómetro de Fortín.



**192. Atmósfera.—Su origen.**—La inmensa capa de aire que envuelve la superficie terrestre es llamada atmósfera. Se ignora cual sea su origen y el modo como fué formada: no obstante hay algunas presunciones ó hipótesis que explican su formación. Laplace cree que el mundo en su origen fué todo él atmosférico, ó mejor dicho, gaseoso é incandescente. Esta masa ignea fué enfriándose en millones de millones de años quedando reducida en parte á una sustancia pastosa ó semifluida cuyo nucleo más tarde había de ser la tierra. La otra parte permaneció en estado aeriforme y la formaban las aguas y la atmósfera actual pero más densa y caliente. Poco á poco al andar del tiempo fué purificándose y enfriándose cada vez más: las aguas se separaron por una especie de condensación y formaron los mares; hasta que llegó un momento en el que tanto la corteza terrestre que ya estuvo fría, como la atmósfera, fueron capaces de alimentar organismos vegetales de baja escala; luégo á otros mayores; en seguida á los animales marinos, más tarde á los terrestres, y por fin, al hombre. Esta manera de considerar la sucesión de acontecimientos, no repugna absolutamente, ni se opone al Texto Sagrado; lejos de eso, parece que lo confirma.

Considerada la atmósfera en las diversas faces de su formación es probable que no en todas ellas haya tenido las condiciones que en la época actual. Es evidente que al principio haya sido más extensa, más densa y más heterogenea; pero así como las aguas que se hallan mezcladas con cieno inmundo poco á poca van clarificándose hasta quedar limpias y transparentes, conservando solamente algunos elementos que lejos de desvirtuarlas les comunican propiedades útiles y ventajosas; así también esa atmósfera turbulenta de los tiempos primitivos fué depurándose y perfeccionándose, diremoslo así, hasta llegar á ser útil é idónea al oficio que debía desempeñar. Pero también no es menos cierto que estas transiciones no fueron bruscas ni repentinas sino lentas y sucesivas, y que fué preciso muchísimos millares de siglos para que la masa gaseosa que nos rodea llegue á ser lo que actualmente es.

**193. Composición de la atmósfera.**—Apesar de las notables variaciones por las que ha tenido que atravesar la atmósfera en las diversas épocas de su existencia, es presumible que su composición química dominante no haya cambiado considerablemente. Pudiera sí aceptarse que en las épocas más remotas de su existencia y antes que apareciesen los seres vegetales hubiese estado más cargada de ácido carbónico, el cual haya ido desapareciendo poco á poco á medida que fueron desarrollándose y multiplicándose aquellos, porque de otro modo no tendrían ellos de donde sacar el elemento que predomina en su organismo.

Hasta el feliz descubrimiento de Lavoisier á fines del siglo pasado se consideraba la atmósfera como compuesta de un elemento único llamado *aire*, el que á decir de los antiguos era uno de los agentes ó fuerzas de la naturaleza; puesto que para ellos todo el mundo estaba formado de cuatro elementos constitutivos, *agua, tierra, fuego y aire*.

Mas, desde el inmortal Lavoisier á esta parte han cambiado tanto los conocimientos científicos á este respecto, que se puede decir muy bien, que por espacio de 7.700 años el hombre se mantuvo en completa ignorancia acerca de los misterios revelados ya en nuestros días.

Actualmente podemos contar en la atmósfera hasta cinco elementos constitutivos permanentes, y muchos otros accidentes ó accesorios. Figuran en primera línea entre aquellos el oxígeno, nitrógeno, ácido carbónico, hidrógeno y vapor de agua, siendo éstos los que por sus proporciones forman la mayor parte de la atmósfera.

El *oxígeno*, el principal de los elementos del aire atmosférico, es un gas que corresponde al grupo de los cuerpos simples. Alimenta la combustión, favorece la vegetación y desempeña un oficio importante en la respiración de los animales; por lo que, su presencia es indispensable para la vida de los seres que cubren la superficie terrestre. El oxígeno se halla íntimamente mezclado con el nitrógeno ó azoe, constituyendo los dos la mayor parte del volumen atmosférico. Las propiedades del nitrógeno si las tiene especiales, se ignoran hasta el día: parece que su principal oficio consiste en atenuar la viva energía del oxígeno; porque éste por sí solo aceleraría mucho la combustión, y aun la vida de los animales.

Las cantidades relativas de oxígeno y nitrógeno que se hallan en 100 partes de aire son :

	<i>En peso.</i>	<i>En volumen.</i>
Oxígeno.....	23.01	20.80
Nitrógeno.....	76.99	79.20
	100	100

El otro gas que existe constantemente en la atmósfera aunque en pequeñísima cantidad es el *ácido carbónico*.

*nico*; pero éste no es simple como los anteriores, sino compuestos de oxígeno y carbono, en las proporciones de 1 de carbono por 3 de oxígeno.

La presencia del ácido carbónico en la atmósfera es indispensable para la vida de las plantas; pues, mientras los animales exhalan este gas como desgaste de los órganos, las plantas se apoderan de él en gran cantidad, para trasformarlo en el interior de los órganos en leño y otros principios inmediatos.

Las fuentes que producen este gas son varias: la combustión, respiración de los animales, las fermentaciones, putrefacción, &<sup>a</sup> lo desarrollan. También se forma en las entrañas de la tierra por reacción de ácidos más enérgicos sobre los carbonatos alcalinos; de donde se desprende, bien sea en estado libre por las grietas del terreno, ó disuelto en el agua de los manantiales gaseosos acidulos.

El hidrógeno existe también en la atmósfera pero en menor cantidad que los elementos anteriores; él ocupa las regiones elevadas por su menor densidad. Es probable que las últimas capas atmosféricas estén compuestas exclusivamente de este gas.

Por último, el vapor de agua es otro de los elementos constitutivos de la atmósfera. Su cantidad varía considerablemente según el lugar y las diversas épocas del año. La presencia del vapor de agua en el aire disminuye su densidad.

La atmósfera contiene todavía otros principios gaseosos cuya importancia no está aún bien estudiada: todos ellos existen en cantidad muy pequeña; siendo su presencia muy variable. Estos elementos son el amoníaco, el ácido clorhídrico, el ozono, vapores de iodo, hidrógeno carbonado, ácido sulfhídrico &<sup>a</sup>, &<sup>a</sup>. Existen también plantas y animales microscópicos entre ellos bacterias, bacilos, &<sup>a</sup>.

194. APLICACIONES.—Efectos de la atmósfera sobre el organismo humano.—A dos podemos reducir los efectos que la atmósfera ocasiona sobre el organismo humano: los debidos á la presión, y los provenientes de su composición. Estudiémoslos separadamente.

A] EFECTOS DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA.—Al nivel del mar la presión en la superficie del cuerpo humano es enorme, pues se avalúa en 15 mil quilogramos el peso

que sufre un individuo de talla mediana, y para los de talla mayor sube la cifra hasta 18 mil quilogramos. Esta enorme presión que podría convertir al hombre en una especie de masa, triturándole aun los huesos, la soporta con toda facilidad, y la soporta tan bien, que cuando ella disminuye considerablemente experimenta más bien desazón, cansancio, fatiga, &ª como luego veremos.

El hombre no sufre las consecuencias de la enorme presión atmosférica, porque esta fuerza se halla equilibrada por parte de los líquidos y gases contenidos en el interior de sus órganos, los cuales reaccionan con igual energía. Mas cuando se pierde este equilibrio por cualquiera causa, entonces sí se deja sentir la diferencia de presión por algunos fenómenos singulares, como lo vamos á ver.

Cuando el hombre se eleva prontamente á las altas regiones sea ascendiendo á las montañas ó por globos aereostáticos, disminuye la presión exterior, quedando la interior más ó menos en el mismo estado. Entonces le viene una especie de mareo conocido con el nombre de *mal de las montañas*: sus ojos se inyectan, la piel se pone turgente, la circulación y la respiración se aceleran; siente náuseas, á veces vómitos, zumbido de oídos, dolor de cabeza; sobrevienen hemorragias por distintas partes del cuerpo; siente fatiga, desazón, cansancio y laxitud de todo el cuerpo.

Estos fenómenos se explican fisiológicamente al suponer que con la disminución de la presión exterior los gases y líquidos interiores se dilatan y oprimen los órganos con quienes están en contacto. Los gases que se hallan en el interior del torrente circulatorio son evidentemente los causantes de los principales estragos; así es como se explican el mareo y dolor de cabeza, las hemorragias, &ª—La tensión interior de los gases contenidos en el oído medio, no pudiendo equilibrarse pronto por la trompa de Eustaquio por la estrechez de su calibre y por hallarse barnizada de moco, produce el zumbido de oídos.—La laxitud general proviene de la presión que sufren los centros nerviosos y la corta cantidad de oxígeno que un tiempo dado entra en el sistema circulario.

*Continuará.*