

en realidad mas que un *mínimum*. M. Liáis ha calculado directamente dicha altura por medio de la observacion de la duracion del crepúsculo y de la curva crepuscular que colora al cielo con esa vistosa tinta sonrosada, tan notable sobre todo en los países meridionales. El citado observador verificó en parte dichos estudios en el Atlántico, durante una travesía de Francia á Rio Janeiro, y en parte tambien, en la bahía de esta última capital, y le dieron por altura probable la elevada cifra de 330 kilómetros.

El hábil meteorologista Bravais estudió á su vez, desde la cima del Faulhorn, la marcha de los arcos crepusculares, obteniendo por resultado 115 kilómetros. Esta altura varía, no obstante, con la temperatura y las estaciones, y es siempre mas pronunciada en el ecuador.

Otro método, que difiere tambien de los precedentes, ha consistido en medir el espesor de la penumbra que rodea á la sombra de la Tierra, proyectada sobre la Luna durante los eclipses de este astro, así como los fenómenos de refraccion que tienen lugar. Dicha medida da de 80 á 100 kilómetros como espesor de la atmósfera terrestre, cuya influencia se deja sentir bajo este aspecto especial.

Las observaciones en virtud de las cuales resulta una altura que excede en mucho á las 15 leguas teóricas han sido objeto de una discusion especial de algunos años á esta parte. Mi sábio maestro y amigo Adolfo Quetelet, director del Observatorio de Bruselas, ha deducido de un gran número de indagaciones hechas á este efecto, que la Atmósfera se eleva efectivamente mucho mas de lo que se creía, pero que no conserva en tan altas regiones la misma composicion que aquí abajo.

Esta adición se deberá á una atmósfera *etérea*, sumamente enrarecida y de naturaleza diferente de la de la atmósfera *terrestre* en que vivimos. Es la region donde se ven especialmente las estrellas errantes, que

desaparecen tan luego como penetran en la atmósfera terrestre.

La atmósfera superior debe ser *estable*; la inferior *inestable* y agitada sin cesar. Los movimientos especiales, causados por la accion de los vientos y de las tempestades, deben estar limitados en su altura por el efecto de las estaciones; en cuanto á lo demás, no se extienden al parecer mas allá de tres á cuatro leguas de elevacion en invierno, y del doble tal vez en verano. Las regiones aéreas situadas mas allá solo deben experimentar un movimiento muy débil y apenas sensible, procedente de la base movable en que reposan.

En razon de los continuos trastornos que agitan á las regiones inferiores, el aire que en ellas se recoje es sensiblemente el mismo en todas partes, en cuanto á su composicion química, no advirtiéndose diferencia alguna en las diversas alturas á donde puede elevarse el hombre para someterlo al análisis. En la capa inmóvil, colocada á mayor elevacion, donde no tienen acceso los séres vivientes ni llegan las nubes, podria, por el contrario, admitirse que los centros se estienden con facilidad segun el orden de sus densidades, desarrollándose por capas uniformes, ya mezclándose, ó ya manteniéndose separados. No hay necesidad de suponer que cada capa está compuesta como su inferior; aquellas pueden llevar en su superficie sustancias de una gravedad específica menor y no susceptibles de combinarse ó mezclarse con las sustancias inferiores.

Allí tendrán sin duda su origen esos fenómenos de que difícilmente nos formamos una idea, juzgándolos desde la superficie de nuestro globo; allí se mostrarán tambien las estrellas errantes, que llegan de mas arriba, las auroras boreales, y esos grandes fenómenos luminosos de que á menudo somos testigos sin poder someterlos directamente á nuestros experimentos. Sin embargo, no todas sus partes nos pasan por completo desapercibidas, sobre todo cuan-

do se presentan las auroras boreales y los fenómenos magnéticos: si no podemos remontarnos hasta su causa, por lo menos sentimos bastante vivamente sus efectos para que nos sea dable apreciarlos.

Sir John Herschel, de la Rive y Hansteen opinan, al parecer, con respecto á este punto como Quetelet. Podemos admitir perfectamente que sobre nuestra atmósfera de oxígeno, nitrógeno y vapor de agua existe otra sumamente ligera, compuesta naturalmente de los gases menos densos que pueden haberse formado en los tiempos primitivos de la organizacion terrestre, y en especial de hidrógeno, segun creo.

La altura media en la cual se inflaman las estrellas fugaces es de 120 kilómetros, habiéndose medido auroras boreales que parecian lanzar sus haces resplandecientes hasta una altura de 200 leguas. No podemos, pues, fijar el término de esa atmósfera *etérea* mas acá del límite máximo en que la hemos fijado. Pero la existencia simultánea de esas dos atmósferas será la conclusion en que por el momento nos detendremos.

En cuanto á la base de la Atmósfera, podemos ahora proponernos la cuestion de si termina en la superficie del suelo, ó penetra en el interior del mismo globo.

Pesando sobre todos los cuerpos situados en la superficie de la Tierra, tiendé á introducirse en todas partes, así entre las moléculas de los líquidos como en los intersticios de las rocas: el agua la contiene, del mismo modo que los vegetales y todos los compuestos orgánicos; la tierra, las piedras porosas están impregnadas de ella, tanto mas cuanto mayor sea la presion. Véese, pues, que el aire no debe estar limitado á la porcion que existe en estado de cubierta gaseosa, y que una fraccion notable de sus elementos constitutivos ha penetrado en las aguas del Océano y en los intersticios de los terrenos. Algunos sábios han supuesto que el aire que compone la Atmósfera no era mas que la prolongacion de una atmósfera interior; pero la elevacion de temperatura

debida al calor central se opone á la condensacion de los gases, y debe limitar la presencia del aire en las capas profundas.

Se puede tener un valor aproximado de la cantidad de aire contenida en las aguas del Océano, empleando la medida de la absorcion de los gases por los líquidos. Á la presion ordinaria, el agua del mar absorbe de dos á tres céntimos de su volúmen de aire, sólo que la proporcion de oxígeno es mas considerable que en el aire ordinario. El cálculo demuestra que la cantidad de aire absorbida por el Océano no pasa de un trecentésimo del que contiene la Atmósfera.

Tenemos, pues, completamente determinada la atmósfera terrestre en su altura y en su forma. Fáltanos, sin embargo, dilucidar un punto muy curioso, cual es el remontarnos, si posible fuera, á las causas de la existencia de esa cubierta, respiracion de la Tierra entera.

Lavoisier ha podido obtener datos notables acerca de este poblema, estudiando y comparando los tres estados de los cuerpos como dependientes de la cantidad de calórico que poseen. El estudio del calórico, dice, arroja una gran luz sobre el modo cómo se han formado, en el origen de las cosas, las atmósferas de los planetas, y especialmente la de la Tierra. Compréndese que esta última debe ser el resultado y la mezcla: 1.º de todas las sustancias susceptibles de evaporarse, ó mas bien, de quedar en estado aeriforme, al grado de temperatura en que vivimos, y á una presion igual á la del aire; 2.º de todas las sustancias susceptibles de disolverse en esta amalgama de diferentes gases.

Para fijar nuestras ideas con respecto á este punto, consideremos por un momento lo que les sucederia á las diversas sustancias que componen el globo, si la temperatura de éste cambiara bruscamente. Supongamos, por ejemplo, que la Tierra se viera transportada de repente á otra region mas cálida del sistema solar, como por ejemplo, á la de Mercurio, donde el calor ordinario

es probablemente muy superior al del agua hirviendo: al poco tiempo entrarían en ebullición el agua y los demás líquidos, sin exceptuar el mercurio, transformándose en fluidos aeriformes que pasarían á formar parte de la Atmósfera. Estas nuevas especies de aire se mezclarían con las ya existentes, y darían lugar á combinaciones nuevas, hasta que, niveladas las diversas afinidades, lograrían quedar en un estado de reposo los principios constitutivos de estos diferentes gases. Mas semejante evaporación tendría también sus límites; á medida que la cantidad de fluido aumentase, su gravedad crecería; y la nueva atmósfera llegaría á un grado de peso tal, que el agua cesaría de hervir, y se quedaría en el estado líquido. Por otra parte, las sales, las piedras y las sustancias fusibles que componen el globo se ablandarían, entrarían en fusión y se transformarían en líquidos.

Ahora, por un efecto contrario, si la Tierra se hallase de improviso situada en regiones muy frías, el agua que forma hoy nuestros ríos y mares, y probablemente la mayor parte de los líquidos que conocemos, se convertirían en montañas sólidas, en peñascos diáfanos al principio, homogéneos y blancos como el cristal de roca, pero que mezclándose con sustancias de diferente naturaleza, formarían en seguida piedras opacas de variados colores. En tal suposición, el aire, ó por lo menos una parte de las sustancias aeriformes que lo constituyen, dejarían de existir en el estado de vapores elásticos, por carecer del grado de calor suficiente, resultando de aquí nuevos líquidos de que no podemos formarnos una idea.

Estas dos suposiciones extremas hacen ver claramente: 1.º que *sólidos, líquidos y gases* son tres estados diferentes de la misma materia, tres modificaciones particulares, por las cuales pueden pasar sucesivamente casi todas las sustancias, y que dependen tan sólo del grado de calor á que están expuestas; 2.º que nuestra atmósfera

es un compuesto de todos los fluidos susceptibles de existir en un estado de vapor y de elasticidad constante al grado habitual de calor y de presión que experimentamos; y 3.º que no sería imposible que hubiese en nuestra atmósfera sustancias sumamente compactas, y hasta metales; en este caso se hallaría, por ejemplo, una sustancia metálica que fuese un poco más volátil que el mercurio.

«Sábese, añade el ilustre é infortunado químico, que ciertos líquidos son susceptibles, como el agua y el alcohol, de mezclarse entre sí en todas proporciones; y otros, como el mercurio, el agua y el aceite, no pueden, por el contrario, contraer más que adherencias momentáneas, separándose á los pocos momentos de estar mezclados, y colocándose con arreglo á su gravedad específica. Otro tanto debe suceder en la Atmósfera; es probable que se hayan formado en un principio, y que continúen formándose diariamente, gases difíciles de mezclar con el aire, que se separan de él, y que, si son más ligeros, deben reunirse en las regiones elevadas formando capas que se ciernan sobre aquel. Los fenómenos que acompañan á los meteoros ígneos me inducen á creer que existe asimismo en la parte superior de la Atmósfera una capa de un fluido inflamable, y que en el punto de contacto de estas dos capas de aire es donde tienen lugar los fenómenos de la aurora boreal y de otros meteoros ígneos.»

Vemos que el eminente químico francés había concebido antes que nuestros sabios contemporáneos la idea de la existencia de una atmósfera superior. Observémos ahora que en virtud de dichas condiciones de la temperatura, debe buscarse el origen de la Atmósfera en los períodos primitivos, en que el globo, todavía incandescente y líquido, se cubría poco á poco de una tenue película sólida, y desarrollaba en su superficie cantidades indescriptibles de gases y de vapores que sostenían una continua lu-

cha entre sí. El agua, combinación de oxígeno y de hidrógeno, nació en el seno de este gigantesco laboratorio primordial. El aire, mezcla de oxígeno y de nitrógeno ha debido sufrir mil variaciones antes de llegar á su constitución actual.

¿Quién podría formarse una idea de los tumultuosos combates trabados en otro tiempo por los elementos primitivos en este globo? ¿Quién podrá calcular las espantosas conflagraciones á que debemos hoy el agua pura y sonriente de los riachuelos, y

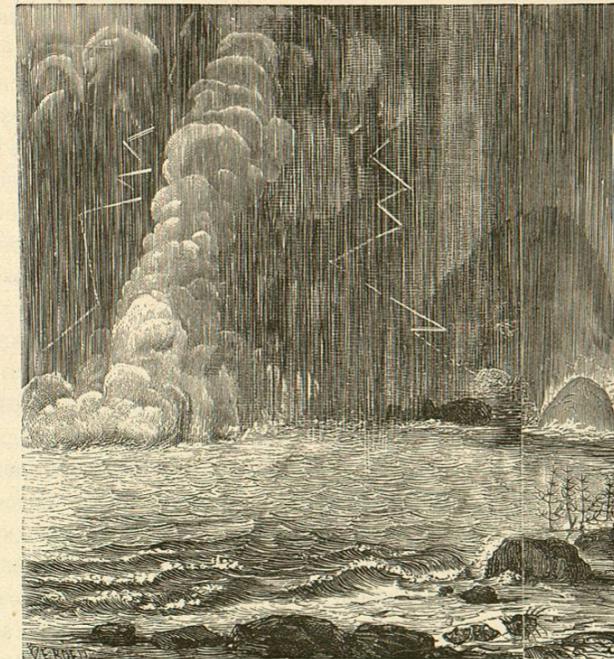


Fig. 9.— FORMACION DE LA ATMÓSFERA

el aire trasparente del cielo? Nosotros, modernos habitantes de este vetusto globo, no podemos remontarnos hasta ese misterioso origen, á esas transformaciones extrañas del mundo antdiluviano.

Las lluvias cálidas que cayeron sobre los metales incandescentes debieron descomponer y formar muchos cuerpos. Como lo ha expuesto A. M. Ampère en una teoría cosmogónica que completa la de Laplace, hoy mismo tenemos en la Atmósfera un gran monumento de los trastornos que ha producido en el globo la descomposición de los cuerpos oxigenados por los metales: tal es la enorme cantidad de nitrógeno que forma la mayor parte de la cubierta aérea. Es irregular suponer que este nitrógeno no haya

estado combinado primitivamente con algún otro cuerpo, y todo induce á creer que lo estaba con el oxígeno bajo la forma de ácido nitroso ó nítrico. Para ello, necesitaba una cantidad de oxígeno ocho ó diez veces mayor de la que queda. ¿Dónde habrá ido á parar este último gas? Según todas las apariencias, habrá servido para la oxidación de sustancias, metálicas en otro tiempo, y actualmente convertidas en aluminio, cal, óxido de hierro, de manganeso, etc.

Observación notable: el *fuego* primitivo de la Tierra, el del Sol, el de las estrellas se debe al hidrógeno combinado con el oxígeno. Pero esta combinación es la que forma el agua. ¡El fuego y el agua tienen la

misma sustancia! Los mares actuales proceden de las llamas de la Tierra antediluviana.

Por consiguiente, debió haber en cierta época una precipitación de ácido nítrico, disolución de metales en él, y desprendimiento de gas nitroso, acompañado todo de una efervescencia y de una elevación de temperatura formidables, que transformarían á la Atmósfera en un hirviente mar, recargado de vapores corrosivos cuyas enérgicas reacciones producirían una lucha indescriptible. El predominio de la sal marina da lugar á suponer que el cloro no era el menos abundante de los gases que entraban en la composición de esos vapores primitivos. Ampère supone que habiéndose formado un nuevo mar á consecuencia de un nuevo enfriamiento, no debió ocupar ya toda la superficie del núcleo sólido; que aparecieron islas sobre las aguas, y que la superficie del globo se vió rodeada de una envoltura formada, como la nuestra, de fluidos elásticos permanentes, pero en proporciones al parecer muy distintas. En tan apartadas épocas, dicha cubierta contenía mucho más ácido carbónico que hoy, siendo impropia para la respiración de los animales, pero muy favorable para la vegetación. También se cubrió la Tierra de plantas que hallaban en el aire, rico en carbono, una nutrición abundante y fecunda; y que daba por resultado un desarrollo mucho más considerable, favorecido además por un alto grado de temperatura. De aquella época

datan las hullas, inmensos depósitos de vegetales carbonizados.

La absorción y destrucción continuas del ácido carbónico por los vegetales hacían que el aire se aproximase cada vez más, en cuanto á su composición, á lo que es ahora. Sin embargo, la cubierta gaseosa no era todavía á propósito para mantener la vida de los animales que respiran el aire directamente, por cuya causa fué en el agua donde aparecieron los primeros seres pertenecientes al reino animal: los radiados y los moluscos. La primera población de los mares se compuso exclusivamente de invertebrados; á estos siguieron los peces, y luego vinieron los reptiles marinos. Después de la época de los peces, y de la de los saúrios feroces y monstruosos, aparecieron los mamíferos; la Atmósfera se compuso poco á poco de los elementos físicos y químicos que la caracterizan hoy, y los organismos más perfectos dominaron en el globo cuya conquista pertenece hoy á la especie humana..... El viento que mugía en aquellas selvas antediluvianas, el estridente rayo, las iluminaciones de los crepúsculos, los perfumes de las plantas silvestres y las solitarias perspectivas de los grandes paisajes, no tenían un ojo humano que los contemplara, un oído que los escuchase, un pensamiento que los conociera..... pero de siglo en siglo se iban preparando las condiciones de la existencia humana sobre nuestro planeta, habitado ya por aquellas especies.

## CAPÍTULO IV

### PESO DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE

#### EL BARÓMETRO Y LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Hemos visto, al ocuparnos de la altura de la Atmósfera, que el aire es más denso en las regiones inferiores del océano aéreo, es decir, en la superficie del suelo por donde nos arrastramos, que en las regiones superiores. Así pues, el aire, por ligero y fluido que nos parezca, tiene un peso real. Cada metro cuadrado de la superficie del globo soporta una presión considerable, que pasaremos á evaluar, y que corresponde á la altura y densidad de la columna de aire de igual sección colocada sobre él.

Los antiguos no conocían la *medida* de la presión atmosférica, de lo cual no debe deducirse que ignoraran sus efectos, sobre todo cuando los vientos soplaban con violencia, pero esta fuerza que cada cual sentía sin pensar en apreciarla, no se determinó hasta mediados del siglo xvii.

El gran duque de Toscana tuvo, en 1640, el capricho, que á la sazón podía calificarse de régio, de establecer surtidores de agua en el terrado de su palacio, para lo cual quiso hacer subir el líquido desde un estanque inmediato, con el auxilio de una bomba; pero los fontaneros de Florencia advirtieron que era imposible llevar el agua á más de 32 piés de altura. El duque escribió á Galileo, noticiándole la singular resistencia del agua á obedecer á las bom-

bas, y Torricelli, amigo y discípulo de Galileo, dió la explicación de tal hecho, demostrando, como vamos á ver, que la columna de agua de 32 piés equilibraba la presión de la Atmósfera tomada en toda su altura.

Por una mala inteligencia, se ha atribuido alguna vez á Pascal la interesante invención de Torricelli, pero el filósofo francés explica esta equivocación, exponiendo la parte que en aquella le corresponde. «Habiendo circulado por París la noticia de mis experimentos, dice, los confundieron con el de Italia, y con este motivo, dispensándome los unos un honor que no me correspondía, me atribuían el experimento italiano, y los otros, por una injusticia contraria, me negaban los que yo había hecho. Para que cada cual quedara en su lugar, hice imprimir en 1647 los experimentos que hice el año anterior en Normandía, y á fin de que no se pudieran confundir con el de Italia, los anuncié aparte, y además en letra cursiva, y no contentándome aun con distinción semejante, declaré terminantemente en un Prólogo al lector, que *no soy el inventor de aquel, pues se ha hecho en Italia cuatro años antes que los míos, y que dicho experimento ha motivado el que yo los emprendiera á mi vez.*»