

gitud; lleva además en sus extremos dos llaves ó espitas  $r$  y  $r'$ , que permiten hacer en él el vacío; 7.º por último, de un globo de vidrio B, de 10 á 15 litros de capacidad, cuyo cuello está provisto de una llave R. Así dispuesto, se hace el vacío tan comple-

cierran las dos espitas  $r$  y  $r'$ , y luego se pesa el tubo, una vez vacío de aire. En seguida, se hace el vacío en el globo B, y se pesa también.

Entonces se acomoda el aparato del modo que lo hemos descrito, y se calienta al rojo el tubo T. Luego se abren sucesivamente

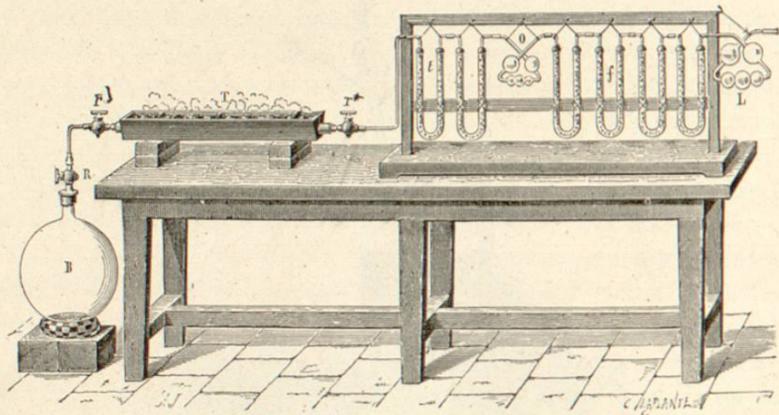


Fig. 23.—APARATO PARA ANALIZAR EL AIRE POR EL MÉTODO DE LAS PESADAS.

las llaves  $r$  y  $r'$  del tubo y la R del globo. El aire entra por el tubo de aspiración de la derecha, atraviesa en seguida el aparato de bolas y los tubos  $f$ , donde pierde su ácido carbónico; pasa luego al segundo aparato de bolas y á los tubos, donde deposita en el ácido sulfúrico la totalidad de su vapor de agua. Una vez desembarazado de este y de su ácido carbónico, el aire llega al tubo T, que contiene el cobre calentado al rojo, y abandona su oxígeno al metal, precipitándose en el globo vacío en el estado de nitrógeno puro.

El aumento de peso que dicho tubo ha sufrido da evidentemente el del oxígeno que se ha fijado en el cobre; así como la diferencia entre el peso del globo vacío y el del mismo lleno de nitrógeno representa sin duda alguna el de este gas. MM. Dumas y Boussingault han comprobado, merced á esta análisis, que 100 partes de aire contienen:

Oxígeno 23 en peso — 20'8 en volúmen.  
Nitrógeno 77 — 79'2

La diferencia que se advierte entre la re-

lación de los volúmenes y la de los pesos consiste en que á volúmen igual el oxígeno pesa un poco más que el nitrógeno

Tenemos, pues, los dos elementos fundamentales de la constitución química del aire; mas aun contiene este otros, si bien en menos cantidad, como el ácido carbónico y el vapor de agua.

Su cantidad se determina con el auxilio del aparato de M. Boussingault (fig. 24), que consiste en una vasija de palastro, llena de agua, la cual se vacía por la llave situada en la parte inferior. Conforme va saliendo el agua, la sustituye el aire exterior, que no puede llegar á la vasija sino después de haber atravesado seis tubos en U. Los dos primeros están llenos de piedra pómez empapada en ácido sulfúrico, y el aire al pasar por ellos pierde su humedad. En los dos intermedios hay una disolución concentrada de potasa, que recoge á su vez el ácido carbónico del aire. Los dos últimos contienen también piedra pómez empapada en ácido sulfúrico, estando destinado el penúltimo á

absorber la humedad recogida por el aire en la potasa, y el último á impedir que aquella retroceda del aspirador á los tubos. Pesando antes y después del experimento las series de tubos analizadores, se obtiene el peso del *agua* y del *ácido carbónico* contenidos en un volúmen de aire igual al del recipiente.

La atmósfera contiene unas 4 diez milésimas de su volúmen de ácido carbónico.

También se puede analizar el aire, y separar el oxígeno del nitrógeno por un método muy sencillo.

En un tubo graduado que contenga cierto volúmen de aire, medido en agua ó en mercurio, se introduce un trozo largo de fósforo

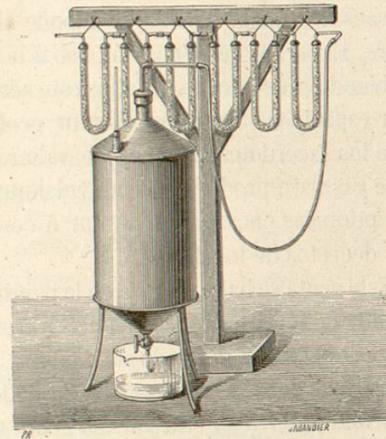


Fig. 24.—APARATO PARA APRECIAR LA DOSIS DE ÁCIDO CARBÓNICO DEL AIRE

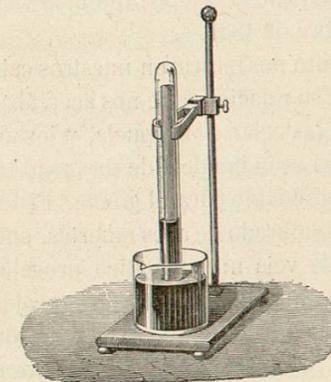


Fig. 25.—APARATO PARA SEPARAR EL OXÍGENO DEL NITRÓGENO

(fig. 25). Al cabo de 6 ó 7 horas, por lo general, el oxígeno queda absorbido, y se puede retirar el fósforo y medir el gas restante, esto es, el nitrógeno. Tiénese la absorción por completa cuando, trasladado el aparato á la oscuridad, no se ven resplandores en la superficie del trozo de fósforo.

Se puede determinar la absorción rápida del oxígeno por el fósforo calentando al efecto el gas en una campana curva en la que se introduce un fragmento de dicha sustancia; se calienta el fósforo con una lámpara de alcohol, se enciende, se volatiliza una parte de él, y cuando la llama ha recorrido toda la parte del aparato ocupada por el gas queda terminado el experimento. Espérase á que se enfrie, se trasvasa á un tubo graduado y se mide el volúmen del nitrógeno: la diferencia que resulta con el volúmen primitivo da la cantidad de oxígeno.

Este y el nitrógeno son dos *gases permanentes*, es decir, que hasta el día no se ha

logrado hacerles perder su forma gaseosa ni por el frío ni por la compresión. El oxígeno es el agente ordinario de las combustiones, ya tengan lugar en nuestras moradas ó ya en la interioridad de nuestros órganos. El nitrógeno, por el contrario, es el moderador del primero.

Al ácido carbónico, que existe en cantidades variables, pero siempre muy débiles, según los tiempos y los lugares, ha podido reducirse al estado líquido merced á una fuerte presión auxiliada por un frío muy intenso, habiéndose logrado también solidificarlo. En este caso presenta el aspecto de una nieve lijera y muy compresible, cuyo contacto con la piel produce el efecto de una quemadura, quedando desorganizada la epidermis por este frío excesivo lo mismo que por el calor. Á las dosis mínimas en que generalmente se encuentra en el aire, el ácido carbónico no es nocivo, pero cuando aquellas son más elevadas, perjudica

á la respiracion y acaba por producir la asfixia.

En las comarcas volcánicas existen con frecuencia emanaciones y abundantes nacimientos de gas ácido carbónico.

Cuando M. Boussingault exploró los cráteres del ecuador, le dieron noticia de un paraje donde los animales no podían permanecer impunemente; era el Tunguravilla, situado á corta distancia del volcan de Tunguragua, que el célebre químico visitó en diciembre de 1831.

«Pronto nos indicaron nuestros caballos, dice en su relacion, que nos acercábamos á él; no obedecían á la espuela, y levantaban la cabeza sacudiéndola de un modo bastante desagradable para el ginete. El terreno estaba sembrado de aves muertas, entre las cuales se veía un magnífico urogallo que nuestros guías se apresuraron á recojer. Entre los asfixiados habia asimismo muchos reptiles y una multitud de mariposas. La caza fué buena, pues las piezas no tenían muy mal olor. Un viejo indio quichua que nos acompañaba aseguraba que el que quisiera dormir mucho tiempo y apaciblemente, debía hacerse la cama en el Tunguravilla.»

Esta emanacion deletérea se manifiesta por la esterilidad que reina en el terreno en una estension de algunos centenares de metros cuadrados, siendo sobre todo muy intensa en un punto donde se veían muchos árboles corpulentos derribados, secos y casi enterrados en aquel suelo vegetal, lo que prueba que dichos árboles habian vivido allí hasta que tuvo lugar la erupcion del gas ácido carbónico. Este gas, así como el que se encuentra del mismo modo en diversas regiones del globo, está mas ó menos mezclado de aire, según la distancia á que se exhala sobre el nivel del suelo.

El ácido carbónico ejerce una accion directa y deletérea en los nervios y el cerebro; de aquí los efectos anestésicos que puede producir, y que todos los viajeros han tenido lugar de observar en una gruta

que se ha hecho célebre precisamente por este carácter; nos referimos á la gruta del Perro, situada en Puzzoli, cerca de Nápoles.

Su guardian tiene un perro al que ata las patas para impedirle que huya, y lo tiende en medio de la gruta. El animal demuestra una viva ansiedad, y se agita, se sacude y parece próximo á morir; entonces su amo le saca de aquel recinto y le expone al aire libre. El perro vuelve poco á poco á la vida, habiendo prestado uno de ellos este servicio por espacio de tres años. Es muy probable que los sacerdotes paganos se valieran de este gas para producir las convulsiones de las pitonisas encargadas de dar á conocer los decretos de los dioses.

Esta gruta se halla situada en la pendiente de una colina sumamente fértil, en frente y á poca distancia del lago de Agnano. Una puerta, cuya llave conserva en su poder el guardian, cierra su entrada. La gruta tiene la apariencia y la forma de una choza cuyas paredes estuvieran groseramente talladas en la roca. Su anchura es como de un metro, su profundidad de tres, y su altura de uno y medio. Seria difícil juzgar por su aspecto si es obra del hombre ó de la naturaleza. El suelo es terroso, húmedo, negro y á veces ardiente, hallándose á veces cubierto de una niebla blanquecina en la que se distinguen pequeñas burbujas, y que está formada de ácido carbónico coloreado por un poco de vapor de agua. La capa de gas tiene una altura de veinte á setenta centímetros, representando por consiguiente un plano inclinado cuya mayor altura corresponde á la parte mas profunda de la gruta. Es ni mas ni menos que una consecuencia física de la disposicion del terreno. Estando el aire de la gruta casi al mismo nivel que la abertura exterior, el gas halla una salida por el umbral de la puerta, y se desliza como un arroyo á lo largo del sendero de la colina, pudiendo seguirse su corriente hasta bastante distancia. Si se pone en ella una bugia, en un dia sereno, se apaga á mas de

dos metros de la parte exterior é inferior de la entrada.

Un perro muere en dicha gruta á los tres minutos, un gato á los cuatro, y un conejo á los setenta y cinco segundos. Un hombre espira en menos de diez minutos cuando se tiende horizontalmente sobre aquel suelo fúnebre. Cuéntase que el emperador Tiberio hizo encadenar allí dos esclavos que murieron en breve, y que D. Pedro de Toledo, virey de Nápoles, mandó encerrar á dos condenados que sufrieron la misma suerte.

Dos análisis del aire de esta gruta recogido en dos épocas distintas han dado en volúmen (C. Deville y F. Le Blanc):

Ácido carbónico. . . . .	67,1	73,6
Oxígeno. . . . .	6,5	5,3
Nitrógeno. . . . .	26,4	21,1
	100,0	100,0

Por lo demás, no hay necesidad de ir tan lejos para encontrar este predominio del ácido carbónico. Cerca de Paris, en Montrouge y sus inmediaciones, hay canteras abandonadas y hasta cuevas que en ciertas épocas se llenan de tan mefítico gas.

En las orillas del lago de Laach, cerca del Rhin, y cerca de Aigueperse en Auvernia, existen dos manantiales de ácido carbónico tan abundantes que producen accidentes en plena campiña. El gas brota de pequeños hundimientos del terreno en cuyas cercanías la vegetacion es muy frondosa; los insectos y las sabandijas, atraídos por la riqueza de la verdura, acuden á cobijarse en ella y caen asfixiados; sus cadáveres atraen á las aves, que perecen tambien; y por último, llegan los pastores de las inmediaciones, que conociendo el peligro, retiran desde lejos todos aquellos animales, y recogen sin gasto alguno una caza bastante fructífera. Hace algunos años que está casi extinguido el manantial de Aigueperse.

Los accidentes que este gas producía en las cuevas, en las minas y hasta en los pozos, dieron lugar durante la edad media á las fábulas mas descabelladas. Decíase que

los demonios frecuentaban dichas localidades, así como los duendes ó los genios, que guardando tesoros subterráneos, causaban la muerte con su sola mirada, porque en vano era que se buscasen lesiones, heridas, ó señales de cualquier clase en el cuerpo de los desgraciados que morían tan repentinamente.

Además del oxígeno, del nitrógeno y del ácido carbónico, el aire contiene otras sustancias, aunque en cantidad mas reducida y tambien muy variable.

La mas importante es el vapor de agua, de que hemos hablado ya con motivo del método de análisis susceptible de determinar. El aire contiene, en todo tiempo y en todo lugar, cierta proporcion de vapor acuoso en disolucion, en estado invisible; y en varias condiciones de abundancia y de temperatura, que analizaremos mas adelante, constituye las nieblas y las nubes.

Esta cantidad de vapor de agua es variable, con arreglo á las estaciones, á la temperatura, á la altitud, á la situacion geográfica, etc. Con una misma temperatura é igual presion, la cantidad máxima que existe disuelta en el aire es invariable. El estado higrométrico del aire, en una temperatura determinada, no es otra cosa sino la relacion entre la cantidad de humedad que existe realmente en él y la que existiría si estuviese saturado de ella á esta misma temperatura.

Los millones de metros cúbicos de vapor de agua que, acarreados por el aire, forman las nubes y las lluvias, constituyen el elemento mas importante de la Atmósfera bajo el punto de vista de la circulacion de la vida. Por esta razon, será el agua mas adelante el objeto de estudios especiales en este libro dedicado á tratar del aire.

Se ha podido determinar la cantidad de calórico empleada en evaporar las aguas en la superficie del globo. Puede representarse la evaporacion que tiene lugar anualmente por el volúmen de agua meteórica

que cae de la Atmósfera durante el mismo espacio de tiempo. Ahora bien; comparando los resultados de las observaciones hechas en diferentes latitudes y en ambos hemisferios, se ha logrado fijar este volumen en la cifra de 703,435 kilómetros

cúbicos! lo que equivale á una capa de agua de 1",379 de espesor que cubriese la tierra. La cantidad de calor absorbida por esta causa bastaria, segun M. Daubrée, para licuar una capa de hielo de 10",70 de espesor que envolviese todo el globo.

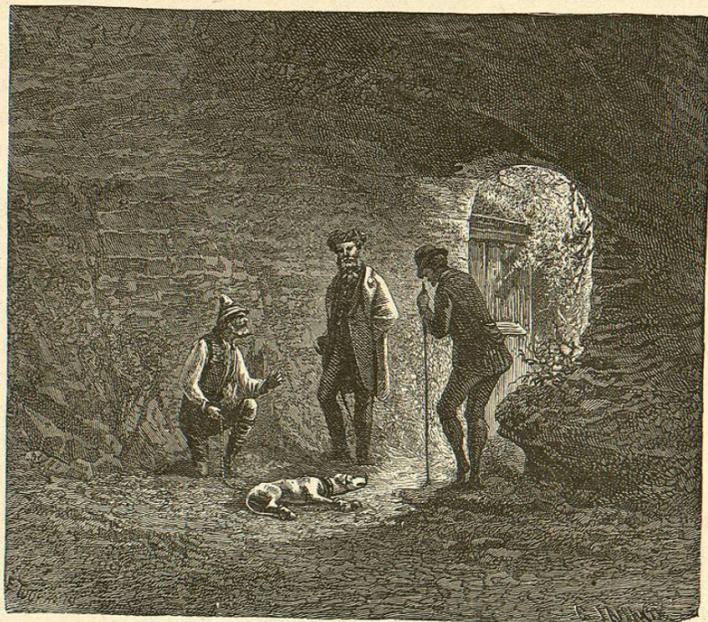


Fig. 26.—GRUTA DEL PERRO

Segun los cálculos de M. Dalton, la Atmósfera contiene una cantidad de agua igual á las 0,0142 partes de su peso, careciendo totalmente de ella las capas superiores.

¿Qué otras sustancias encierra la Atmósfera en su seno?

Contiene sin duda algunas pequeñas cantidades de *amoníaco*, parte en estado de carbonato de amoníaco, y parte quizás en el de azoato y aun de azoito de amoníaco. El origen de este debe atribuirse sobre todo á la descomposicion de las materias vegetales y animales, y su presencia en el aire tiene una importancia muy especial bajo el punto de vista de los fenómenos de la vegetacion y de la estadística química de las plantas. Muchos químicos se han ocupado en determinar su proporcion exacta,

que al parecer no excede de algunas millo-  
nésimas del volumen de aire.

La cantidad en peso de amoníaco hallada en las aguas es:

En las pluviales. . . . .	0,000008
En las fluviales. . . . .	0,000002
En las de manantial. . . . .	0,000001

En el agua de mar se han encontrado de 2 á 5 décimos de miligramo de amoníaco por litro: proporcion muy exígua sin duda, pero si se reflexiona que el Océano cubre mas de las tres cuartas partes del globo, y se tiene en cuenta su masa, será permitido considerarle como un inmenso depósito de sales amoniacaes en donde la Atmósfera puede reparar las pérdidas que sufre continuamente.

Los rios, por su parte, llevan al mar prodigiosas cantidades de materias amoniacaes. Para citar un solo ejemplo, diremos que el Rhin vierte en él, por Lauterburgo, y en la época de su caudal medio, 1,100 metros cúbicos por segundo. Un litro de esta agua contiene por lo menos 17 cienmiligramos de amoníaco, resultando que aquel rio, al pasar por delante de Lauterburgo, arrastra cada veinte y cuatro horas en sus aguas 16,245 kilogramos de dicha sustancia, es decir, mas de 6 millones de kilogramos por año, sin la menor duda.

La Atmósfera—reconstituida sin cesar en sus principios actualmente invariables por el trabajo inmenso de los seres vivientes, que semejantes á otros tantos sopletes químicos, operan sin tregua en el fondo del océano aéreo—es el teatro de modificaciones químicas accidentales que tienen su parte en la organizacion general. Vemos brotar del suelo vapores acuosos, esluvios de ácido carbónico, casi siempre sin mezcla de nitrógeno; gas hidrógeno sulfurado, vapores sulfurosos, y menos frecuentemente vapores de ácido sulfuroso ó hidrocloreico, y por último, gas hidrógeno carbonado, del cual se sirven muchos pueblos hace millares de años para el alumbrado y la calefaccion.

Las más numerosas y abundantes de todas estas emanaciones gasiformes son las de ácido carbónico. En las épocas primitivas, el calor mas intenso del globo y el número considerable de grietas que las rocas ígneas no habian cegado aun, favorecian poderosamente tales emisiones; al flúido aéreo se mezclaron grandes cantidades de vapor de agua caliente y de ácido carbónico, y produjeron la exuberante vegetacion á la que hoy se debe el carbon de piedra, mantial casi inagotable de fuerza fisica para las naciones. La enorme cantidad de dicho ácido cuya combinacion con la cal ha producido las rocas calizas, salió entonces del seno del globo, bajo la influencia predominante de las fuerzas volcánicas.

Lo que las tierras alcalinas no pudieron absorber se esparció por el aire, sirviendo de constante alimento á los vegetales del antiguo mundo. La introduccion del carbonato de amoníaco en el aire es probablemente anterior á la aparicion de la vida orgánica en la superficie del globo.

Además de los vapores amoniacaes, la Atmósfera contiene tambien vestigios no despreciables de ácido nitroso. Muchos observadores han demostrado asimismo, sobre todo en las grandes ciudades, la presencia de una corta cantidad de un *principio hidrogenado* y probablemente carburado. M. Boussingault ha sido el primero en descubrir en el aire de Lyon, por medio de minuciosos experimentos, la presencia de un gas ó de un vapor hidrogenado cuya relacion en hidrógeno llegaba al máximo de 0,0001 en una parte de aire en volumen.

La análisis ha demostrado tambien que existia una cantidad variable de *iodo*.

En concepto de M. Chatin, la desaparicion, ó poco menos, del iodo en el aire ó en las aguas de ciertos países montañosos debe estar ligada con la existencia de las paperas que aquejan á los habitantes de dichas comarcas; sin embargo, los químicos han acogido generalmente con incredulidad las deducciones de aquel sábio; pero si se considera que las aguas llovedizas recogidas en los *pluvímetros* contienen sales bastante variadas, procedentes del lavado del polvo que se halla suspendido en la atmósfera, y que algunos químicos expertos han reconocido la presencia del iodo en dichas aguas, se podrá convenir sin dificultad en que la del iodo libre ó combinado debe admitirse, si no como normal, á lo menos como accidental en el aire.

Llegamos ahora al último elemento que se ha descubierto en la Atmósfera en virtud de estudios especiales, al *ozono*.

Sirviéndose Van Marum en 1780 de poderosas máquinas eléctricas, produjo en un tubo lleno de oxígeno un gran número de chispas de unos 15 centímetros de longitud.