

celli en 1646 y por Molineux, para instarle de aquel de que se servia Leonardo de Vinci. Casi al mismo tiempo emplearon cuerdas de tripa y hebras de la yerba. Estos instrumentos, cuyo principio reposaba en la absorcion de los vapores, contenidos en el aire por las materias orgánicas, estaban provistos de agujas y de pequeñas pesas en equilibrio, y tenian mucha relacion, por la construccion con el higrómetro de cabello de Saussure y el higrómetro de ballena, de Deluc.

Pero lo que faltaba á los instrumentos del siglo XVII eran los puntos fijos de sequedad y de humedad, tan necesarios á la comparacion y la inteligencia de los resultados, y que Regnault ha acabado de determinar. Esto no era sino para que las sustancias higrométricas no perdiesen su sensibilidad con el tiempo, aunque este inconveniente fué menos grave. Pictet ha reconocido que un cabello de una mómia de Tenerife, con siquiera mil años de tiempo, estaba todavia bastante sensible para funcionar en un higrómetro de Saussure.

El fenómeno de la electricidad fué reconocido por William Gilbert como el efecto de una fuerza particular, aunque muy análogo á la fuerza magnética. El libro en el que se expresa esta idea, donde se encuentran por primera vez las palabras de fuerza eléctrica, es una obra de que hemos hablado frecuentemente, la *Fisiología del iman y del globo terrestre considerado como un gran iman*. (De magno magnete tellure), que apareció el año de 1600.

La propiedad, dice Gilbert, de atraer las materias ligeras ó reducidas á polvo de cualquiera naturaleza que sean, no es peculiar al ámbar, que no es mas que un jugo natural solidificado, rodado por las olas del mar, y en el cual se encuentran aprisionados insectos alados y hormigas como en sepuleros eternos. Esta fuerza de atraccion pertenece á una clase entera de sustancias muy diferentes, tales como el vidrio, el azufre, el lacre y todas las resinas, el cristal de roca y todas las piedras preciosas, el alumbre y la sal gema.

Gilbert mide la fuerza de la electricidad obtenida, con la ayuda de una aguja pequeña de otra sustancia diferente del fierro, que se mueve libremente sobre un pibote, y que es del todo semejante al aparato de que se servian Han y Bréwster, para probar la fuerza eléctrica en los minerales frotados calientes. El frotamiento, dice aun Gilbert, produce efectos mas sensibles por un aire seco que por un aire húmedo. Las telas de seda son aquellas cuyo frotamiento ha sido reconocido como mas eficaz. El globo terrestre forma un todo, cuyas fuerzas están unidas en virtud de una fuerza eléctrica (globus telluris per se electrice congregatur et coheret); porque la electricidad propende á amalgamar y reunir la materia (motus electricus est motus conservationis materiae).

En estos oscuros axiomas está espresada la concepcion de una *electricidad terrestre*, de una fuerza que, como el magnetismo, tiende á juntar la materia con la materia. En cuanto á la fuerza repulsiva y á la diferencia de los cuerpos conductores ó no conductores todavia no es tiempo de tratarse.

El ingenioso inventor de la máquina neumática, Otto de Guericke, no se limita á observar simples fenómenos de atraccion. Haciendo experimentos con un baston de azufre frotado, reconoció los efectos de la repulsion, aunque mas tarde vinieron á determinar las leyes, segun las cuales se ejerce y distribuye la electricidad. Fué el primero que oyó el ruido, el que vió la primera chispa de una detonacion eléctrica provocada por si mismo, y en un experimento intentado por Newton en 1673, fué cuando se manifestaron los primeros rasgos de la carga eléctrica sobre una superficie de vidrio frotada.

Nos hemos conformado con indicar los gèrmenes de donde ha salido la ciencia de la electricidad que, en su vasto y tardío desarrollo, no es solamente uno de los ramos mas importantes de la meteorología, sino que ha derramado un gran esplendor sobre los resortes interiores, por los cuales se han puesto en juego las fuerzas de la tierra, desde el momento en que se ha reconocido que el magnetismo es simplemente una de las diversas formas, bajo las cuales se manifiesta la electricidad.

Aunque ya en 1708 Wall, en 1754 Etienne Gray, y Nollet hubiesen supuesto la identidad del relámpago y de la electricidad producida por el frotamiento; sin embargo, á mediados del siglo XVIII, se pudo obtener sobre este punto una certidumbre experimental, merced á los felices esfuerzos del noble Benjamin Franklin. Desde este momento los fenómenos eléctricos pasaron del dominio de la fisica especulativa al dominio del universo, y se filieron entre los objetos de la contemplacion universal; dejaron el gabinete del sabio para producirse al aire libre. La teoria de la electricidad ha sido como la de la óptica y la del magnetismo. Largas épocas trascurrieron sin traer ningun desarrollo sensible, hasta que los trabajos de Franklin y de Volta, de Tomas Young, de Malus, de Ersted, de Faraday, escitaron en el ánimo de los contemporáneos una maravillosa actividad para estas tres ciencias. A tales alternativas de sopor y animacion súbita están ligados los progresos de la ciencia humana.

Si, como tengo explicado mas arriba, las condiciones relativas de la temperatura, las variaciones de la presion atmosférica y los vapores contenidos en el aire se hicieron los objetos especiales de estudios directos, merced á la invencion de instrumentos á propósito, aunque muy imperfectos todavia, y á la penetracion de Galileo, Torricelli y demas miembros de la acade-

VI.

Descubrimiento del termómetro.

La teoria de las corrientes atmosféricas fué constituida tambien en sus principios fundamentales antes del fin del siglo XVII. Bacon ha tenido el mérito en su célebre obra, intitulada: *Historia naturalis et experimentalis de ventis* (1664), de considerar la direccion de los vientos en sus relaciones con la temperatura y los higrómetros; pero negando, con la ayuda de argumentos poco matemáticos, la legitimidad del sistema de Copérnico, imaginó decir que "nuestra atmósfera, bien podia, como el cielo, moverse diariamente al rededor de la tierra, y dar así origen á los vientos del Este que soplan bajo los trópicos.

Este fué todavia el genio universal de Hooke, quien trae aquí el órden y la luz. Reconoció la idea de la rotacion del globo y distingue las corrientes de aire caliente y de aire frio, el superior que va del ecuador á los polos, y el inferior que viene de los polos al ecuador.

Galileo, en su último *diálogo*, es cierto que ya habia considerado los vientos alisios, como un efecto de la rotacion de la tierra; pero esplicaba la inmovilidad de las partes de la atmósfera que bajo el ecuador resisten al movimiento del globo, por la pureza del aire que ningun vapor altera en las regiones intertropicales. En el siglo XVIII, fué cuando las mas justas observaciones de Hooke fueron seguidas por Halley, quien las presentó de una manera mas detallada y mas satisfactoria por la velocidad de la rotacion peculiar á cada zona paralela.

Halley se empeñó en ocuparse de estas cuestiones por un largo intervalo en la zona tórrida; y ya en 1686 habia publicado un excelente trabajo experimental sobre la propagacion geográfica de los vientos alisios. Es sorprendente que en sus expediciones magnéticas no haya mencionado nunca la ley de rotacion de los vientos, tan importante para el conjunto de la ciencia meteorológica, cuando ya habia sido fijada en sus rasgos generales por Bacon y Juan Cristiano Stourm, de Hippolstein, que Bréwster miró como el verdadero inventor del termómetro diferencial.

En la brillante época en que la filosofia de la naturaleza fué fundada sobre la base de las matemáticas, no faltaron las tentativas para estudiar la humedad del aire en sus relaciones con los cambios de la temperatura y la direccion de los vientos. La academia del Cimento habia tenido la feliz idea de determinar la cantidad de vapor contenida en el aire con la ayuda de la evaporacion y de la precipitacion.

El higrómetro florentino mas antiguo fué un higrómetro condensador, en el cual se media la cantidad de agua depositada en los tubos despues del enfriamiento. Ademas, este higrómetro condensador, que modificado por Le-Roy insensiblemente ha conducido á los métodos psicrométricos de Dalton, de Daniel y de Augusto, se poseian todavia higrómetros de absorcion, compuestos de sustancias animales y vegetales, y construidos por Santori en 1623, por Torri-



mia del Cimento, todo lo que concierne á la composicion quimica de la atmósfera, quedò, por el contrario, envuelto en tinieblas.

Los principios de la quimica neumática, es cierto que habian sido sentados por Juan Bautista Van Helmont y Juan Rey entre los años de 1600 y 1630; por Hooke, Mayow, Boyle y el sistemático Becher, en la segunda mitad del siglo XVII. Se habian formado una idea justa de fenómenos aislados que tenian importancia en sí mismos, y entonces esto era ya un paso; pero faltaban miras de conjunto. La vieja creencia de la simplicidad elemental del aire, obrando á la vez sobre la combustion, la oxidacion de los metales y la respiracion, era un obstáculo difícil de vencer.

Los gases inflamables ó los que contienen los cuerpos en ignicion en las grutas y las cava-

des de las montañas (los espíritus letales de Plinio) y la exhalacion de estos gases bajo forma de burbujas en los pantanos y en las fuentes minerales, ya habian fijado la atencion de un benedictino de Erfurtd, Basilio Valentin, perteneciente, segun toda verosimilitud, al fin del siglo XV, y de Libavius, admirador de Paracelso que vivió al principio del siglo XVII.

Comparábase las observaciones que por casualidad habia hecho en los laboratorios de alquimia, con las mezclas que se veian preparadas en los grandes talleres de la naturaleza, y sobre todo, en el interior de la tierra. La explotacion de las minas, principalmente de las de fierro sulfurado, calentadas por la oxidacion y la electricidad directa, hizo presentir la afinidad quimica que se manifiesta entre los metales y el oxígeno al contacto del aire exterior.



## VII.

Paracelso.—Van Helmont.—Sus observaciones.

Paracelso, cuyas fantasías coinciden con la primera conquista de la América, ya habia observado el desprendimiento de los gases durante la disolucion del fierro, por el ácido sulfúrico. El primero que empleó la palabra gas, fué Van Helmont, quien distingue los gases del aire atmosférico, y aun de los vapores, en razon de su incompatibilidad. En su concepto, las nubes no son otra cosa que vapores, y que pasan al estado de gas bajo un cielo muy sereno "por efecto del enfriamiento y de la influencia de los astros." Los gases no pueden mezclarse en el agua, sino bajo la condicion de haber sido antes trasformados en vapores. Tal era el estado de los conocimientos acerca de los fenómenos meteorológicos en la primera mitad del siglo XVII. Van-Helmont no conocia todavía el medio bien simple de recoger y poner aparte su *gas silvestre*, nombre bajo el cual comprende á todos los gases no inflamables que no pueden entorpecer ni la flama ni la respiracion, y son distintos del aire atmosférico puro.

Sin embargo, habiendo hecho encender una luz bajo un vaso sumergido en el agua, observó cuando la luz se extinguia, que el agua subia en el vaso y que el volumen de aire disminuia. Van-Helmont trata así de probar por determinaciones de densidad, como lo encontramos en Jer. Carden, que todas las partes sólidas de las sustancias vegetales están formadas de agua.

Las conjeturas propuestas por los alquimistas de la edad media sobre la composicion de los

metales, sobre la alteracion producida en su brillo por la combustion al contacto del aire, es decir, por la trasformacion en cenizas, tierra ó cal, dieron la idea de estudiar las circunstancias que acompañan este fenómeno y los cambios que sufren en este caso los metales y el aire que se combina con ellos.

Jer. Carden ya habia observado en 1335 el aumento de peso que recibe el plomo luego que se oxida; y penetrado de esta fabulosa teoria del *filogístico*, lo habia atribuido al desprendimiento de una materia ígnea y celeste que tendria la propiedad de aligerar los cuerpos. Ochenta años mas tarde, un práctico demasiado hábil, Juan Rey de Bergerac, autor de observaciones muy precisas sobre el aumento de peso que reciben el plomo, el estaño y el antimonio, metálicos oxidados, espresa el importante resultado que este aumento debe á la combinacion del aire con el metal que se oxida. "Respondo y sostengo gloriosamente, decia, que este acrecentamiento de peso viene del aire que en el vaso ha estado comprimido.

Entró por fin en la via que debia conducir á la quimica moderna, y por ella al descubrimiento de un fenómeno importante para el conocimiento del mundo, esto es, el descubrimiento de la relacion que existe entre el oxígeno contenido en el aire y la vida de las plantas. Mas el problema se presenta desde luego al espíritu de hombres eminentes en términos singularmente complicados.



Hacia el fin del siglo XVII, se hizo brillar una creencia, que en 1663 estaba confusa aún en la *Micrografía* de Hooke, pero que está mas exactamente diseñada en el Mayow el año de 1669 y en Willis el de 1671. Esta creencia consistía en admitir en el aire la existencia de partículas salitrosas (*spiritus nitro-aereus*, *pabulum nitrosum*), semejantes á las que forman el salitre y que debía ser el elemento esencial en el fenómeno de la combustion.

Entonces se comenzó á confirmar que la estincion de la llama en un espacio cerrado, no depende de que el aire está saturado de los vapores que emanan del cuerpo inflamado, sino de la absorcion completa del *spiritus nitro-aereus*, ó principio salitroso contenido originariamente en el aire.

La inflamacion súbita que se produce cuando se echa salitre en carbonos, por razon del oxígeno que se desprende, y lo que se llama descomposicion del salitre en el crisol arcilloso en contacto con la atmósfera, contribuyeron á propagar esta opinion. Segun Mayow, las partículas salitradas del aire son el principio de la respiracion de los animales, pues ellas producen el calor animal y la purificacion de la sangre, haciéndola pasar del estado negro al rojo, y al mismo tiempo á ellas se debe aún la combustibilidad de todos los cuerpos y la calcinacion de los metales; y finalmente, representan poco mas ó menos, al oxígeno en la química antíflogística. El circunspecto Roberto Boyle confesaba, á la verdad, que la combustion no puede tener lugar sin la presencia de unos elementos que concurren á formar el aire atmosférico; pero no se atrevia á determinar si este principio depende ó no de la naturaleza del salitre.

El oxígeno era para Hooke y Mayow un objeto imaginario, una ficcion del pensamiento. Un químico penetrante, versado al mismo tiempo en la fisiología de las plantas, Hales, fué el primero que vió el oxígeno desprenderse en gran cantidad bajo la forma de gas, de una masa de plomo caliente en una temperatura muy elevada, que calcinaba en 1727 en Men-nige.

Hales vió desprenderse el gas, sin estudiar la naturaleza y sin observar qué grado de calor podía contener la flama; y no suponía la importancia de la materia que habia preparado. Priestley de 1772 á 1774, Scheele de 1774 á 1775, Lavoisier y Trudaine en 1775, fueron los primeros que observaron la intensidad mas grande de la flama en el gas oxígeno y las otras propiedades de este fluido. Muchos sostienen que estos descubrimientos simultáneos fueron completamente independientes los unos de los otros.

Hemos vuelto á trazar históricamente los primeros pasos de la química neumática, porque la teoria de la electricidad, lo mismo que ellos, han preparado los grandes descubrimientos que se han producido en el siglo siguiente

sobre la constitucion de la atmósfera y los fenómenos meteorológicos. La idea de gases específicamente distintos, no fué jamas bien clara en el siglo XVII, aun por los químicos que producian estos gases. Se volvió á empezar de nuevo á atribuir la diferencia que existe en el aire atmosférico, por una parte, y el aire irrespirable ó inflamable por otra, á la acumulacion de ciertos vapores. En 1766, Blak y Chavendish demostraron por primera vez que el oxígeno ó aire fijo y el hidrógeno ó aire inflamable son de los fluidos aeriformes distintos específicamente; tanto tiempo habia faltado para destruir el obstáculo que oponia á los progresos de la ciencia la vieja creencia de la simplicidad elemental de la atmósfera. MM. Boussingnault y Dumas manifiestan de una manera definitiva la composicion química del aire, es decir, determinan con precision las relaciones de cada parte, dando su nombre á uno de los mas brillantes descubrimientos de la meteorología moderna.

Los progresos de la física y la química que hemos vuelto á trazar parcialmente, no podian quedar sin influencia en el desarrollo de la geognosia. Un gran número de cuestiones geognósticas, de las cuales todavia hoy se busca la solucion, fueron removidas por un hombre, dotado de los conocimientos mas estensos, por el gran anatómico danés Stenson (Nic. Steno), que el gran duque de Toscana, Fernando II, llamó á su servicio, por un médico inglés Martin Lister, y por el "digno rival de Newton," Roberto Hooke.

Tengo tratado detalladamente en otra obra los servicios hechos por Stenson á la *geognosia de posicion ó de situacion*. Es cierto que ya en el siglo XV Leonardo de Vinci, seguramente en el tiempo que hacia construir en Lombardia unos canales que atravesaban terrenos de transporte y capas terciarias; y que Fracaster en 1517, á la ocasion de las rocas que contienen un gran número de pescados, descubiertas por casualidad en el monte Bolca, cerca de Verona; en fin, que Bernardo Pilissy, en sus estudios sobre las aguas vivas en 1565, reconocieron las huellas todavia subsistentes de un mundo oceánico que habia dejado de ser.

Leonardo de Vinci, que tenia el presentimiento de una division mas filosófica de las formas animales, llama á los mariscos "animale che hanno l'osa di fuori." En 1669, Stenson, en su obra sobre las materias contenidas en las rocas (*de solido intra solidum naturaliter contento*), distingue las capas rocallosas primitivas que han sido solidificadas antes del nacimiento de los animales y de las plantas, y por consecuencia, jamas contienen cuerpos orgánicos, de las capas sedimentosas, de las capas sobrepuestas unas á las otras (turbidi maris sedimenta sibi invicem imposita), que vuelven á cubrir los restos de organizaciones destruidas,

Todas las capas que contienen fósiles, estaban al principio dispuestas horizontalmente; su inclinacion fué causada mas tarde por la erupcion de los vapores subterráneos que producian el foco central de la tierra (*ignis in medio terrae*), en parte por la formacion de las capas inferiores demasiado débiles para soportar aquella mole. Los valles son el resultado de este trastorno.

La teoria de Stenson, sobre la formacion de los valles, es la de Deluc; segun Leonardo de Vinci, al contrario, de acuerdo en eso con Cuvier, los valles han sido escavados poco á poco por torrentes. Stenson reconoce en la constitucion geognóstica del suelo de la Toscana la huella de revoluciones que deben haber ocurrido en seis grandes épocas de la naturaleza (*sex sunt distinctae Etruriae facies, ex praesenti facie Etruriae collectae*), es decir que seis veces en épocas periódicas, el mar ha invadido y no se ha retirado á su seno, sino despues de una larga permanencia en el interior de las tierras. Sin embargo, no todas las petrificaciones perte-

necen al mar; Stenson distingue las petrificaciones pelágicas de las que son producidas por el agua dulce. Scilla ha descrito en 1670 los fósiles de Calabria y de la isla de Malta. Entre estos últimos, el gran anatómico y zoológico Juan Muller ha reconocido la representacion mas antigua de los dientes del gigantesco *Hydrarchus* de Alabama, uno de los mamíferos de la gran familia de los cetáceos. La corona de estos dientes está formada como en los focas.

Desde el año de 1678 hizo Lister la importante observacion de que cada especie de roca está caracterizada por fósiles diferentes, y que las especies de los géneros Múrice, Almejas y Trompa marina, que se encuentran en las corrientes del canton de Northampton, se asemejan, es cierto, á las que habitan hoy los mares; pero que observados mas atentamente presentan diferencias específicas. Todavía el estado imperfecto de la morfología descriptiva no permitia suministrar pruebas rigurosas con el apoyo de aquellas admirables conjeturas.

