

EL DESARROLLO DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA A TRAVES DE CIENTO VEINTE ACONTECIMIENTOS FUNDAMENTALES

Damos aquí la continuación del trabajo, cuya primera parte apareció en "Universidad", XIII, 1942, p. 55-199. Allí se encuentran las dos primeras secciones de los "ciento veinte acontecimientos fundamentales", cada una constituida por treinta "números". Aquí empezamos la tercera sección, de la cual damos hoy los números 61-74, cuya continuación, hasta el número 90, se publicará en el tercer volumen de "Universidad", de este mismo año. Reservamos la cuarta y última sección (números 91-120) para "Universidad" de 1944.

Esta demora en la publicación completa de nuestro "Desarrollo" se debe principalmente al hecho que los "números" de nuestro trabajo han adquirido un tamaño cada vez mayor. Tal hecho, no sólo depende de que, aproximándose a nuestra época, los acontecimientos científicos se vuelven más numerosos y más importantes, sino también del método que paulatinamente hemos ido adoptando. Al empezar nuestros "Ciento veinte acontecimientos", pensábamos ofrecer al lector un sumario esquemático de los temas que un profesor de historia de la ciencia habría podido desenvolver en sus cursos con la ampliación requerida, o un historiador desarrollar en monografías particulares. Con el progresar de nuestro escrito, hemos reconocido que este método era demasiado seco, y sin abandonar la idea que nuestro sumario debía ser una esquema para ampliaciones ulteriores, hemos querido lograr una exposición concreta y exhaustiva de los "acontecimientos" considerados.

III

DE LAS MAS MÍNUCIOSAS EXPERIENCIAS BIOLÓGICAS EN FISIOLÓGIA A LAS LEYES DE LA RESISTENCIA EN LA CORRIENTE ELECTRICA

61.—Los *Statical Essays* (1727 y 1732)
de STEPHEN HALES.

El progreso de la química general, con el de la fisiología animal y vegetal, estaba íntimamente ligado a un conocimiento más perfecto de los “aires” y al desarrollo de la técnica de estos cuerpos “elásticos”. Encontramos en STEPHEN HALES, también él inglés y activo miembro de la Royal Society, un sagaz investigador experimental de la fisiología vegetal como de la animal, y además un hábil manipulador al que debemos, entre otros progresos, uno de los más fecundos métodos en la técnica de los gases. STEPHEN HALES nació el 17 de setiembre de 1677 en Reckesbourne (Kent), estudió en el Corpus Christi College de Cambridge, tomó luego los órdenes eclesiásticos y fué, desde 1709 hasta el final de su larga vida, ministro protestante en Teddington (Middlessex), donde murió, ocupándose durante sus ocios en innumerables experimentos científicos. En 1718 llegó a ser miembro de la Royal Society, a la cual comunicó regularmente sus trabajos; la mayoría de los cuales se encuentran además reunidos en sus *Statical Essays*, cuyo primer volumen: *Vegetable statics: or an account of some statical experiments on the sap in vegetables. Being an essay towards a natural history of vegetation: of use to those who are curious in the culture and improvement of gardening, etc. Also a specimen of an attempty in analyse the air by a great variety of chemico-statical experiments, which were read at several meetings before the Royal Society* es de 1727, y el segundo: *Haemostatiks, or an account of some hydraulick and hydrostatical experiments made on the*

blood and blood vessels of animals es de 1733. Esta obra nos presenta, con todos sus detalles, y sucesivamente, los distintos experimentos realizados por HALES, y sus numerosas figuras ilustran además con mayor precisión los artificios técnicos que él empleaba.

¿Cómo se nutrían las plantas? ¿Porqué y cómo subía la savia desde las raíces hasta las extremidades de los vegetales? ¿Se trataba en este caso de una "circulación", análoga a la que HARVEY había definitivamente reconocido para los animales, o, en cambio, el movimiento se producía en un solo sentido? ¿Transpiraban las plantas? ¿Y cuáles eran sus relaciones con el aire? Éstas y muchas otras eran las preguntas que en esta época se presentaban a los investigadores y que HALES se propuso aclarar logrando en ello notables progresos.

Según la antigua tradición, que remontaba a ARISTOTELES, las plantas absorbían del terreno los jugos, ya allí preparados, que debían constituir su sustancia. VAN HELMONT instituyó en este sentido un experimento interesante: midió el peso de una vasija llena de tierra, que había previamente calentado para eliminar de ella gérmenes y humedad, hizo luego brotar en esa vasija una pequeña planta a la cual no proporcionaba otra cosa que agua destilada o de lluvia; después de cinco años la planta pesaba muchas libras, mientras los pesos de la tierra y de la vasija que la contenía, eran prácticamente los mismos de antes. De este resultado VAN HELMONT concluyó que la sustancia de las plantas provenía del agua. Aunque la conclusión pareciera sugestiva, la cosa no es tan simple. HALES, que no aceptó la hipótesis aristotélica, tampoco adhirió a la simplista de VAN HELMONT; reconoció, sí, que parte de la nutrición de las plantas provenía del suelo mediante la savia, y que era luego elaborada por el vegetal; pero comprendió que también las hojas tenían importancia en este aspecto y que ellas absorbían parte del aire. Pero los conocimientos químicos sobre los aires eran todavía demasiado primitivos para que HALES reconociera que esta parte del aire era el *gas sylvestre* que VAN HELMONT había visto engen-

drarse en las fermentaciones y que todos habían ya olvidado, o aquel *aire fijo* que BLACK, en época más reciente, vió nacer de las sustancias, más tarde designadas como carbonatos alcalinos o alcalino-terreos, cuando se les calentaba o se les trataba con ácidos minerales. Por otra parte HALES concebía todavía una sola especie de aire y que sus diferentes propiedades sólo eran debidas al efecto de distintas impurezas que podía contener. Pero, a pesar de esto, se le debe un importante progreso en la química “pneumática”, en especial con la realización de un dispositivo para recoger gases en campanas o botellas llenas de agua y sumergidas boca abajo en vasos llenos de agua. Creó así su “pneumatic trough”, cuyo uso se extendió más tarde también a los gases que se disuelven en el agua (como el amoníaco o el ácido muriático) utilizando mercurio u otros líquidos convenientes. Además, con sus experimentos de destilación seca de vegetales, HALES encontró nuevos y extraños productos, y es curioso observar que al destilar carbón fósil encontró un “aire” que, encendido, explotaba: en cierto modo él es quien por primera vez obtuvo y reconoció las propiedades del gas de alumbrado.

Estudiando animales, en particular caballos y perros, HALES hizo experimentos sobre seres vivos para medir la presión sanguínea de sus vasos, aplicándoles tubos con manómetros. Así pudo conocer las diferentes presiones en distintos animales y vasos, y conocer las variaciones que se obtienen bajo condiciones diferentes. Claro es que aquí esas presiones están vinculadas con las contracciones del corazón, músculo que no existe en las plantas, en las que el movimiento de la savia obedece a otras causas. Con sus investigaciones HALES descubrió y midió lo que hoy se denomina la “fuerza de las raíces”, así como la aspiración producida por la transpiración de las hojas. Él cortaba, por ejemplo, el tronco de una vid y en su extremidad aplicaba un tubo o diferentes tubos sucesivos: la savia subía entonces a notables alturas, relacionadas más o menos con la estación, la hora del día, la temperatura del ambiente, etc. Algunas veces doblaba los tu-

bos y los llenaba de mercurio, obteniendo así verdaderos manómetros. No sólo los aplicaba al tronco, sino también a las raíces. HALES observó también cómo, por sus ramitas y hojas, las ramas aspiraban el agua en la cual se sumergía una de sus extremidades y cómo esta aspiración podía producirse en ambas direcciones. La variedad de sus experimentos es verdaderamente maravillosa, pero no podemos aquí insistir en ellos, no sólo por la naturaleza de este *Sumario*, sino por la necesidad de emplear numerosas figuras para hacerlos comprender. Sólo añadiremos que HALES ejerció una decisiva influencia sobre los trabajos de los sabios que le sucedieron.

62.— Los físicos holandeses. La botella de Leiden (1745) y la electricidad estática en el siglo XVIII.

En un discurso de 1702: *De usu ratiocinii mechanici in medicina*, HERMAN BOERHAAVE afirmaba que nada se puede conocer sin la experiencia sensorial, y que la demostración *more geometrico*, sólo debía superponérsele para amplificarla o fecundarla. En otro, del 8 de febrero de 1715: *De comparando certo in physicis*, se preocupa, de manera especial, de buscar en la experiencia el instrumento de progreso seguro en la ciencia. Como escribe PIERRE BRUNET en su excelente libro: *Les physiciens hollandais et la méthode expérimentale en France au XVIII^e siècle* (Paris, 1926), “cet ouvrage ne devait pas tarder à devenir, en quelque sorte, le manuel de la méthode expérimentale”. El impulso dado por BOERHAAVE, apoyado en la gran tradición neerlandesa (STEVIN, SNELL, HUYGENS), fecundado por la influencia de NEWTON y de la escuela inglesa, así como por la de GALILEO y de la Academia del Cimento, y favorecida por felices condiciones locales, como la de desarrollarse en Leiden una serie de sobresalientes mecánicos de precisión, llegó a producir en Holanda, particularmente en Leiden, un conjunto de físicos de primer orden, que ejercieron una notable influencia sobre el des-

arrollo de la física experimental, no sólo en su propio país, sino en toda Europa.

Los más sobresalientes constructores de instrumentos de precisión, fueron numerosos miembros de la familia VAN MUSSCHENBROEK, que ya a principios del siglo XVII se habían dedicado a trabajos de tal naturaleza. El primero, no de ellos, sino de los que mencionamos aquí, fué SAMUEL JOOSTEN (1639-1682), quien con su hermano JOHAN JOOSTEN (1660-1707), fundó una fábrica especializada, y trabajó para SWAMMERDAM, BOERHAAVE y HUYGENS. Más célebre fué el hijo de este último, JAN (1687-1748), de cuya actividad hablaremos más adelante, y cuyo hermano PETRUS (1692-1761) fué el afamado físico, quien con otros colegas realizó lo que pronto se denominó “botella de Leiden”. Los dos físicos más sobresalientes fueron el citado PETRUS VAN MUSSCHENBROEK y un colega suyo, algo más anciano, WILHELMUS JACOBUS 'sGRAVESANDE (1688-1742). (Sobre estos físicos y constructores de instrumentos puede leerse con provecho el folleto de C. A. CROMMELIN, *Physics and the art of instrument making at Leyden in the 17th and 18th Centuries*, sin fecha!!!, pero hacia 1930).

BOERHAAVE sostuvo con energía la necesidad de la experimentación; en forma más detallada, tanto en la parte teórica como en la práctica y más particularmente para la física, lo hicieron 'sGRAVESANDE y VAN MUSSCHENBROEK. 'sGRAVESANDE estuvo en 1715 en London como secretario de embajada, y allí conoció íntimamente a NEWTON; en 1717 fué nombrado profesor de matemática y de astronomía en Leiden. En su discurso inaugural del 22 de junio de ese año: *De matheseos in omnibus scientiis praecipue in physicis usu, nec nun de astronomiae perfectione ex physica haurienda*, expone sus tendencias. La física matemática tiene la mayor importancia, pero (cito la traducción francesa de JOHANNES NICOLAUS SEBASTIANUS ALLAMAND (1713-1787), profesor en Leiden desde 1749 y que publicó en francés las obras de su maestro, agregando también una biografía detallada): “c'est dans les

phénomènes que nous devons en puiser la connaissance. Substituer à cette méthode des hypothèses, et en faire la base de son système, c'est vouloir se précipiter dans l'erreur et s'écarter de la route que doit suivre un véritable physicien"; "Or pour réussir en cela, il faut observer d'un œil attentif toutes les opérations de la nature; nous n'en devons négliger aucune, pas mêmes celles qui nous paraissent être de très petites conséquences. Lorsque la nature n'offre rien à nos recherches, il est souvent nécessaire d'avoir recours à l'art, pour parvenir à la connaissance de ce qu'elle semble vouloir nous cacher". Y 'sGRAVESANDE no se limita a exponer sus principios metódicos, sino que los puso en práctica estableciendo, quizás, el primer laboratorio general de física, cuyos numerosos instrumentos fueron preparados, bajo sus indicaciones, por JAN VAN MUSSCHENBROEK; instrumentos que en gran parte se conservan todavía (o se conservaban hasta la actual bárbara invasión de los alemanes) en el Museo de Leiden. 'sGRAVESANDE redactó también el primer tratado completo de física experimental de su época. Se trata de *Physices elementa mathematica experimentis confirmata sive introductio ad philosophiam newtonianam*, 2 vol., Leiden, 1720 y 1721; en el que se encuentra también la descripción de muchos de sus instrumentos. Es extraño como los historiadores de la ciencia no se ocupen con mayor detenimiento de un físico que ejerció tanta influencia sobre la marcha general de la ciencia, limitándose, a veces, a señalar con sarcasmo que él creía en la posibilidad del movimiento perpétuo y que habría construído un aparato para realizarlo (cosas ni excepcionales ni ilógicas en aquella época); y cómo subestimen la figura tan notable de PETRUS VAN MUSSCHENBROEK.

Este último, después de haber sido profesor en Duisburg y, por muchos años, en Utrecht, fué nombrado profesor de física en Leiden en 1740. De tipo intelectual muy diferente al de 'sGRAVESANDE, sigue sin embargo su mismo rumbo experimental, y su traducción latina, publicada en 1731, de los *Saggi di naturali esperienze fatte nell' Accademia del Cimen-*

to, muestra claramente sus preferencias metodológicas. Y es como introducción a esta traducción, que PETRUS imprimió su discurso de 1730: *De methodo instituendi experimenta physica*. No podemos extendernos más en estas consideraciones metodológicas de una importancia histórica mayor que las disquisiciones de muchos "filósofos". Ante el escaso interés que los historiadores muestran por este movimiento científico de importancia fundamental, creemos útil reproducir las conclusiones a las cuales arriba PIERRE BRUNET en su estudio ya citado: "D'abord, tournant résolument le dos à toutes les discussions métaphysiques, et ne voulant plus voir dans les hypothèses autres choses que des suggestions essentiellement provisoires et précaires, les physiciens hollandais s'accordent sur la nécessité d'un recours de plus en plus strict à l'expérience. Mais en même temps, ils estiment que toute l'efficacité de la méthode expérimentale dépend des procédés, suivant lesquelles elle s'organisera; et la prudence, en ce domaine plus qu'en tout autre, est de règle. Aussi examinent-ils en détail les plus fondamentaux de ces procédés, pour en marquer le rôle propre, les limites, les conditions et aussi les rapports qu'ils soutiennent les uns avec les autres. Ensuite ils restent persuadés que, lorsque toutes les précautions sont prises en cet ordre de recherches, on peut avoir confiance dans les conclusions tirées des faits; la généralisation analogique ne leur semble pas illusoire et dénouée de tout fondement; et, si l'on doit encore sur ce point ne pas manquer de prudence, on ne doit pas non plus faire preuve d'une réserve exagérée, qui conduirait à l'impossibilité de rien établir. En cela d'ailleurs, les physiciens hollandais restent fermes dans la conviction, qui, leur permettant de dépasser le pur empirisme, leur fait reconnaître dans le raisonnement des forces propres, sans lesquelles la mise en oeuvre des matériaux fournis par l'expérience serait impossible, et de même coup l'expérience elle-même stérile. Bien plus, l'esprit peut se porter pour ainsi dire au devant de l'expérience avec des instruments mathématiques, tirés de lui-

même, qui, en se superposant aux données de la science expérimentale, lui donneront un énoncé plus précis, en même temps qu'une valeur supérieure. A la physique expérimentale doit se surajouter une physique mathématique. Mais à condition que les mathématiques n'aient pas la prétention de se substituer à l'expérience, ou de faire préjuger de ses résultats; car ce serait alors retomber dans l'illusion écartée dès le début, ce serait renoncer de nouveau à la méthode expérimentale". No nos detendremos tampoco en las numerosas experiencias debidas a estos físicos, muchas de las cuales son nuevas e importantes. Sólo referiremos las que condujeron a construir la "botella de Leiden".

* *
*

Después de las experiencias de GILBERT (véase el N^o 37), las observaciones sobre la electricidad estática y, más aún, la interpretación de este fenómeno, lograron pocos progresos en el siglo XVII. Si se exceptúa a CABEO, ya citado (N^o 37), no hay que recordar sino el nombre de GUERICKE, más conocido por su máquina neumática (véase el N^o 40). Pero ya se habían experimentado las consecuencias del frotamiento entre distintos cuerpos y se había tratado de eliminar las enojosas operaciones manuales, construyendo máquinas en las que a un globo o a un tubo de vidrio, de azufre, de resina o de otra sustancia, se le imprimía un movimiento de rotación, y hasta se frotaba automáticamente con otra sustancia conveniente. En consecuencia, se habían ya descubierto otros fenómenos, además del primitivo de atraer pequeños pedazos de papel o de otros cuerpos livianos. Se reconoció, por ejemplo, que el cuerpo atraído era después rechazado, y se había hasta llegado a observar la "danza eléctrica" de una pluma que se desplazaba repetidas veces del cuerpo electrizado al dedo y viceversa (GUERICKE); y que a la pluma que tocaba al cuerpo electrizado se le endurecían sus pelos y que

éstos se separaban uno del otro (el mismo sabio). Mucho ruido, por su parte, hizo el descubrimiento de la "luz fosfórica" (observada por primera vez por JEAN PICARD (1620-1682)), es decir, la luz que se veía en el vacío barométrico cuando se agitaba al mercurio y que se atribuyó al frotamiento de éste con el vidrio. Pero los mayores progresos en los primeros años del siglo XVIII, se debieron a STEPHEN GRAY (1666?-1736) y a CHARLES FRANÇOIS DE CISTERNAY DU FAY (1698-1739). El primero reconoció claramente que los cuerpos se electrizaran de dos maneras diferentes, con electricidad vitrea, como se dijo entonces, y con electricidad resinosa. Pero GRAY no pudo, por frotamiento, electrizar a los metales, a pesar de reconocer en ellos la propiedad de ser "conductores" de la electricidad. Así, sirviéndose de éstos o de otras sustancias de comportamiento análogo, llegó a electrizar un cuerpo alejado del cuerpo directamente electrizado y unido con éste mediante un hilo conveniente (y bien aislado, agregamos), hasta a distancias de 765 pies (unos 233 metros). Hizo, además, los primeros experimentos acerca de lo que hoy llamamos la inducción eléctrica; entre otros realizó un experimento con un niño suspendido en el aire por cuerdas aisladoras y cuya cara, vuelta hacia el suelo, atraía una hoja de bronce cuando se aproximaba a sus pies un bastón de vidrio electrizado, experimento que despertó entre sus contemporáneos el mayor estupor y entusiasmo: DU FAY, por su parte, reconoció que todos los cuerpos, en condiciones convenientes, pueden ser electrizados y que, por inducción (como decimos hoy) pueden electrizarse más fácilmente aquellas sustancias, como los metales, que no se electrizan por frotamiento. Además el uso que él instituyó, de los aisladores, en forma sistemática y racional, constituyó un gran progreso técnico y teórico. DU FAY aclaró también la cuestión de las dos electricidades: los cuerpos electrizados con una de ellas atraen los electrizados con la otra, mientras que los electrizados con la misma se rechazan. Estudió además, detenidamente, los "fuegos" que se producen en los cuerpos electrizados.

Los progresos logrados hasta aquí son seguramente notables, pero la ciencia de la electricidad pudo adelantar aún más cuando fué posible obtener, como decimos hoy, grandes diferencias de potencial; en tal sentido, además del perfeccionamiento continuo de las máquinas eléctricas, influyó grandemente la invención de las “botellas de Leiden” y de otros “condensadores”. La “botella de Leiden” (aparte de un descubrimiento análogo contemporáneo) nació en la citada ciudad universitaria de los Países Bajos. En efecto, en enero de 1746 una carta de PETRUS VAN MUSSCHENBROEK a RÉAUMUR, y otra de ALLAMAND a NOLLET, relatan unos curiosos experimentos realizados por los dos sabios y por un discípulo de ellos, un tal CUNAEUS (-); experimentos que se deben ciertamente a una labor conjunta, no pudiéndose distinguir en ellos los méritos relativos a cada experimentador. Se había, en verdad, realizado un fenómeno “terrorífico”: un cilindro de hierro, suspendido por hilos de seda y electrizado mediante una esfera de vidrio que se frotaba y con la cual estaba en comunicación por una de sus extremidades, tenía en su otra extremidad un hilo de latón que, para electrizarla, pescaba en el agua que llenaba en parte una botella que el experimentador sostenía con su mano derecha. Con la otra mano, éste, trataba de obtener la chispa con el cilindro de hierro. De repente, como escribe VAN MUSSCHENBROEK, su mano derecha recibió un golpe tan violento que todo el cuerpo sufrió una sacudida como por un rayo y la respiración casi llegó a faltarle. Añade que no habría repetido la experiencia, por toda la corona de Francia. Sin embargo él repitió la experiencia, la repitieron los sabios que tuvieron noticia de ella y hasta se sometió a sus efectos al público atónito que, en las cortes y en los palacios de los nobles, se colocaba “en cadena” para probar los efectos de la sacudida. No importa explicar al lector, ya prevenido, como de este aparato primitivo se desarrolló la “botella de Leiden”, más perfeccionada, que se hizo transportable o se convirtió en el *cuadro* (de FRANKLIN); en estos aparatos el agua es

sustituida por hojas metálicas adheridas al vidrio y con ellas se puede conservar por cierto tiempo la electricidad inducida y obtener chispas y otros efectos de una potencia hasta entonces desconocida. Los primeros experimentos citados se realizaron a fines de 1745, y otros análogos, pero seguramente independientes, fueron hechos el año mismo en Gamin (Pommern) por el canónigo EWALD VON KLEIST. Estos hechos dieron nuevos medios poderosos y una renovada impulsión a las investigaciones experimentales y teóricas de naturaleza eléctrica. En ellas, durante los años siguientes, se destacaron especialmente WILLIAM WATSON (1707?-1787), BENJAMIN FRANKLIN (1706-1790), GIOVAN BATTISTA BECCARIA (1716 - 1781), el abad JEAN ANTOINE NOLLET (1700-1770) y JOHN SYMMER (? -1763). FRANKLIN, célebre especialmente por su descubrimiento de la electricidad de las nubes y por su invención del pararrayo, como consecuencia de sus estudios sobre el efecto de las "puntas" metálicas en y sobre cuerpos electrizados y conductores, esquematizó una teoría que admitía una única calidad de flujo eléctrico, cuya presencia, en una cantidad mayor o menor de la normal, determinaba el comportamiento de los cuerpos llamados electrizados; dándole los nombres de electricidad positiva o negativa, según fuera esa cantidad por exceso o por defecto respecto de la normal. SYMMER, en cambio, dió la teoría de los dos fluidos diferentes, teoría que debía ser después la generalmente aceptada, aunque conservándose, por tradición, los dos nombres anteriores. La índole de este *Sumario* nos prohíbe entrar en mayores particularidades sobre este asunto; por otra parte con los nombres citados nos encontramos ya en la época de COULOMB y de VOLTA; al tratar más adelante de estos dos sabios, añadiremos algo más sobre el desarrollo de la electricidad estática.

63.—La forma de la tierra y la medición del grado. Los experimentos con el péndulo. El tratado de CLAIRAUT.

La creencia en la tierra plana sólo se mantuvo entre los pueblos primitivos o en los albores de la ciencia, como en la escuela iónica, o en los períodos de regresión y de barbarie, como en el medioevo cristiano. Observaciones simples, que encontramos enumeradas en ARISTOTELES, demostraban que la superficie de la tierra era curva con su convexidad hacia arriba, y desde la época de los pitagóricos, por experiencia y por sentimientos místicos, se admitió generalmente que su figura era la de una esfera. Bien pronto se quisieron medir las dimensiones de esa esfera, y ya ERATOSTENES (véase N^o 11) imaginó un método exacto para esta medición que realizó con una sorprendente precisión. Una nueva medida del grado (con la cual, claro es, podían fácilmente deducirse las dimensiones de la tierra, supuesta esférica) fué realizada en Mesopotamia por los “árabes”, por orden del califa AL-MA'MÚN (véase N^o 18); pero después debemos llegar hasta el siglo XVI para encontrar nuevos intentos científicos en este sentido. Mientras tanto, una comprobación práctica de la esfericidad de la tierra había sido lograda con la hazaña de MAGALHÃES, o mejor con el éxito de su nave “Victoria” (MAGALHÃES fué muerto en combate al llegar a la isla de Matan) que, después de partir de la península ibérica y cruzado los océanos Atlántico, Pacífico e Indico, había regresado a su punto de partida, dando así una vuelta completa alrededor del mundo.

En verdad la forma de la tierra, aunque muy próxima a la de una esfera, no lo es exactamente, aún prescindiéndose de las irregularidades ocasionadas por los continentes y sus montañas. Esto debían advertirlo muy pronto los que midieron nuevamente el grado en tiempos modernos y también otros sabios como consecuencia de observaciones prác-

ticas o de cálculos teóricos. Fué el médico JEAN FERNEL (1497-1558) el primero quien en tiempos modernos (1525) y adoptando el método de ERATOSTENES (medición directa entre dos lugares situados sobre el mismo meridiano y medida astronómica de su diferencia de latitud), midió el grado terrestre al norte de París (la descripción de la operación se encuentra en su *Cosmotheorie* de 1528), y también otras medidas, de menor importancia histórica tuvieron lugar después en otras partes. Pero quien inauguró las triangulaciones geodésicas fué el ya citado WILLEBRORD SNELL que en 1614-15, tomando como base la recta Leiden-Soetervonde, extendió sus operaciones a través de los Países Bajos, llegando a deducir (ver su *Eratosthenes Batavus* de 1617) de la distancia entre Alkmaar y Bergen-op-Zoom una medida del grado de 55.100 "toises" (la "toise" equivale a m. 1.949...), medida que, por observaciones posteriores, fué calculada por VAN MUSCHENBROEK en 57.033 toises. Otras medidas, con el nuevo método, se deben a GIOV. BATT. RICCIOLI (1598-1671) en Italia y a RICHARD NORWOOD en Inglaterra (entre 1633 y 1636), hasta llegar a las mediciones tan cuidadosas de JEAN PICARD (1620-1682) realizadas en 1669-70 entre Malvoisine (París) y Amiens, que dieron por resultado 57.057 toises. Estas mediciones que aportaban una medida cada vez más precisa de la esfera terrestre, dieron, no obstante, nacimiento a una extraña y encarnizada discusión entre los sabios. En efecto: los diferentes valores obtenidos en distintas latitudes hicieron pensar que la forma de la tierra fuera la de un elipsoide; lo curioso era que algunos (particularmente los astrónomos franceses, encabezados por GIAN DOMENICO CASSINI (1625-1712) y su hijo JACQUES (1677-1756)) supusieron que esa forma fuera la de un elipsoide con el eje de rotación como eje mayor, mientras otros, en cambio, (que se apoyaban en las consideraciones mecánicas de HUYGENS y de NEWTON) afirmaban que la esfera terrestre estaba achatada en los polos. Otra experiencia vino a complicar la solución. JEAN RICHER (m. 1696) en La Cayenne en 1671, y EDMUND HALLEY

en 1676 en Santa Helena, observaron que el reloj a péndulo, que habían traído desde París o London, retrasaba sensiblemente en esos lugares de latitud menor y que, para hacerle batir el segundo exactamente, debían acortar el péndulo. De la fórmula establecida por HUYGENS, $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, se deducía que el valor de la gravedad era menor en las proximidades del ecuador que en los sitios de latitudes mayores. ¿Era esto el efecto de la fuerza centrífuga, que disminuía el valor de g , como pensaba HUYGENS? o se ligaba también con la ley de la gravitación universal y con la forma de la tierra, aplastada en los polos? JOHANN GASPAR EISENSCHMIDT (1656-1712) en su *Diatriba de figura telluris* (1691), no sólo sostuvo que todas las medidas desde ERATOSTENES hasta entonces comprobaban la forma ovoide de la tierra, sino también que esta forma explicaba perfectamente las observaciones hechas con el péndulo. Los CASSINI, por su parte, como consecuencia de observaciones hechas directamente sobre el terreno por ellos o bajo su dirección, sostenían obstinadamente su opinión que el grado de meridiano tenía una mayor longitud hacia el ecuador que hacia los polos. Y nada menos que JOHANN BERNOULLI, en una memoria premiada en 1735 por la Académie des sciences de París, demostró (!) matemáticamente que la forma de la tierra no podía ser otra que la ovoide. Por su parte, los sostenedores de las doctrinas de HUYGENS y de NEWTON no cedían terreno, pudiendo aducir, además de las razones mecánicas, las observaciones astronómicas de Júpiter que denunciaba un acentuado achatamiento de sus polos. En tal situación, y en particular por obra de PIERRE-LOUIS MOREAU DE MAUPERTUIS (1698-1759), el gobierno francés decidió contribuir a la solución del problema enviando dos expediciones: una al Perú bajo la dirección de PIERRE BOUGUER (1698-1758) y de CHARLES-MARIE LA CONDAMINE (1701-1774), y la otra a Laponia, dirigida por el mismo MAUPERTUIS y que contaba entre sus miembros al joven ALEXIS-CLAUDE CLAIRAUT (1713-1765) y al conocido AN-

DREAS CELSIUS (1701-1744) introductor de la escala termométrica centesimal. La primera expedición obtuvo, en los años 1736-43, para el grado, en toises, los valores 56.750 (LA CONDAMINE) y 56.753 (BOUGUER); y la segunda, en los años 1736-37 el valor 57.466,8 corregido después a 57.437,9. Estas medidas eran lo suficientemente precisas, para mostrar claramente que la longitud del grado era mayor cerca de los polos y dieron definitivamente la victoria a la teoría del achatamiento de los polos.

La teoría de la forma de la tierra encontró su sistematizador teórico en el citado CLAIRAUT (o CLAIRAULT) con su clásica obra *Théorie de la figure de la Terre tirée des principes de l'hydrostatique*, publicada, después de algunas memorias preliminares, en París, 1743, y, más tarde, en 1808, a cargo de SIMON - DÉNIS POISSON (1781-1840), se supone por instigación de LAPLACE. De esa obra hay también traducciones modernas: en alemán (Leipzig, 1913), y en italiano (Roma, 1928). La teoría desarrollada en el libro de CLAIRAUT es demasiado complicada para poder ser expuesta aquí de una manera breve y accesible a todos. Observaremos solamente que se fundamenta en las teorías de HUYGENS y de NEWTON y estudia las condiciones de equilibrio suponiendo que la tierra se solidifique y sólo queden en ella canales cerrados. En éstos, la presión está determinada, cualquiera sea su forma, por la de sus extremos, quedando así establecida, por primera vez, la teoría del potencial. Si X , Y , Z son los componentes de la fuerza que actúa en un punto de la masa fluida, ρ la densidad del fluido (supuesta uniforme), ds el elemento de longitud del canal, dx , dy , dz sus proyecciones sobre los ejes y q la sección del canal; el elemento de masa $\rho q ds$ está accionado, según la dirección del canal, por la fuerza $\rho q ds \left(X \frac{dx}{ds} + Y \frac{dy}{ds} + Z \frac{dz}{ds} \right)$. Si p es la presión del fluido en el punto, para que haya equilibrio, esa fuerza deberá ser $q dp$ o sea $dp = \rho (X dx + Y dy + Z dz)$ y como la diferencia de presión en los extremos del canal no depende

sino de esos extremos, deberá existir una función U de las coordenadas, tal que $X = \frac{\partial U}{\partial x}$, $Y = \frac{\partial U}{\partial y}$, $Z = \frac{\partial U}{\partial z}$ y esta función U es la que más tarde, con GAUSS, tomó definitivamente el nombre de potencial.

CLAIRAUT fué un mecánico y matemático notable bajo distintos puntos de vista. En 1731 aparecieron sus afamadas *Recherches sur les courbes à double courbure*; en 1739 y 1740 publicó en las Mémoires de l'Académie des sciences, valiosos estudios sobre el cálculo integral y, sin detenernos sobre sus *Eléments de Géométrie* (1741) y sus *Eléments d'Algèbre* (1743) que, como obras didácticas fueron usadas durante mucho tiempo, obteniendo numerosas ediciones; baste recordar su *Théorie de la lune*, que obtuvo en 1750 el premio de la Academia de St. Petersburg, en la que desarrolla de la manera más notable, después de NEWTON, el "problema de los tres cuerpos", ya estudiado por él en memorias anteriores, y el cálculo muy exacto que, utilizando las soluciones (particulares) de este problema, él hizo de la órbita del cometa Halley. Añádase que contemporáneamente a CLAIRAUT, el problema de los tres cuerpos fué estudiado por JEAN LE ROND D'ALEMBERT (1717-1783) el conocido "enciclopedista" y él también matemático insigne; y por LEONHARD EULER, sabio del cual nos ocuparemos en el N^o 69 de este *Sumario*.

64.—El *Systema Naturae* de CAROLUS LINNAEUS (1735-1758). Los sistemas naturales.

Hemos visto como se desarrollaron los sistemas de clasificación de las plantas, desde CESALPINO hasta RAY y BOERHAAVE; los sistemas para los animales eran, por lo menos aparentemente, más simples y ya en ARISTOTELES, implícita si no explícitamente, habían llegado a una perfección notable. Estas clasificaciones llegaron en el siglo XVIII a su culmina-

ción, tanto en el sentido artificial como natural, siendo esta distinción más acentuada y evidente para el mundo de los vegetales. En este campo sobresale, por sus esfuerzos tendientes a soluciones satisfactorias y por la poderosa influencia ejercida, la obra de CAROLUS LINNAEUS o CARL LINNÉ. Este gran sabio, hijo de un pastor protestante, nació en Rashult (Småland) el 13 de mayo 1707, calendario juliano (23 de mayo, calendario gregoriano). Después de estudios preparatorios en varias localidades, se inscribió en la Universidad de Uppsala, donde en 1730 obtuvo un cargo como "demonstrator" en el jardín botánico. En 1732 fué encargado de la exploración de Laponia, empleando en ella cinco meses y obteniendo importantes resultados; algo más tarde publicó un libro sobre su flora. En 1735 fué a Holanda, doctorándose en medicina en la Universidad de Hardewijk. Ya vimos el apoyo que le prestó BOERHAAVE; además llegó a ser el superintendente de los grandes jardines del banquero CLIFFORD en Hartecamp, cerca de Haarlem. De esta época es la primera edición de su *Systema Naturae*, publicada ese mismo año y obra que es, puede decirse, el núcleo central alrededor del cual se desarrolla toda la producción científica de LINNAEUS, aun cuando en otras obras, como en las botánicas, sus escritos muestren un desarrollo mayor. Hablaremos de esa obra al terminar estas breves noticias biográficas. Después de viajes por Inglaterra y por Francia, regresado en 1738 a Suecia, practicó la medicina en Stockholm, donde fué uno de los fundadores y el primer presidente de la Academia de ciencias. En 1741 fué nombrado profesor de anatomía en Uppsala, cambiando en 1742, su cátedra de anatomía por la de botánica. En 1761 se le hizo noble (con retroactividad al 1757) convirtiéndose en CARL VON LINNÉ. Fué precisamente en 1757 cuando adquirió el dominio de Hammarby, a pocos kilómetros de Uppsala, donde estableció un hermoso jardín, y en ese dominio residía gran parte del año; más tarde se retiró a él, donde murió el 10 de enero de 1778. Es sabido que gran

parte de la herencia científica de LINNAEUS, en particular su herbario, fué trasladada a Inglaterra, siendo vendida por la viuda a Sir JAMES EDWARD SMITH, más tarde primer presidente de la Linnaean Society de London, fundada por él y otros amigos en 1788, y que a su muerte (1828) pasó en propiedad a la sociedad mencionada, sociedad que influyó mucho en el desarrollo de la botánica, y que es todavía floreciente.

El *Systema Naturae*, publicado con gran entusiasmo por J. F. GRONOVIVS en 1735 en Leiden, es un pequeño fascículo in-folio de 12 páginas, que, no obstante, por su novedad y claridad ejerció pronto una gran influencia, obteniendo después numerosas ediciones y traducciones en varios idiomas. La segunda edición, de Stockholm (1740), contiene ya 80 páginas, la sexta (ibidem, 1748) 234 pág.; la décima, reformada, y que es actualmente la que se considera como la edición standard de la clasificación linneana, comprende dos volúmenes de más de 500 páginas cada uno, es también de Stockholm y fué publicada en 1758; la décimotercera, última publicada durante la vida de LINNAEUS (ibidem, 1765-1768) es de tres volúmenes de idéntico tamaño. Este *Systema Naturae* considera todo el campo de la "historia natural", es decir, los tres "regna": animal, vegetal y mineral. Todos los componentes conocidos en su tiempo, de los dos primeros de esos reinos, están sistemáticamente ubicados en sus *clases*, *órdenes*, *genera* y *species*, de acuerdo a una concepción fundamental, y de manera cada vez más amplia y especificada en las ediciones más recientes. Las divisiones en los minerales carecen, sin embargo, de valor actual, por cuanto entonces no se disponía aún de criterios de valor, como puede ser el sistema cristalográfico y, mejor aún, la composición química, y, por eso, su clasificación en *genera* y *species* es una analogía insostenible. En cambio el cuadro que nos es presentado de los animales y de las plantas es algo más perfeccionado y armónico de todo lo que se había hecho antes; así fué comprendido por sus contemporáneos y así se

explica la difusión casi inmediata y la larga duración de la clasificación linneana que, en algunos aspectos, está todavía en vigor, por ejemplo en la denominación binómica que incluye el *genus* y la *species* y que, a pesar de limitados intentos anteriores, fué él quien la introdujo sistemáticamente y con gran sentido práctico.

LINNAEUS, a pesar de su gran erudición, de su agudeza en estudiar los seres vivientes y de su habilidad en dar esculptorias descripciones de sus características, no es una mentalidad profunda, capaz de analizar los fundamentos fisiológicos que rigen la estructura y las funciones biológicas. Es un individuo obsesionado por la manía clasificatoria, que aplicó también a las enfermedades, sin llegar a los resultados satisfactorios que logró para los animales y vegetales. En cambio, en la clasificación de éstos fué un maestro insuperable y en consonancia con las tendencias de su época. Ninguno, hasta entonces, había podido ubicar todos los innumerables individuos de los dos reinos en su lugar conveniente, ni describir en pocas palabras las características de los *genera* o de las *species*. Hasta él, por el contrario, las descripciones eran largas, a veces confusas y no siempre precisas. Puede decirse que en este aspecto y en la nomenclatura él inaugura una época completamente nueva. En cambio sus divisiones en clases y órdenes son mucho más imperfectas y no se han mantenido. Para los animales se encuentra atrasado respecto de ARISTOTELES, con sus solas clases de mamíferos, aves, reptiles, peces, insectos y gusanos. Su clasificación botánica, extremadamente artificial, se basa únicamente en el número y disposición de los estambres y pistilos en la flor, excepto para la clase de las plantas sin flores. Es extraño que no obstante haber puesto él en la base de su clasificación los órganos sexuales de las plantas, casi nada hizo para desarrollar la teoría de la sexualidad en éstas, quizás eso era ya demasiado profundo para su mentalidad.

No sería justo ocultar que LINNAEUS, en verdad, reconocía la naturaleza artificial de su clasificación y desea-

ba llegar a una clasificación natural; pero, fuera de esta aspiración y algunos escasos intentos realizados, no hizo progresos en tal sentido. Por otra parte, sus contemporáneos casi todos estaban satisfechos de poder, simple y fácilmente, ubicar en su clasificación, sobre todo para las plantas, las especies que descubrían. Otro defecto de LINNAEUS, pero completamente de acuerdo con las ideas de su tiempo, fué su afirmación, mejor, su fe inquebrantable, en la fijeza de las especies, creadas como tales por el Creador Supremo y que por lo tanto sólo podían dar lugar a simples *variedades*. Por otra parte es interesante observar que incluye al hombre, como *Homo sapiens*, en el reino animal y, además, en el mismo orden de los monos y en el mismo *genus* del orangután.

Hemos dicho que ya en la primera edición del *Systema Naturae* la clasificación de LINNAEUS está completamente desarrollada en sus rasgos principales; por ejemplo, encontramos ya allí sus 24 clases de plantas. (Observemos que en esta clasificación no aparece la distinción entre monocotiledóneas y dicotiledóneas, ya claramente vislumbrada por TEOPRASTOS y sistemáticamente adoptada por RAY). La décima edición del *Systema Naturae* es la que representa para los zoólogos modernos la fuente fundamental de su terminología y a ella entienden referirse cuando agregan una L. al nombre científico de un animal. Para las plantas, en cambio, se refieren a otra obra de LINNAEUS, más desarrollada en este aspecto: la *Species plantarum*, en dos volúmenes de 1753. Otras importantes obras botánicas de este autor son: *Genera plantarum* (1737), *Classes plantarum* (1738) y *Philosophia botanica* (1751). Describió además la *Flora Laponica* (1737), la *Flora Suecica* (1745) y la *Fauna Suecica* (1746). Interesante para leer y para conocer las primeras hazañas de LINNAEUS así como su mentalidad es *Lachesis Lapponica, or a tour in Lapland... from the original manuscript of... Linnaeus*, publicada por el ya citado J. E. SMITH en dos volúmenes, London (1811).

LINNAEUS tuvo en Uppsala muchos discípulos y colaboradores, algunos de los cuales perecieron en viajes de exploración promovidos por el maestro, e innumerables partidarios en Europa, muchos de los cuales extremadamente serviles en la adopción del verbo linneano.

* *
*

Pero si la clasificación artificial de las plantas establecida por LINNAEUS obtuvo entonces los mayores éxitos, no faltaron esfuerzos hacia una clasificación natural, en los que JOHN RAY había ya desempeñado un papel importante. En este sentido debemos ahora anotar que los mayores progresos se debieron a numerosos miembros de dos familias de habla francesa, los DE JUSSIEU, oriundos de Lyon, y, más tarde, los DE CANDOLLE, de la ciudad suiza de Genève. Quizá podría agregarse como precursor a PIERRE MAGNOL (1638-1715), profesor en Montpellier, quien expuso adecuados conceptos sobre el parentesco natural, y MICHEL ADANSON (1727-1805), (el conocido autor de una historia natural de Senegambia, que él durante largo tiempo había visitado) y que quiso reclamar algunas prioridades frente a BERNARD DE JUSSIEU, prioridades que verosímilmente no son justificadas.

LAURENT DE JUSSIEU de Lyon, tuvo cuatro hijos; el segundo, ANTOINE, el tercero, BERNARD, y el cuarto, JOSEPH, fueron todos renombrados botánicos. El primero, CHRISTOPHE, si no contribuyó él mismo a la ciencia de las plantas, tuvo el mérito, involuntario, de procrear a un hijo- ANTOINE-LAURENT, que es uno de los más prominentes botánicos de la familia y cuyo hijo ADRIEN, siguió el ejemplo paterno. ANTOINE (1686-1758) fué el fundador de la dinastía de botánicos y profesor en el Jardin du Roi (hoy des Plantes). Era discípulo de JOSEPH PITTON DE TOURNEFORT (1636-1708), autor de *Eléments de botanique ou méthode pour connaître les plantes* (9 volúmenes, 1690, con 451 grabados en cobre) y de

Institutiones rei herbariae (3 vol., 1700) que ocupan un distinguido lugar en la historia de la botánica. Su sucesor en la cátedra del Jardin du Roi fué SÉBASTIEN VAILLANT (1669-1722), cuyo *Sermo de structura florum* (1718) había tenido influencia sobre LINNAEUS, dirigiendo la atención de éste a la importancia de las distintas partes de las flores. Más importante que ANTOINE DE JUSSIEU fué su hermano BERNARD (1699-1777), sin duda el sabio más eminente de la familia. Se ocupó en establecer un sistema natural de clasificación y, quizá, los fragmentos que en este sentido se encuentran en la obra de LINNAEUS no son sino el reflejo de las conversaciones que el naturalista sueco mantuvo con BERNARD DE JUSSIEU, cuando estuvo en París. BERNARD, hombre modesto y sin pretensiones, organizó según su clasificación el jardín real del Petit Trianon de Versailles, pero no escribió nada, y debemos a su sobrino la exposición de las ideas del tío, junto con sus propias adiciones y complementos. ANTOINE-LAURENT DE JUSSIEU (1748-1836) fué precisamente iniciado por BERNARD y colaborador en sus trabajos; publicó en las memorias de la Académie des Science un *Examen de la famille des renoncules* (1773, publicado en 1777) aplicando las ideas clasificatorias de BERNARD, y una *Exposition d'un nouvel ordre des plantes* (1774, publicado en 1778), y en el extenso volumen *Genera plantarum secundum ordines naturales dispositio* expone la teoría de su tío, con eventuales amplificaciones. No podríamos aquí examinar cuáles aportes se deben separadamente a los dos botánicos, ni tampoco analizar el sistema que se llamó del "Trianon". Anotemos solamente que las 100 familias que encontramos en el libro de ANTOINE-LAURENT DE JUSSIEU están distribuídas en 15 clases, que comprenden las acotiledóneas (clase I), monocotiledóneas (clases II-IV) y dicotiledóneas (clases V-XV), comprendiendo a su vez estas últimas a las apétalas, las monopétalas, las polipétalas y las "diclines irregulaires": las coníferas. Las familias están cuidadosamente descriptas y la gran mayoría de ellas son todavía aceptadas como escogidas adecuadamente. El

método de los DE JUSSIEU, en especial de BERNARD, puede decirse experimental. A parte de la gran división basada en los cotiledones, las otras se obtienen estudiando cuidadosamente las plantas y buscando el mayor número de afinidades que existan entre ellas, sin limitarse a examinar una o pocas particularidades u órganos.

Excepto intentos interesantes de JOSEPH GÄRTNER (1732-1791), otros esfuerzos tendientes a lograr un sistema natural de las plantas, antes que la teoría de la descendencia de DARWIN ofreciera un criterio excepcionalmente fecundo, se deben a los DE CANDOLLE, cuya actividad se extiende ampliamente por todo el siglo XIX. Podemos citar de esta familia ginebrina AUGUSTIN PYRAME DE CANDOLLE (1778-1841), su hijo ALPHONSE - LOUIS - PIERRE - PYRAME (1806-1893), conocido por sus estudios de geografía botánica y los de "geniología" en los que fué un precursor; el hijo de éste CASIMIR - PYRAME (1836-1918) y el nieto AUGUTIN (1868-1920). De estos sabios, el que tiene mayor importancia y que especialmente se ocupó en buscar un sistema natural de clasificación, fué el primero. Sus principios clasificatorios se encuentran expuestos por primera vez en *Principes élémentaires de botanique* (1813) y luego, ampliamente desarrollados, en los dos (únicos) volúmenes publicados de una más extensa obra, *Regni vegetabilis sistema naturale* (1821), y en los siete de una obra más compendiosa, *Prodromus systematis regni vegetabilis*, iniciada en 1824. No podemos, ni de modo extremadamente resumido, exponer los principios de su clasificación. Anotemos solamente que es mucho más "natural" y más basada en la estructura anatómica, que todas las anteriormente ideadas. Se puede, en parte, comparar con las establecidas aproximadamente en la misma época para los animales, por CUVIER y por LAMARCK.

65.—La embriología: discusiones entre evolucionistas (o preformis-

tas) y epigenetistas; y entre animalculistas y ovistas.

Ya en la antigüedad se habían planteado cuestiones como las siguientes: En la generación de los animales ¿cuál es la función del macho, cuál la de la hembra?; y en particular, ¿cuál es la función del semen masculino y cuál la del supuesto semen femenino o la de los ovarios? Y el ser que empieza a desarrollarse, ¿crece a partir de pequeñísimas partes ya bien distintas y caracterizadas, o lo hace mediante la formación sucesiva, el crecimiento y variación de los diferentes órganos? A estas cuestiones no se respondió únicamente con razonamientos filosóficos y arbitrarios, como ocurrió muchas veces, sino también mediante cuidadosas observaciones y experiencias. Ya el autor del escrito 'ippocratico *De la naturaleza del niño*, que quizás es AETLIOS (ver el N^o 5) en el capítulo 29 de su tratado se expresa así: "En una palabra, la constitución del niño, que he expuesto, la encontraréis toda, del principio al fin, tal como la he explicado en este tratado, si se realizan las investigaciones de las que ahora voy a hablar. En efecto, si se toman veinte o más huevos que se dan a incubar a dos o más gallinas; y, a partir del segundo día hasta el último, cada día se retira un huevo, se rompe y examina, se encontrará todo conforme a mi exposición, pues la naturaleza de un ave es de comparar con la del hombre. Las membranas parten del ombligo y cuantas otras cosas se han dicho del niño las encontraréis, del principio al fin, en el huevo del ave; y el que aún no ha hecho estas observaciones se asombrará de encontrar un ombligo en un huevo de ave. Las cosas son así, tal como las he dicho".

Este programa de estudio del desarrollo del huevo de gallina, ha sido después cumplido también por ARISTOTELES y, mucho más tarde, por ALDROVANDI, FABRIZI, VOLCHER COYTER (1534-1590?), ADRIAAN VAN DER SPIEGHEL (1578-1625), HARVEY, MALPIGHI y por muchos otros sabios que hemos recordado en números anteriores y que extendieron sus inves-

tigaciones a otros huevos y a numerosos animales vivíparos. ARISTOTELES va mucho más allá: En su extensa obra embriológica, *De la generación de los animales*, y en muchos otros escritos, trata de numerosas cuestiones de tal naturaleza, en particular asignando a la materia femenina el papel de proveer la sustancia del nuevo ser, mientras que asigna al espermatozoides masculino el de determinar su forma; además, en el segundo libro de su obra citada, expone claramente las dos teorías: la de la preexistencia o formación simultánea de todos los órganos del nuevo ser, es decir la teoría preformista, que él rechaza; y la otra de la formación sucesiva, o epigénesis, que él acepta. Esta cuestión y estas dos teorías, después de una larga pausa, debían renacer en el siglo XVII y especialmente en el XVIII, dando lugar a una de las más encarnizadas y extrañas luchas que conmovieron al mundo de los sabios. Biólogos renombrados y, además, de gran valor. llegaron así hasta a creer y sostener teorías tan absurdas como la de admitir que en el ovario de EVA, y en el de la primera madre de cada género de animales, existían ya desarrollados los gérmenes de todas las generaciones futuras, tanto de las que nacerán efectivamente hasta la extinción de la especie, como de las que lo habrían podido nacer potencialmente.

Los biólogos arriba mencionados se limitaron, sin embargo, en general, a observar el embrión en diversas fases de su desarrollo y a estudiar, desde el punto de vista anatómico, las partes genitales de los animales, particularmente de los mamíferos y, en especial, las del hombre: masculinas y femeninas, pero sin detenerse en establecer teorías, aunque en HARVEY se nota una marcada tendencia hacia la epigénesis. En este sentido merecen ser citado NIELS STEENSEN, del cual nos ocupamos ya en el N^o 46 y a quien debemos el descubrimiento del "ductus vitello-intestinalis" y la enunciación de la perfecta analogía entre los ovarios de los ovíparos y el de los vivíparos (recordemos que el "huevo" de los mamíferos era, entonces, un embrión ya en gran parte desarrolla-

do, pues el huevo verdadero no fué descubierto sino, con el auxilio del microscopio, a comienzós del siglo XIX). Un contemporáneo de STENO, el médico de Delft, REGNIER DE GRAAF (1641-1673) precisó y amplió las observaciones de STENO, descubriendo los folículos que llevan su nombre y estudiando cuidadosamente el mecanismo de la fecundación y los procesos fisiológicos concomitantes. Otro contemporáneo de ambos, el inglés WALTER NEEDHAM (1631-1691) hizo interesantes observaciones y en su *De formato foetus* (1667) expone sistemáticamente las características anatómicas y fisiológicas del desarrollo del embrión. No es cuestión, aquí, de hablar de los fundamentales descubrimientos de MARCELLO MALPIGHI, en el campo de la embriología; la obra de este sabio la hemos analizado en su conjunto en el N^o 50, dando también el título de algunos escritos suyos en ese campo. Diremos únicamente que puede afirmarse que con él empieza la fase moderna de la discusión entre preformistas y epigenetistas. Las descripciones de MALPIGHI y, más aún, sus maravillosos dibujos de la formación del pollo en el huevo, pueden considerarse como uno de los aportes más notables para poner en valor la teoría epigenética. Sin embargo, caso extraño, a él puede considerársele el primer preformista en sentido moderno. La embriogenia, él dice, no es comparable con la construcción artificial de una máquina, las piezas de la cual se van haciendo una tras otra y son gradualmente todas "agregadas". Por el contrario puede considerarse como un "desenvolvimiento" de lo que ya existía. MALPIGHI no llega, sin duda, a las exageraciones de los preformistas que le siguieron, pero no puede negarse su influencia directa en ese sentido.

Más aún contribuyó a la formación de la teoría preformista el descubrimiento que hizo VAN LEEUWENHOEK de los espermatozoos (ver N^o 51) que entonces se denominaron "animalcula". Los animalculistas creyeron ver en estos filamentos, consistentes en una (relativamente) gruesa cabeza y en una larga cola, un pequeño hombre o un pequeño animal, cuyos miembros, aunque de tamaño microscópico, estaban todos per-

fectamente formados. Al llegar al útero femenino, estos animálculos no tenían más que crecer en tamaño, alimentándose del aporte materno. Innumerables dibujos de la época, nos muestran claramente lo que los microscopistas creían ver. Y se llegó hasta a proclamar, que, de una manera análoga a lo ocurrido con EVA, el esperma de ADÁN contenía todos los animálculos pertenecientes a la totalidad de las generaciones venideras. Así, tanto para los animalculistas, como para los ovistas, las sucesivas generaciones no eran sino el desenvolvimiento de los animálculos o de los huevos “emboités”, unos en otros; de ahí el nombre de *evolucionistas* para los sostenedores de ambas teorías. Los ovistas, sin embargo, restablecieron la “superioridad” femenina, especialmente cuando se descubrió la partenogénesis, es decir la generación sin la participación del macho; con lo cual, se creía que esa “evolución” (este nombre parece haber sido introducido por HALLER, pero con un sentido que no tiene nada que ver con el uso moderno del vocablo) no podía proceder sino del sexo femenino.

Uno de los más encarnizados animalculistas fué NICOLÁS HARTSOEKER (1656-1725), un holandés, conocido también como matemático y físico. Muchas de las figuras de animálculos más características y conocidas provienen de él. También sigue esta tendencia el médico francés NICOLÁS ANDRY (1668-1731) a quien VALLISNERI apodó “homo vermiculosus”. Pero más partidarios obtuvo el ovismo. En su escrito de 1721: *Istoria della generazione dell' uomo e degli animali se sia de vermicelli spermatici o sia dalle uova*, ANTONIO VALLISNERI (ver N^o 47) combate a los animalculistas. Según el naturalista italiano, los animálculos no son “vermicelli” sino en apariencia, y no incluyen en si un pequeñísimo hombre, como sostienen algunos, cosa que VALLISNERI considera como un producto de la imaginación. Además la enorme cantidad de espermatozoos (utilizo anacrónicamente este término por comodidad) que parecen, hace imposible esa hipótesis que contradiría a la economía de la naturaleza. Por otra parte, agre-

ga, nadie vió un animáculo en la "cicatricula" del huevo de gallina fecundado; él los consideró, en gran parte, como parásitos que podían eventualmente ejercer una función útil, pero que nada tenían que hacer con la generación. A su vivaz polémica agregó interesantísimas observaciones que tienen gran importancia en la historia de la ciencia. No obstante su oposición a los animalculistas él es todavía un preformista, admitiendo el "emboitement" de los huevos, pero sin llegar a la afirmación categórica de NICOLÁS MALEBRANCHE (1638-1715) en su *Recherche de la vérité* (Livre I, Chap. VI), obra que tuvo una gran influencia en su época: "...On voit dans le germe de l'oignon d'une tulipe une tulipe entière. On voit aussi dans le germe d'un œuf frais, et qui n'a point été couvé, un poulet qui est peut-être entièrement formé. On voit des grenouilles dans les œufs des grenouilles, et on verra encore d'autres animaux dans leur germe, lorsqu'on aura assez d'adresse et d'expérience pour les découvrir... Nous devons donc penser outre cela que tous les corps des hommes et des animaux, qui naîtront jusqu'à la consommation des siècles, ont peut-être été produits dès la création du monde; je veux dire que les femelles des premiers animaux ont peut-être été créées avec tous ceux de même espèce qu'ils ont engendrés, et qui devaient s'engendrer dans la suite des temps."

También el amigo de VALLISNIERI, el francés LOUIS BOURGUET (1678-1742) es un ovista declarado; además, nos extraña mucho encontrar en esta compañía sabios descolantes como ALBRECHT VON HALLER (ver Nº 66), LAZZARO SPALLANZANI (ver Nº 70) y el naturalista filósofo CHARLES BONNET (1720-1793) de Genève, notable, como escribe CHARLES SINGER, entre los que estudian la naturaleza con ideas preconcebidas. BONNET hizo de la teoría de los *emboitements* un dogma irrefutable, fundamento de una creencia científico-religiosa.

Pero la epigénesis, teoría más fundada sobre hechos comprobados, después de haber casi desaparecido, surgió de nue-

vo durante el siglo XVIII, hasta desalojar completamente al antiguo "evolucionismo". Encontramos en este campo a sabios afamados como MAUPERTUIS (del cual hemos hablado en el N° 63), RENÉ-ANTOINE FERCHAULT DE RÉAUMUR (1683-1757) y GEORGES-LOUIS LECLERC DE BUFFON (1707-1788) (de los cuales hablaremos en el N° 68), JOHN TURBERVILLE NEEDHAM (1713-1781) (que mencionaremos nuevamente al tratar en el N° 70 de SPALLANZANI y de la polémica acerca de la generación espontánea). Sin embargo una mención especial merece GASPAR FRIEDRICH WOLFF (1733-1794) que puede considerarse como el auténtico fundador de la embriología moderna. Este sabio nació en Berlín y estudió en esta ciudad y en Halle donde en 1759 se doctoró en medicina con una tesis: *Theoria generationis*, que, más tarde, será muy afamada. De 1764 es una *Theorie von der Generation in zwei Abhandlungen erklärt und bewiesen* y de 1774 es una tercera obra de naturaleza análoga, publicada en Halle. Mientras tanto WOLFF había emigrado en 1767 a St. Petersburg, donde, por sugestión de EULER, había sido llamado por la gran EKATERINA, para incorporarse en la academia de las ciencias. En las "Actas" de ésa publicó varias memorias de las cuales son particularmente importantes *De formatione intestinorum praecipue, tum et de amnio spurio aliisque partibus embryonis gallinaei, nondum visis, observationes, in ovis incubatis institutae* (1768); *De ordine fibrarum musculorum cordis*, serie de trabajos publicados en varios años; y *Von der Eigentlichen und wesentlichen Kraft der vegetabilischen sowohl als auch der animalischen Substanz* (1789). Murió en la entonces capital de Rusia el 22 de febrero (calendario juliano) 1794. La obra de WOLFF quedó casi desconocida por mucho tiempo. Contribuyó a ello su estilo algo difícil y que contrasta con el más fácil de los sabios de la época (RÉAUMUR, BUFFON, los "Enciclopedistas") pero más aún el hecho de adelantarse él en mucho a la ciencia y a las concepciones de su tiempo. Puede decirse que hasta que JOH. FR. MECKEL (1761-1833), profesor de Halle, que gozaba de

gran popularidad, publicara en 1812 la traducción alemana de la memoria sobre la formación del intestino, C. F. WOLFF fué desconocido para la mayoría de los sabios.

WOLFF parte de las observaciones sobre las hojas, gérmenes, raíces, etc. de las plantas, a las que siguieron otras sobre las flores. Él muestra como éstas nacen de un tejido indiferenciado, en el que se forman al principio pequeñas rugosidades para dar lugar a las diferenciaciones finales que al principio no existían. Así puede desarrollar una teoría epigenética completa, que, extiende, siempre de manera rigurosamente experimental, a las partes del cuerpo de los animales y al desarrollo del embrión, iniciando esta parte con nuevas observaciones relacionadas con el clásico problema del huevo de gallina. El nombre de WOLFF está actualmente ligado al de algunos de sus descubrimientos: el "cuerpo de Wolff", que es cronológicamente el segundo sistema secretor o mesonefro, que se desarrolla en el embrión y desaparece luego por completo en todos los seres, con excepción de algunos peces y del Amphioxus, un "protochordatum" muy primitivo, algo de intermedio entre los peces y los "vermes"; los "conductos de Wolff" a través de los cuales se eliminan en el embrión las excreciones renales, y que en edad más avanzada sirven sólo de pasaje de los productos sexuales. Otras contribuciones importantes de WOLFF a la embriología se refieren a la formación y evolución del "amnión", en los "amniota", es decir: reptiles, aves y mamíferos; y el desarrollo del estómago y de los intestinos desde sus comienzos rudimentarios. No podemos detenernos más en este sabio tan notable, fundador de la teoría moderna del "desarrollo" (Entwicklungstheorie) y que fué combatido violentamente en sus concepciones por HALLER, mientras la mayoría de los sabios lo ignoraban. Con las investigaciones de WOLFF se relacionan estrechamente las de KARL ERNST VON BAER, del cual nos ocuparemos detenidamente en el N^o 91.

Con los últimos epigenetistas mencionados, la teoría del

preformismo o de la evolución va desapareciendo paulatinamente hasta no quedar nada de ella en los comienzos del siglo XIX.

66.—ALBRECHT VON HALLER y sus *Elementa Physiologiae* (1757-1766).

ALBRECHT VON HALLER, que hemos ya mencionado entre los más destacados discípulos de BOERHAAVE (Nº 60) es una figura preeminente de la ciencia, particularmente de la biología, del siglo XVIII, tanto como investigador original, como erudito e historiador, como expositor científico, cuanto como organizador práctico y como apreciado poeta.

HALLER nació en Bern, el 16 de octubre 1708. Enfermizo, pero de mentalidad muy precoz, ya a los 15 años pudo inscribirse en la Universidad de Tübingen, y no satisfecho con la enseñanza que allí se impartía, no obstante haber en 1725 presentado una interesante tesis médica, se dirigió a Leiden, en cuya universidad pudo hallar lo que buscaba, encontrando dos maestros sobresalientes en el anatómico BERNARD SIEGFRIED ALBINUS (1697-1770) y en el médico, químico y botánico BOERHAAVE. De este último no cabe ya hablar, en cuanto al primero, ya citado en el Nº 60, agregaremos que desde 1719 había obtenido el cargo de lector, para sustituir a su maestro RAU, y que en 1721, a los 24 años, fué nombrado “ordinario” de anatomía y cirujía en la universidad de Leiden, cátedra dejada vacante por la muerte de su padre BERNARD ALBINUS (su nombre originario era WEISS y más tarde WEISSENLOW (n. 1653)) profesor en aquella universidad. En dicha universidad ALBINUS, en diferentes cátedras, permaneció hasta su muerte, ocurrida el 9 de setiembre 1770. ALBINUS puede considerarse el “princeps” de los anatómicos de su época. Sin ocuparnos de sus restantes trabajos, anotaremos que cooperó con BOERHAAVE en la edición de la *Fábrica* de VÉSALE e hizo reimprimir las *Opera Omnia* de FABRIZI, así como la obra de BARTOLOMEO EUSTACHI con

magníficas láminas, completando los trabajos de este último con un *Libellus de ossibus corporis humanis* (1726) y una *Historia musculorum corporis humani* (1734). Además publicó *Tabulae sceleti et musculorum corporis humanis* (1743) y *Tabulae vasis chyli ferri cum vena aziga, arteriis intercostalibus, aliisque vicinibus partibus* (1757). Un complemento de estas *Tabulae*, especialmente para el sistema vascular, lo constituyen las *Icones anatomicae* (1743-1756) de HALLER. Las láminas de ALBINUS, muestran en sus dibujos una perfección hasta entonces inigualada y pueden utilizarse todavía en la actualidad.

Después de obtener la dignidad doctoral (1727), HALLER visitó London y Paris, estuvo luego en Basel, donde asistió a los cursos de matemática superior de JOHANN BERNOULLI, regresando en 1730 a su ciudad natal. Allí no consiguió lo que deseaba, así que con gran placer aceptó en 1736 el llamado de MÜNCHHAUSEN, el ministro hannoveriano del rey GEORGE II de Inglaterra, también elector de Hannover, que lo nombraba profesor de anatomía, cirugía y botánica en la universidad de Göttingen recién fundada. En Göttingen, HALLER se convirtió no sólo en el jefe de la facultad médica, sino de la universidad entera. Libre de tradiciones rutinarias, él, tomando a Leiden como modelo, pudo desarrollar esta escuela superior haciendo de ella rápidamente una de las primeras de Alemania, mérito que, puede decirse, se debe exclusiva o principalmente a él. Fundó además la Sociedad (Academia) científica de Göttingen, su órgano: los "Göttinger gelehrte Anzeigen", y también un jardín botánico, un anfiteatro anatómico y un instituto que, aun sin este nombre, puede decirse que es el primer instituto fisiológico fundado en Alemania. Todo esto sin dejar de trabajar intensamente en la búsqueda científica y en la actividad literaria. Muchas razones, entre ellas un fuerte "amor a su tierra", hicieron que HALLER, ya célebre en todo el mundo, también en el extracientífico, abandonara Göttingen en 1753 para regresar a Bern donde ocupó algunos modestos cargos oficiales, pero

continuando activamente su labor científica, en especial la literaria. Rechazó todos los halagadores ofrecimientos que le llegaron de Oxford, Berlín, Halle y de otras célebres universidades, hasta de Göttingen mismo, y murió en Bern el 12 de diciembre 1777.

Sus escritos son muchísimos y multiformes. No indicaremos los referentes a trabajos experimentales aunque muchos de ellos sean de suma importancia, para ocuparnos de algunas de sus obras generales. Notables entre éstas son: la *Bibliotheca botanica*, la *B. chirurgica*, la *B. anatomica*, cada una en dos grandes volúmenes y la *B. medicinae practicae*, en cuatro. Son verdaderas minas bibliográficas e históricas de donde todavía se puede extraer mucho material. Hemos ya mencionado sus láminas anatómicas. La *Enumeratio methodica stirpium Helvetiae indigenarum* (1742) es una valiosa obra botánica. Pero, entre todos, son sus escritos fisiológicos los que tienen mayor importancia. Ya en 1744, en Göttingen, había publicado sus *Primae lineae physiologiae*, que son, sin duda posible, el primer tratado general de fisiología y que hasta comienzos del siglo XIX fueron el texto de esta ciencia más comúnmente usado. Sin embargo su escrito más extenso y fundamental en esta materia, publicado desde 1757, cuando ya había abandonado Göttingen, hasta 1766, en ocho gruesos volúmenes, es *Elementa Physiologiae corporis humani*. “El año 1757” escribe Sir MICHAEL FOSTER, “puede en cierto modo marcarse con una letra roja en la historia de la fisiología, como señal de una época e índice de la línea divisoria entre la fisiología moderna y todo lo ocurrido antes”. Todas las partes de la fisiología están consideradas en esta obra, verdaderamente colosal, ya en su desarrollo histórico como en el estado en que se encontraba esa ciencia a mediados del siglo XVIII, mientras el autor agrega cuidadosas notas críticas y los resultados de sus numerosas experiencias.

De éstos los más originales se refieren a los temas siguientes: Desarrollo del embrión, donde, aparte de las especulaciones teóricas preformistas de las que hemos hablado en

el número anterior de este *Sumario*, obtuvo resultados experimentales, que según FOSTER (creo que con un poco de exageración), son quizá los más importantes entre los de MALPIGHI y los de VON BAER. Mecánica de la respiración y formación de los huesos. Digestión y función del jugo gástrico y de la bilis. Sin embargo la más interesante de sus doctrinas y que ejerció además una gran influencia en la ciencia posterior, es su teoría de la "irritabilidad". Ésta, según HALLER, es la propiedad de algunos órganos, en especial de los músculos, de responder con una contracción a un determinado estímulo, es decir a una acción mecánica, térmica, química, eléctrica, etc., que se ejerce sobre ellos. Pero la contracción de los músculos no es un simple reflejo mecánico, sino una propiedad específica de la sustancia muscular. Lo mismo debe decirse de la "sensibilidad", propiedad específica de los nervios que se manifiesta en la conducción de los estímulos al órgano central. Estas propiedades de los músculos y de los nervios son, en consecuencia, funciones vitales que no se pueden explicar ni física ni químicamente.

Agreguemos que el tan afamado naturalista italiano FELICE FONTANA (1720, Pomarolo cerca de Rovereto, - 1805, Firenze), fisiólogo eminente, fundador del Gabinetto di Storia Naturale di Firenze y creador de los célebres modelos de cera allí todavía existentes, fué amigo y corresponsal de HALLER y comprobó en todas sus partes la exactitud de la teoría halleriana de la irritabilidad.

HALLER fué un devoto protestante, inclinado al pietismo, ultraconservador; un espíritu completamente en sus antipodas es JEAN - JACQUES ROUSSEAU (1712-1778) quien en la misma época en la que HALLER vivía en Bern, se hallaba en la orilla opuesta del lago de Genève, en Ferney, donde, como HALLER, recibía los homenajes del mundo entero, o mejor, cada uno, de sus partidarios. Aún más opuesto a HALLER por sus opiniones es JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE (1709-1751), natural de Saint-Malo, ciudad en la que nació también MAUPERTUIS. Aquel notable sabio materialista, fué perseguido y

también materialmente amenazado por los sacerdotes de todos los sectores cristianos y también por todas las personas creyentes y devotas. Obligado a huir de Francia y de Holanda buscó finalmente refugio en Prusia, obteniendo auxilio y también íntima amistad por parte de FRIEDRICH II, el conocido rey amigo de MAUPERTIUS, de los enciclopedistas y, en su conjunto, de toda la literatura y espíritu franceses, así como de VOLTAIRE, hasta que surgió entre ambos una insalvable disidencia. En un prefacio burlesco DE LA METTRIE dedicó su *L'homme machine*, libro que hizo época, publicado sin nombre del autor en Leiden a fines de 1747 y que obtuvo de inmediato un éxito singular: "A Monsieur Haller, professeur de médecine a Göttingen". HALLER, en lugar de tomar en broma el curioso homenaje de DE LA METTRIE, se enfureció terriblemente aumentando con eso el efecto que DE LA METTRIE se proponía, y escribió cartas virulentas al *Journal des Savans*, que las publicó, y a MAUPERTIUS, entonces presidente de la Academia de Berlín.

Es interesante agregar que también DE LA METTRIE fué discípulo en Leiden de BOERHAAVE, desde 1733, y que publicó en francés muchas obras del maestro holandés.

67.—La creación de la anatomía patológica: El *De Sedibus* (1761) de GIOVAN BATTISTA MORGAGNI.

En 1761 un viejo profesor de Padova, que tenía ya ochenta años, dió a la luz un libro, *De sedibus et causis morborum per anatomen indagatis libri quinque*, bajo forma de varios centenares de cartas dirigidas a colegas y en las que, en el clásico orden "a capite ad calcem" se hacían cuidadosas historias clínicas de enfermos de diversas condiciones sociales (príncipes, prelados, profesores, obreros, prostitutas) y, con disecciones "post mortem" se investigaban las alteraciones que habían causado la enfermedad o que habían sido ocasionadas por ésta. No se trata de un tratado de anatomía pa-

tológica en el sentido actual del término, pero sí, de la obra que dió efectivamente nacimiento a esta ciencia y que, al mismo tiempo, hizo progresar extraordinariamente las posibilidades curativas de los médicos.

No es que MORGAGNI fuese el primero en hacer disecciones "post mortem" con el propósito de buscar las causas del fallecimiento, ni tampoco que él así lo estimara, pues modestamente se declara continuador de un tal BONET, del cual hablamos más adelante. Ya ERASISTRATOS, el colega más joven de EROPHILOS (fundadores cada uno de una de las dos célebres escuelas médicas de Alexandria) había encontrado órganos alterados en fallecidos por diversas enfermedades; así un hombre muerto por hidropesía tenía el hígado duro "como una piedra", otro, fallecido a causa de una mordedura de serpientes tenía reblandecidos el hígado, el intestino grueso y la vejiga. Es más bien en el Renacimiento donde con exactitud histórica puede encontrarse el verdadero precursor de MORGAGNI, en ANTONIO BENIVIENTI que en su obra *De abditis nonnullis ac mirandis morborum et sanationum causis*, en 111 capítulos casi todos referentes a necroscopias, busca explícitamente las causas de la enfermedad en las alteraciones anatómicas, examinando cadáveres que frecuentemente solicitaba a los parientes alegando esta precisa intención (agreguemos que por entonces la anatomía era aún muy primitiva y que, por eso, las probabilidades de éxito del sabio florentino, eran muy escasas). ANTONIO BENIVIENTI, que había nacido en la primera mitad del siglo XV, murió en 1502 y su obra, ya citada, fué publicada en 1507 por su conocido hermano GIROLAMO. Posteriormente no faltaron observaciones de anatomía anormal, pero se trataba generalmente de monstruosidades o de formaciones singulares, codiciadas por los coleccionistas (piedras, etc.) que estaban muy lejos de constituir aquellas delicadas alteraciones de los tejidos que ordinariamente acompañan a las enfermedades.

Un extraño "antecesor" de MORGAGNI, fué el médico ginebrino THÉOPHILE BONET (1620-1689). Este hombre, sin

profunda preparación científica, pero sí obstinado y diligente, más un coleccionista que un verdadero anatómico, quiso dar en un volumen de 1700 páginas, la descripción, a veces muy breve e incompleta, de aproximadamente tres mil formaciones anormales que él encontró en las necroscopias. Tenemos así, reunidos en el mayor desorden, una mezcla de observaciones exactas y de fábulas, en su *Sepulchretum anatomicum seu anatome practica ex cadaveribus morbo denatis proponens historiae et observationes, quae pathologiae genuinae tum nosologiae orthodoxae fundatrix dici meretur* (Geneve, 1679). No puede negarse que por el conocimiento que tenía de la obra de BONET, MORGAGNI, además de otras influencias de mayor valor, fuera inspirado en estas investigaciones y hasta se puede admitir que al principio tuviera la intención de enriquecer y completar esa obra; pero lo que logró, como veremos, tiene muy poco que ver con el *Sepulchretum* del autor ginebrino, excepto, quizás, el punto de partida: el examen anatómico del cuerpo del hombre enfermo que, como ya decía HARVEY, era mucho más provechoso para la ciencia que diez cuerpos de ahorcados.

Por la brevedad exigida por este *Sumario*, no citaremos los notables anatómicos de fines del siglo XVII y de la primera mitad del XVIII que reconocieron ocasionalmente alteraciones patológicas en los cadáveres, con excepción del maestro mismo del creador de la anatomía patológica: ANTONIO MARIA VALSALVA, nacido en Imola el 17 de noviembre 1656 y muerto en Bologna el 2 de febrero 1723. Fué un afectuoso discípulo de MALPIGHI, bajo el cual se doctoró en 1687, perteneciendo más tarde como profesor a la universidad petroniana desde 1697 hasta su muerte. El estudio de la oreja, en la cual por primera vez reconoció tres partes, le debe con su *De aure humana tractatus* los progresos más fundamentales de la época moderna. No menos importante para el desarrollo de la ciencia fué el hecho de haber formado un discípulo tan afectuoso y valioso como lo fué MORGAGNI, quien no sólo escribió la biografía del maestro y publicó sus

obras completas, sino que partió de las alteraciones patológicas que VALSALVA había observado en la oreja y en otros órganos, para realizar su obra famosa. Es característico que en el *De sedibus*, donde cuidadosamente se anotan las observaciones precedentes, las de VALSALVA ocupan siempre el primer lugar.

GIOVAN BATTISTA MORGAGNI nació en Forlì el 25 febrero 1682, estudiando en Bologna desde 1698 y laureándose en 1701; fué luego designado auxiliar de VALSALVA, quien tenía en gran estimación este discípulo suyo. La primera parte de su *Adversaria anatomica*, aparecida en 1707 (las cinco partes siguientes fueron publicadas hasta 1743) muestra ya al gran anatómico y que, después del período 1707-1711 que él pasó en su ciudad natal, le valió el nombramiento, en el Ateneo patavino, en la segunda cátedra de medicina (hasta entonces dictada por VALLISNIERI) y desde 1715 en la de anatomía que conservó hasta su muerte, acaecida el 5 de diciembre 1771.

La Universidad de Padova no estaba ya en su siglo de oro, cuando VÉSALE o GALILEO enseñaban anatomía o dinámica, y cuando todos los estudiantes, de vocación o por afición, acudían a las riberas del Bacchiglione para obtener una cultura superior; ahora era a Leiden o a otras universidades del norte de Europa donde se dirigían en masa. Pero con todo, si la universidad de Padova no era ya la primera, no dejaba de ser buena y renombrada, y la "Serenissima Repubblica Veneta" procuraba nombrar en ella hombres sobresalientes. Por ejemplo actuó en Padova desde 1700, después de haber residido muchos años en Modena, aquel BERNARDINO RAMAZZINI (Carpi, 5-IX-1633; Padova, 15-XI-1714) que con su *De morbis artificum Diatriba* (1703) creó el estudio de las enfermedades profesionales, y también en ella encontramos el afamado ANTONIO VALLISNIERI, frecuentemente mencionado ya por nosotros y el abad GIUSEPPE TOALDO (1719-1798 o 1797?), profesor de astronomía que hizo progresar notablemente la ciencia moderna de la meteorología. Pero MORGAGNI, por la fama universal que bien pronto ad-

quirió, como médico notable, como expositor de claridad poco común y de mentalidad vasta y profunda, superó a todos los demás y contribuyó a hacer de Padova, por algún tiempo, un centro de atracción internacional. Sin contar que casi al final de su carrera, con el *De sedibus* se convirtió en una autoridad cuyo prestigio y valor, cosa rara en la historia de la ciencia, jamás fueron disminuidos por nadie.

Además de VALSALVA, ya citado, otros anatómicos contribuyeron a aclarar algunas formaciones anormales: uno es GIOVAN BATTISTA BIANCHI de Rimini (1693-1775), mejor conocido con su nombre latinizado JANUS PLANCUS y muy estimado por MORGAGNI, que se ocupó del hígado, de los conductos lacrimales y de los órganos genitales, y que además en su ciudad natal hizo resurgir una especie de Accademia dei Lincei; el otro es el eminente veneciano GIOVAN DOMENICO SANTORINI (1681-1737), protomédico de su ciudad natal, con quien MORGAGNI tuvo numerosas entrevistas y cuya producción científica médica fué truncada por su muerte a edad relativamente temprana. Puede decirse que es este último, entre los contemporáneos, quien más se aproxima, aunque todavía muy lejos, al "Anatomicorum totius Europae princeps", como apodaron a MORGAGNI, aún viviente, o a "Sua Maestà Anatomica", como, no sin pizca de cierta envidiosa ironía, lo llamaban en Italia.

No obstante su gran actividad, MORGAGNI, ha escrito relativamente poco y la obra que debía darle fama imperecedera, que en pequeña parte es el resultado de esfuerzos ajenos, en especial de VALSALVA, y en su casi totalidad es obra propia y de los asistentes que trabajaban bajo su dirección, es el fruto de cincuenta años de labor clínica y anatómica ininterumpida. No concebido como un tratado escolar, como lo demuestra la forma epistolar del mismo, se convirtió por sí propio en el primer tratado de anatomía patológica, reconocido, admirado y muchas veces impreso. La anatomía patológica no podía nacer antes que el estudio de la anatomía del cuerpo humano estuviera bien desarrollado, no sólo, sino

que hasta que la fisiología hubiera alcanzado un nivel suficientemente elevado. La patología, en efecto, no es una ciencia estática, sino esencialmente dinámica y por eso su nacimiento bien aparece en la época de ALBRECHT VON HALLER.

El gran sabio forlívés estudia cuidadosamente los síntomas clínicos del enfermo, pero con esto no termina su tarea; al contrario, es recién después de la muerte que puede comprenderse con exactitud suficiente la enfermedad y adquirir conocimientos, no solo para la ciencia en sí, sino para la terapéutica futura. ¿Qué significa, se pregunta el eminente HENRY E. SIGERIST, el inmortal libro de MORGAGNI?: “las enfermedades tienen una sede. Esa sede son los órganos. Bajo la influencia de factores patógenos, en los órganos se producen alteraciones. Estas alteraciones no son casuales; ellas determinan las distintas enfermedades, les confieren su naturaleza y originan los síntomas de las mismas”. Haber afirmado esto, haberlo demostrado hasta el punto en que era macroscópicamente posible, haber creado una ciencia completamente nueva, en lugar de las escasas observaciones sueltas que antes se tenían o se creían tener, tal es la gloria del príncipe de todos los anatómicos europeos.

Anotemos de paso que en su libro MORGAGNI no trae figuras, a pesar de que entonces todos los tratados de anatomía abundaban en figuras. Este hecho, quizá precisa más la intención de su autor, que no quería escribir un tratado, ni hacer anatomía, sino patología.

68.—Dos naturalistas franceses sobresalientes: RENÉ-ANTOINE FERCHAULT DE RÉAUMUR y su *Histoire des insectes*; GEORGES-LOUIS LECLERC comte de BUFFON y su *Histoire naturelle*.

Aproximadamente desde la mitad del siglo XVIII hasta fines del mismo, el foco de la investigación y exposición científicas, así como, puede decirse, el de toda la vida social, se con-

centra en el fértil terreno de Francia. No es necesario detenernos mucho sobre el movimiento de los "enciclopedistas", quizá el más importante del siglo XVIII en el campo del pensamiento, así como la Revolución francesa y la Declaración de los derechos del hombre, ambos frutos directos del movimiento enciclopedista, lo fueron en el campo práctico y político. Había ya, en varias partes del mundo, enciclopedias, es decir diccionarios donde se encontraban explicaciones más o menos extensas, más o menos exactas, sobre el significado de las palabras o de los acontecimientos. Pero la *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, publicada en 28 volúmenes en París, desde 1751 hasta 1772, a los cuales se agregaron más tarde (1776-1780) otros 7 volúmenes de complementos e índices, no tiene nada que ver con todas las otras enciclopedias, anteriores o siguientes, por las dificultades exteriores que encontró (persecuciones de las autoridades y encarcelamientos, intento de confiscaciones, sabotajes del mismo impresor que, después de la revisión de DIDEROT, que debía ser definitiva, secretamente y de noche, suprimía los pasajes que le parecían peligrosos, etc.), y por su espíritu que es de una verdadera batalla declarada en favor de la libertad religiosa y de pensamiento, de la democracia, del progreso de las ciencias y en contra del absolutismo, del clericalismo y del militarismo. Su influencia en Europa entera fué enorme. Su director, DÉNIS DIDEROT (Langres, 5 octubre 1713 - París, 31 julio 1784) fué el alma del movimiento; sus colaboradores, algunos de los cuales, como D'ALEMBERT, no persistieron hasta el final, son los sabios y los personajes más importantes y esclarecidos de la época: D'ALEMBERT, ROUSSEAU, VOLTAIRE, D'HOLBACH, BUFFON, DAUBENTON, L. DE JANCOURT, TURGOT, MONTESQUIEU y MELCHIOR VON GRIMM (este último, alemán, vivió largo tiempo en París, vinculado con una gran amistad con DIDEROT). En este grupo no debe olvidarse el nombre de MARIE-JEAN-ANTOINE-NICOLAS CARITAT, marquis de CONDORCET (1743-1794), que intervino activamente en la revolución, fué un buen matemá-

tico (cálculo de las probabilidades), pero que debe su celebridad sobre todo a su *Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain* (escrito entre 1793 y 1794). Si en la *Encyclopédie* hay algunos artículos deficientes, otros son excelentes; pero su importancia, reside, sin embargo, en el conjunto que constituye un acontecimiento de primer orden en la historia del mundo.

* * *

Los dos sabios de los cuales vamos ahora a hablar son también característicos de esta época, la más gloriosa de Francia: investigadores profundos, son al mismo tiempo escritores claros y elegantes, a quienes todas las personas cultas podían leer y leer con provecho, aun sin ser especialistas, o los simples amateurs y damas de salón.

RENÉ-ANTOINE FERCHAULT DE RÉAUMUR nació en la Rochelle el 28 de febrero 1682. De familia muy adinerada, no debió preocuparse para ganarse la vida y dedicado totalmente al estudio, se dirigió, después de los veinte años, a Paris donde residía la mayor parte del tiempo, participando ampliamente en las reuniones de la Académie des Sciences, en la que llegó a ser uno de sus miembros más autorizados y activos. No desempeñó jamás cargo docente o de otra clase. La atención de RÉAUMUR se dirigió hacia los campos más variados. Encargado por la Académie para colaborar en una *Description générale des Arts*, que, no obstante, jamás apareció en esta forma, él no quiso resumir lo que se encontraba en la literatura existente, ocupándose, en cambio, de visitar directamente a todas las fábricas de producción, en las cuales se interesaba, y hasta a hacer ensayos y experiencias que muchas veces llegaron a descubrimientos técnicos importantes. Los más notables son los que él describe en sus *Traité sur l'art de convertir le fer en acier*, y *L'art d'adoucir le fer fondu* (ambos de 1722) que fueron de gran utilidad en Fran-

cia, procurando a RÉAUMUR, por parte del Duc d'Orleans, entonces regente, una pensión de 12.000 livres. Su atención y sus éxitos se refieren especialmente al así llamado, acero cementado y a la preparación de "tierras de cementación". Las "ligas" de hierro y carbón, en proporciones variadas, fueron objeto de su estudio, y, quizás por primera vez, en forma sistemática. Sin duda, aun en el caso de que algunos de sus procedimientos fueran conocidos, eran entonces secretos de fabricación y por lo tanto, desconocidos en Francia que, en esa época se encontraba, en este sentido, en una situación de gran inferioridad.

Otros estudios suyos se refieren a la seda de las arañas, a la fabricación de las anclas, a la incubación artificial de los huevos y a su conservación, a la fabricación de la porcelana y a la busca, en territorio francés, de tierras aptas para su preparación, a la hiladura del oro, a la ductilidad de los metales, a la preparación de perlas artificiales y la manera de estimular el cultivo de moluscos segregadores de perlas, y a la naturaleza de las turquesas (derivadas de dientes de mastodontes de épocas geológicas, lo que es exacto sólo para las llamadas turquesas occidentales).

El nombre de RÉAUMUR está estrechamente ligado al de una escala termométrica. No hay dudas que él contribuyó en gran medida a perfeccionar el termómetro y a establecer los dos puntos fijos del mismo, cosas necesarias para poder comparar los datos que se obtenían y que en el siglo XVII aún no eran posibles; pero parece que en este sentido fué precedido por OLAF RÖMER que, como hemos visto (Nº 56), en 1676 había reconocido que la luz emplea un tiempo finito en su propagación y había medido su velocidad. Como lo ha aclarado la señora KRISTINE MEYER, nacida BJERRUM, en 1702 el viejo profesor danés estaba ya en posesión de termómetros construídos por él, donde los dos puntos fijos eran el punto de fusión de la nieve (*nix sine gelu et calore*) y el de ebullición del agua; el volumen del tubo termométrico (posiblemente cilíndrico) era cuidadosamente controlado antes de

cerrar el bulbo, y, finalmente, la división entre los puntos fijos se hacía de manera que entre cada subdivisión pasara la misma cantidad de líquido, que era alcohol oportunamente coloreado. Los números que indicaban los puntos fijos eran $7\frac{1}{2}$ para el punto de congelación del agua y 60 ($52\frac{1}{2}$ sobre el anterior) para el de ebullición. La misma MEYER demuestra que el termómetro del danzigués GABRIEL DANIEL FAHRENHEIT (1686-1736) deriva directamente del de RÖMER y data precisamente del período entre 1702 y 1710, cuando FAHRENHEIT estuvo en Dinamarca poniéndose en contacto personal con RÖMER. A FAHRENHEIT compete el mérito de haber introducido como líquido indicador al mercurio.

RÉAUMUR, y así resulta de su comunicado de 1730 a la Académie des Sciences, perfeccionó mucho la preparación de los termómetros, su cuidadoso calibrado, y la precisión en la determinación de los puntos fijos. Es sabido que él escogió el punto de fusión del agua, como punto 0° ; el valor 80° para el otro punto fijo se debe a que tomando 1000 partes del líquido indicador a 0° , éste en el punto de ebullición del agua aumenta 80 partes. La graduación posterior de ANDERS CELSIUS (1701-1744) no es sino el termómetro anterior hecho centígrado. Este sabio, ante todo astrónomo, nacido en Uppsala, viajó mucho por Europa y durante mucho tiempo estuvo en el Observatorio de Bologna, dirigido entonces por el conocido EUSTACHIO MANFREDI. Estuvo, luego en Roma y más tarde en París acompañando a MAUPERTUIS en su expedición a Laponia (ver N^o 63), en la que fué uno de sus miembros más destacados. Son conocidas sus violentas discusiones con los CASSINI sobre la forma de la tierra. Nombrado en el nuevo Observatorio de Uppsala, murió de tisis galopante el 25 de abril 1744, a sólo 42 años de edad.

No obstante su fecunda y gran actividad en diferentes campos de la ciencia, la fama de RÉAUMUR está íntimamente ligada a sus observaciones y experimentos biológicos. En fisiología representaron una innovación importante sus experiencias sobre el proceso de la digestión y con el jugo gástrico.

Hablaremos de ellos en el N^o 70 pues SPALLANZINI, retomando el problema, lo desarrolló de manera mucho más amplia y definitiva hasta que el azar ofreció a WILLIAM BEAUMONT su "hombre cobayo" en quien una fístula permitía a voluntad sacar de su estómago los agentes y los productos de la digestión cuando y en la cantidad que se deseaba. Las experiencias de RÉAUMUR sobre el renacimiento de determinados miembros, antes mutilados, en cangrejos de río y de mar, lo confirmó en sus opiniones epigenetistas (ver N^o 65); por otra parte son interesantes sus observaciones sobre la locomoción en moluscos y otros invertebrados, sobre las sacudidas eléctricas ocasionadas por los torpedos y sobre la formación de las conchas de los moluscos y de las caparzones de los crustáceos. Pero su obra maestra es *Mémoires pour servir à l'Histoire des Insects*, obra que ha quedado incompleta y de la cual fueron publicados 6 gruesos volúmenes en cuarto, de 1734 a 1742, adornados con excelentes láminas. Parece que en sus últimos años la fecunda mente de RÉAUMUR estaba ya agotada, pues desde 1742 no publicó casi nada más.

Si el estilo de la *Histoire des insects* es claro y fascinador, no es éste uno de sus méritos mayores, pues en ella excede la agudeza en las observaciones y el enunciado de numerosos hechos hasta entonces desconocidos. Además, RÉAUMUR no limita su *historia* a los animales que en la clasificación oficial se denominan insectos, pues se ocupa también de "vermes", de anémonas marinas, de algunos moluscos y hasta de algunos reptiles y anfibios. "Un crocodile", dice él en alguna parte, (I. p. 68) "seroit un furieux insecte; je n'aurois pourtant aucune peine à lui donner ce nom." No nos podemos ocupar más ampliamente de este sobresaliente naturalista francés; agreguemos, para terminar, que a su escuela, considerado como zoólogo, pueden incluirse naturalistas como CARL DE GEER (1720-1778), ABRAHAM TREMBLEY (1700-1784), el ya citado CHARLES BONNET (1720-1793), PIERRE LYONNET (1707-1789) y AUGUST JOHANN RÖSEL VON ROSENHOF (1705-1759).

RÉAUMUR estaba hacia el fin de su carrera, cuando en 1733 BUFFON ingresó en la Académie des Sciences, en la clase de mecánica. No obstante no haberse ocupado hasta entonces de ciencias naturales, él aspiró a ser nombrado director del Jardin du roi (ahora, des plantes) que, fundado en 1626 por GUY DE LA BROUSSE, como simple jardín de plantas medicinales, había caído en el mayor abandono y que la Académie quería entonces hacer reflorecer. Así en 1739 él fué nombrado "intendant" de ese organismo, lo que fué sin duda una fortuna para el jardín y para la carrera científica de BUFFON.

GEORGES-LOUIS LECLERC, comte de HUFFON había nacido, el mismo año en que nació LINNÆUS, el 7 de setiembre 1707, en Montbard, en el Dijonnais. De familia noble y adinerada, igual que RÉAUMUR no tuvo que ganarse la vida; por el contrario, el Jardin du Roi y el Musée anexo, que no contaban con un presupuesto muy amplio, recibieron de BUFFON los donativos más valiosos. Sus honorarios de 12.000 livres anuales fueron totalmente empleados para el jardín y muchas colecciones costosas que el tesoro del rey no podía pagar fueron compradas con el peculio particular de BUFFON y hasta las verjas del jardín fueron construidas en las fundiciones de BUFFON, y colocadas a sus expensas. No menos liberal era este sabio en Montbard, donde residía la mitad del año, pasando el resto en Paris, y donde poseía amplios jardines, etc. Pero no quiso jamás reunir colecciones privadas y todo lo que recibía o compraba lo destinaba al Musée.

BUFFON, que se había ocupado de matemática y mecánica, instituyó interesantes experiencias para confirmar la posibilidad de los espejos ustorios de ARHIMEDES. Además tradujo al francés las *Fluxions* de NEWTON y la *Vegetable Statics* de HALES. Pero con su ingreso al Jardín du roi, empezó a ocuparse sistemáticamente de historia natural. Así ideó y completó en gran parte la más extensa *Histoire naturelle*, ricamente ilustrada, que hubiera sido concebida hasta entonces y que, por el magnífico estilo del autor, su claridad y hasta su interés popular, encontró innumerables lectores que llevaron la

fama de su autor hasta las nubes. Los sabios fueron más reservados: LINNAEUS no lo cita jamás, finge ignorarlo; RÉAUMUR instigó la publicación anónima de *Lettres à un Américain*, donde un tal Abbé DE LIGNAG trata a BUFFON con menosprecio; muchos repetían con D'ALEMBERT que BUFFON era "le grand phrasier, le roi des phrasiers". Si la admiración del gran público fué algo excesiva, los vituperios de los sabios contemporáneos que no veían en él un sistemático y observador profundo, son totalmente injustos. BUFFON no es solamente un gran vulgarizador que, con los colaboradores que mencionaremos y otros más, cumplió una obra sumamente útil, sino también merece admiración por su liberalidad y fomento de las ciencias y también porque se revela en varias ocasiones como un pensador original que se adelanta a su época.

La publicación de la *Histoire Naturelle* empezó en 1749, el último de los 44 volúmenes que comprenden el conjunto de esta obra, apareció en 1804 (tanto él como algunos de sus precedentes son naturalmente póstumos). BUFFON, para realizar su obra se valió de la ayuda y en gran parte del aporte original (aunque bajo su dirección) de otros sabios. Así para los 15 primeros volúmenes (1749-1767) que tratan de los cuadrúpedos y constituyen de por sí un conjunto separado, utilizó principalmente la obra de un joven doctor de Montbard, LOUIS DAUBENTON (1716-1799) (que llegó a ser un sabio afamado), que seccionó y describió para BUFFON, cerca de 200 mamíferos; fueron además sus colaboradores para esos volúmenes como para muchos de los siguientes GUÉNEAU DE MONTBÉLIARD (1720-1785) y la esposa de éste; el abad GABRIEL-LÉOPOLD-CHARLES-AIMÉ BEXON (1748-1784) cuya obra considerará en particular las aves y BARTHÉLEMY FAUJAS-SAINT-FOND (1741-1819) que se especializará en los minerales. Los 7 volúmenes siguientes (1774-1780) constituyen como un suplemento de la primera parte; el quinto de ellos es el afamado *Époques de la nature* (1779). Los 9 volúmenes siguientes (1770-1780) tratan de las aves, siendo para ellos BEXON su principal colaborador, y los cinco siguientes de los minerales

(1783-1788). Los últimos ocho volúmenes, póstumos, fueron redactados por BERNARD-GERMAIN-ÉTIENNE LACÉPÈDE (1756-1825) y tratan de los reptiles, peces y cetáceos.

La obra científica de BUFFON tuvo ciertamente una notable influencia sobre ERASMUS DARWIN, LAMARCK, GEOFFROY SAINT-HILAIRE, GÖTTE y CUVIER. Su posición lo sitúa casi como un precursor del nuevo evolucionismo y sus "époques de la nature" son ya una historia geológica evolucionista, cuya clave, son los fósiles; él se manifiesta contrario a la fe en la fijez de las especies que era el credo de LINNAEUS. En este sentido llama la atención sobre los órganos "inútiles" de muchos animales que para él representan residuos ancestrales. Mucho más podría decirse de BUFFON, si el espacio lo permitiera. Nos limitaremos sólo a dar una rápida idea de su trabajo más genial y de mayores consecuencias en el campo más estricto de los sabios: *Les époques de la nature*.

Aceptando la hipótesis, bastante difundida entre los sabios, de que la tierra estaba originariamente constituida por una masa incandescente y fluida, que se ha ido paulatinamente enfriando, BUFFON admite *siete épocas* en la historia de la tierra, y rompiendo definitivamente con los datos bíblicos, iniciando por el contrario experiencias directas sobre el enfriamiento de masas fundidas, se esfuerza por establecer la duración de cada época, en lo que si bien encontramos duraciones que nos parecen extremadamente pequeñas, reconocemos ya una genial tentativa de adoptar épocas más largas de las que entonces se concebían. En la primera época la masa fundida adquirió por su rotación, conforme a las leyes de HUYGENS y de NEWTON, su forma elisoidal, y con la lenta consolidación de esta masa, con la cual empezó la segunda época, debido al empujarse del volumen total, comenzaron a formarse las montañas y los valles. Estas dos épocas duraron en conjunto 35.000 años, y sólo hacia el término de la segunda el agua empezó a condensarse en forma líquida. Durante la tercera época, cuya duración estimó ser de 25.000 años, estas masas de agua, entonces caliente y de gran poder

disolvente, aumentaron constantemente por la condensación del vapor existente en la atmósfera, hasta llegar a la cumbre de las más altas montañas, y contribuyeron a la formación de grandes depósitos de arcilla y otros materiales sedimentarios. Cuando el océano se tornó menos caliente, comenzó a aparecer la vida marina, pero con seres de naturaleza extremadamente diferente de los actuales. En la cuarta época, de 10.000 años de duración, el agua absorbida fué tal que aparecieron vastos continentes, que luego se cubrieron de vegetación. Pero al mismo tiempo, por efecto de una electricidad subterránea, como él dice, se desarrolló una violenta actividad vulcánica, de la cual el vulcanismo actual no da sino una pálida idea. Así hubo también grandes movimientos en las rocas y en los estratos preexistentes. En la quinta época, más calma, y que, como la siguiente, duró 5000 años, en las regiones polares, entonces bastante, pero no excesivamente calientes, surgieron grandes animales terrestres, como elefantes, rinocerontes, hipopótamos, etc. mientras en la sexta encontramos la separación de los continentes. Los animales y las plantas emigran ahora hacia regiones más cerca del ecuador, éste todavía extremadamente caliente, mientras se aproximan cada vez más a las formas actuales. Al final de esta época, es decir al empezar la séptima, que dura ya desde 5000 años, aparece el hombre, que se convierte en el rey de la naturaleza. Pero su reino no va a durar indefinidamente, porque en 93.000 años más, la tierra estará tan enfriada que toda vida orgánica será imposible. Es inútil subrayar aquí el interés que presentan estas ideas de BUFFON, y la importancia que tuvieron para el desarrollo ulterior de la geología y, en modo más amplio, para todo el pensamiento humano .

69. — La matemática hacia la mitad del siglo XVIII y la obra de un sabio fecundo : LEONHARD EULER.

En números anteriores de este *Sumario* tuvimos frecuentemente ocasión de hablar del progreso de la matemática. Sin

mencionar a todos recordaremos cómo, hablando de FERMAT y de DESCARTES (Nº 44) hemos tratado de la invención y del desarrollo de la geometría analítica; hablando de BARROW, de NEWTON y de LEIBNIZ (Nº 55) hemos tratado de la invención del cálculo infinitesimal; hablando de HUYGENS (Nº 53) hemos podido decir algo, muy poco frente a la importancia de su obra, de las distintas curvas estudiadas por ese sabio; y, hablando de STEVIN (Nº 40) hemos dado cuenta de sus aportes a la ciencia matemática. La índole de este *Sumario* nos impide entrar en mayores detalles sobre estos temas, pero antes de considerar la prestigiosa figura de EULER, que, en cierto sentido, resume en su obra toda la matemática de la primera mitad del siglo XVIII, recordaremos todavía algunos otros progresos realizados por la matemática a partir del siglo XVI.

La gran cuestión del siglo XVI fué en Italia la resolución de las ecuaciones algebraicas de tercero y cuarto grado. Las primeras fueron resueltas para un caso especial ($x^3 + ax = b$) por SCIPIONE DEL FERRO (c.1465-1526), que no dejó nada escrito, pero comunicó su descubrimiento a uno de sus discípulos. Se anunciaron luego nuevos descubrimientos a los que siguieron discusiones entre NICCOLÒ TARTAGLIA (c.1506-1557), el conocido autor de *Nova scientia* (1537), *Quesiti et inventioni diverse* (1546), de obras sobre balística y otras cuestiones; GEROLAMO CARDANO (1501-1576) médico y matemático, escritor sobre todos los temas físicos y naturales, pero más una mente desarreglada y atrasada, que un representante del nuevo espíritu; LUDOVICO FERRARI (1522-c.1560), discípulo del anterior y a quien se debe la solución de la ecuación de cuarto grado; y otros. Las discusiones a veces degeneraron en luchas violentas, enviándose "Cartelli di pubblica disfida", realizándose discusiones en público, pero sin llegar con esto a resultados más satisfactorios. Contribuyó también a la resolución de estos problemas algebraicos el boloñés RAFAEL BOMBELLI (n. c.1530) a quien se debe una notable solución para el "caso irreducible" de la ecuación cúbica, que

hoy exige los números imaginarios. En definitiva, dejando de lado la forma áspera en que se realizaron las discusiones, a fines de siglo estaban dadas las soluciones generales de las ecuaciones de tercero y cuarto grado.

Las soluciones de estas ecuaciones implicaba el descubrimiento, o mejor la utilización e introducción de los números negativos e imaginarios, que sólo por expedientes erróneos y harto mezquinos eran considerados como soluciones imposibles e inexistentes. En este sentido, además de BOMBELLI, debemos citar ALBERT GIRARD (1595-1632), quien vivió la mayor parte de su vida en Holanda y publicó las obras de STEVIN, y que fué uno de los primeros en apreciar debidamente estas entidades en álgebra y (los números negativos) en geometría. Siguiendo la notación ya introducida por GÉRARD VIÈTE, mediante letras, determinó el significado de los coeficientes de las ecuaciones en función de las raíces de las mismas y proclamó, si no demostró efectivamente, (lo que ocurrió siglo y medio después) que el número de raíces de una ecuación algebraica es igual a su grado.

Otro descubrimiento que al principio representó un adelanto en los cálculos numéricos, pero que luego se mostró de importancia fundamental en toda la matemática, fué el de los logaritmos, inventados por JOHN NAPIER (1550-1617) mediante un singular recurso cinemático. Si se consideran dos móviles A y A' que parten al mismo tiempo: el primero sobre un segmento AB con un movimiento retardado de tal modo que la velocidad en un punto M es proporcional a distancia MB que falta recorrer en el segmento; y el segundo con un movimiento uniforme sobre una semirrecta de extrema A' , NAPIER llama al camino recorrido por el segundo móvil $A'M'$ logaritmo de MB .

El matemático escocés trabajó veinte años en este asunto completamente nuevo que, más tarde, por la colaboración de EDWARD WRIGHT (1560-1615) y de HENRY BRIGGS (1556-1630) llegó a constituir un auxiliar poderoso en el cálculo práctico.

Mencionemos apenas el nombre de GIRARD DESARGUES

(1593-1661), con el cual se vinculan concepciones de geometría proyectiva que sólo lograron su desarrollo en el siglo XIX, para ocuparnos únicamente de la familia matemática basileña de los BERNOULLI. Es éste uno de los casos más raros en el cual numerosos miembros de una misma descendencia demuestran todos, naturalmente en grado diferente, una misma disposición genial hacia una determinada disciplina científica. El más antiguo es JACOB (I) (1654-1705); le siguen su hermano JOHANN (I) (1667-1748); el hijo de éste DANIEL (I) (1700-1782); NIKOLAUS (I) (1687-1750), sobrino de JACOB (I) y JOHANN (I); NIKOLAUS (II) (1695-1726), hijo de JOHANN (I); JOHANN (II) (1710-1790), también hijo de JOHANN (I); JOHANN (III) (1744-1807), hijo de JOHANN (II); DANIEL (II) (1751-1834), también hijo de JOHANN (II); JACOB (II) (1759-1789) otro hijo del mismo; CHRISTOPH (1782-1863), hijo de DANIEL (II) y JOHANN GUSTAV (1811-1863) hijo de CHRISTOPH. Los tres primeros son los más importantes. El primero merece una atención especial por el desarrollo que dió al nuevo cálculo infinitesimal siguiendo la ruta abierta por LEIBNIZ y por la aplicación del cálculo a numerosas curvas y problemas. Del segundo ya hemos hablado en distintas ocasiones, en particular por la forma completa que dió al cálculo diferencial e integral, de los que dió los primeros tratados. El tercero se ocupó principalmente de problemas físico-matemáticos, debiéndose, en particular, a él las concepciones que inauguran la teoría cinética de los gases. DANIEL fué durante varios años (1725-1733) miembro de la Academia de St. Petersburg, pudiendo así recomendar a la casa imperial rusa el nombre de su conciudadano EULER que en 1727 llegaba a la capital rusa.

LEONHARD EULER nació en las inmediaciones de Basel el 15 de abril 1707. Discípulo predilecto de JOHANN (I) BERNOULLI, llegó, como dijimos, en 1727 a Rusia, pero habiendo muerto en esos días la emperatriz EKATARINA I y no preocupándose mayormente sus sucesores por la ciencia y por los sabios, tuvo que servir durante algunos años en la marina rusa,

lo que por otra parte contribuyó a convertirlo más tarde en una autoridad en cuestiones navales. Sólo en 1730 llegó a pertenecer a la Academia, en la sección de física, sucediendo a DANIEL BERNOULLI en 1733 en la sección matemática. En 1735 perdió el ojo derecho. En 1741, las insistencias de FRIEDRICH II de Prusia lo indujeron a dirigirse a Berlín, como director de la Clase de ciencias de la Academia de esa ciudad; no por eso, sin embargo, rompió sus relaciones con la magna organización científica rusa, conservando una pensión, en cambio de contribuciones para sus publicaciones oficiales. En Berlín permaneció 25 años, dando un gran impulso a la organización que dirigía; pero hacia 1765 la zarina EKATARINA II, que quería haer de su Academia una de las primeras del mundo, le ofreció condiciones tan favorables que obtuvo, aunque con dificultad, regresar en 1766 a St. Petersburg (además ya entonces FRIEDRICH II prefería los sabios franceses). En la capital rusa EULER dirigió con éxito la academia local, y continuó publicando centenares de memorias a pesar de que, a poco de su nueva estada en Rusia, una catarata en el ojo izquierdo lo privara casi totalmente de la vista. "Le 7 septembre 1783", escribe CONDORCET en su *Éloge d'Euler*, "après s'être amusé à calculer sur une ardoise les lois du mouvement ascensionnel des machines aérostatiques, dont la découverte récente occupait alors toute l'Europe, il dina avec M. LEXELL et sa famille, parla de la planète d'Herschell et des calculs qui en déterminent l'orbite; peu de temps après, il fit venir son petit fils, avec lequel il badinait en prenant quelques tasses de thé, lorsque tout à coup la pipe qu'il tenait à la main lui échappa, et il cessa de calculer et de vivre".

Su hijo JOHANN ALBRECHT EULER (1734-1800) fué también un buen matemático y físico.

LEONHARD EULER, además de ser un sabio eminente y un escritor fecundo (sus publicaciones, casi todas en latín o en francés, comprenden además de muchos gruesos volúmenes, más de mil memorias de las cuales, a su muerte, quedaron unas 200 inéditas), fué un matemático que se ocupó de casi todas

las ramas de la matemática de su tiempo así como de sus aplicaciones, y que además de sus memorias, escribió extensos tratados que, puede decirse, sirvieron de base a todos los compilados después. Así, estudiando las obras de EULER puede conocerse prácticamente el conjunto de la matemática de su época, sus aplicaciones así como el de otras disciplinas científicas. A su gran fecundidad debe agregarse, en EULER, su excepcional habilidad como calculador, en sentido aritmético como algorítmico, y una fina intuición; contraponiéndose a todo esto una cierta falta de espíritu crítico, que le hace aceptar, sin mayor análisis, conclusiones no justificadas lógicamente. Su manejo de las series, en lo cual era un maestro, es extremadamente libre y desvuelto, y aunque fué él uno de los primeros en establecer y reconocer la distinción entre series divergentes y convergentes y distinguir en éstas las absolutamente convergentes, en sus cálculos no le preocupan tales distinciones. Habla de derivadas e integrales sin advertir previamente si ellas verdaderamente existen. Tampoco retrocede frente a resultados que actualmente se consideran absurdos. Pero ha de observarse que tal era la costumbre de la época y que sólo, en el siglo XIX, un examen muy profundo y cuidadoso puso sobre nuevas bases los fundamentos de los conceptos infinitesimales. Todo esto, si pone en guardia al lector actual de las obras de EULER, no disminuye en nada el gran valor de la producción de éste.

Los tratados más importantes de EULER, ordenados cronológicamente, son los siguientes: *Mechanica sive motus scientia analytice exposita* (Vol. I, 1736; Vol. II, 1742) (anotemos que la obra más importante de DANIEL BERNOULLI, también sobre la mecánica: *Hydrodynamica*, es de 1738); *Methodus inveniendi líneas curvas maximè minimè proprietate gaudentes*, 1744; la mecánica: *Hydrodynamica*, es de 1738); *Methodus inveniendi in analysis infinitorum*, en dos partes, 1748; *Theoria motus lunae*, 1753; *Institutiones calculi differentialis*, 1755; *Institutiones calculi integralis*, 1768-1770; *Anleitung zur Algebra*, 1770, que en 1795 fué traducida y notablemente ampliada por

LAGRANGE; *Dioptrica*, 1771; *Theoria motuum lunae*, 1772. De un carácter particular son las *Lettres à une princesse d'Allemagne*: [la princesa PHILIPPINE VON SCHWENDT de Anhalt-Dessau] *sur divers sujets de physique et de philosophie*, enviadas a una antigua discípula suya y aparecidas en St. Petersburg en tres volúmenes, 1768-1772. Si en ellas la exposición es sumamente simple y adaptada a la mentalidad de la destinataria, no son menos de admirar los extensos conocimientos de EULER y su habilidad en explicar las cosas más complicadas.

Sería demasiado largo mencionar, además de todas las novedades por él introducidas en sus tratados, los adelantos más sobresalientes que EULER obtuvo en el campo de la matemática pura, de la mecánica, de la óptica y de la astronomía. A título de simple ensayo escogemos los siguientes: en mecánica aplicó por primera vez, y de un modo sistemático, el análisis y las ecuaciones diferenciales, estableciendo las ecuaciones generales del movimiento de un cuerpo libre y las de la hidrodinámica; en astronomía estudió el problema de las perturbaciones, explicando las variaciones seculares de la excentricidad, el desplazamiento de los polos terrestres y dando de la luna teorías mucho más desarrolladas que las anteriores; en matemática perfeccionó notablemente la notación literal y dió carta de ciudadanía a ciertas letras o signos convencionales como π y e , que con EULER entran en el uso común; su extraordinaria habilidad convierte las series en instrumentos ordinarios de la matemática, desarrollando en serie el número e y las funciones circulares, que empiezan a perder su apariencia (falsa) de ser segmentos de recta; se le deben varias consideraciones sobre la teoría de los números, en especial de los números primos; estudió el significado de ciertos factores de los coeficientes del desarrollo en serie de $\sec x$, más tarde llamados *números eulerianos*, de los cuales EULER calculó los 9 primeros (el último erróneamente), y que hoy son conocidos hasta el de orden 50: estos números se aplican en distintos campos de la matemática y gozan de propiedades singulares,

así como los llamados *números bernoullianos* (en honor de JACOB BERNOULLI que los introdujo en su póstuma *Ars calculandi*), que aparecen como factores de los coeficientes del desarrollo de varias series, por ejemplo en la de $\operatorname{tg} x$ y de los cuales BERNOULLI calculó solo 5, EULER hasta el 15º y actualmente se conoce el valor numérico de los primeros 90; discutió la cuestión de los logaritmos de los números negativos e imaginarios (es notable su discusión con JOHANN BERNOULLI al respecto), reconociendo que los logaritmos de un mismo número son infinitos, de los cuales uno y uno sólo es real cuando el número es positivo; logró métodos para integrar algunos tipos de ecuaciones diferenciales ordinarias y con derivadas parciales; abordó numerosas cuestiones topológicas (es clásico el problema de los puentes de Königsberg); consideró algunos puntos de aquél cálculo de las variaciones al que poco después LAGRANGE debía darle un desarrollo extraordinario; etc.

* *
*

Aunque merecería ser considerado con mayor amplitud, añadimos en este número algunas palabras sobre un contemporáneo de EULER y de un genio de tanto valor y tan universal como el de éste, aunque quizá más extenso. JOHANN HEINRICH LAMBERT nació el 26 de agosto 1728 en la ciudad de Mülhausen (Mulhouse) a pocos kilómetros de Basel y que entonces pertenecía a Suiza, muriendo tuberculoso el 25 de setiembre 1777 en Berlín. En 1764 se había establecido en esta ciudad, pudiendo así gozar de la amistad de EULER y de LAGRANGE. En matemática demostró rigurosamente que π es irracional, se ocupó de geometría descriptiva y de las funciones hiperbólicas, pudiéndosele considerar por esto tanto un precursor de MONGE como de las geometrías no euclideas, etc. Sus trabajos cartográficos y astronómicos son notables: el “teorema de Lambert” permite calcular un arco de la órbita de un cuerpo celeste conociendo la cuerda y la suma de los radios

vectores extremos; su *Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelskarten*, cuyo valor solo se reconoció 200 años más tarde, son clásicas; en meteorología la "fórmula de Lambert" sirve para determinar en un lugar los desplazamientos del aire por la influencia los vientos; en física se le considera fundador de la fotometría, de la pirometría y de la higrometría, en todo caso ha hecho progresar notablemente estas disciplinas. Fué también filósofo y hay quienes lo consideran como un precursor de KANT. Su *Neues Organon oder Gedanken über die Erforschung und Bezeichnung des Wahren* (1764), en el que aplica los métodos matemático y experimental en sus investigaciones epistemológicas, es considerado como una obra maestra en este sentido.

70.—Un naturalista italiano sobresaliente: LAZZARO SPALLANZANI. Sus *Viajes*; la generación espontánea y los "animalucci" de las infusiones; el fenómeno de la digestión.

Mientras la universidad patavina resplandecía nuevamente por la enseñanza y labor de GIOVAN BATTISTA MORGAGNI (véase N° 67), resurgía a nueva vida la antigua universidad ticinense. Esto se debe en gran parte a la voluntad de MARIA TERESA (reinó de 1740 a 1780) y de su hijo y sucesor JOSEPH II (reinó de 1780 a 1790) una de las figuras más características de aquel "despotisme éclairé" dominante en aquella época. No sólo fué llamado del extranjero el entonces célebre SIMON-ANDRÉ TISSOT (1728-1797), a quien en 1785 sucedió JOHANN PETER FRANK (1745-1821) que abandonó Pavia en 1795 convirtiéndose en una de las más brillantes joyas de la universidad vienesa, sino que la universidad lombarda acogió afamados italianos: el matemático GREGORIO FONTANA (1735-1802), hermano de FELICE ya mencionado (N° 67); el helenista, matemático y poeta LORENZO MASCHERONI (1750-1800), au-

tor del *Invito a Lesbia Cidonia*; el ginecólogo PIETRO MOSCATI (1739-1824); el químico LUIGI VALENTINO BRUGNATELLI (1761-1818) fundador de una familia de químicos que enseñaron en la misma universidad; y, primeros entre todos, el notable anatómico y cirujano ANTONIO SCARPA (1747-1832), aquel ALESSANDRO VOLTA, al cual deberemos dedicar dos números de este *Sumario*, y el abad LAZZARO SPALLANZANI, del cual pasamos a hablar a continuación.

Este gran naturalista nació en Scandiano (Reggio Emilia) el 12 de enero 1729. Enseñó al principio en su ciudad natal (1754) después en Modena (en su universidad desde 1760) y finalmente (1769) en la universidad de Pavia que no quiso jamás abandonar no obstante las lisonjeras invitaciones de Padova, St. Petersburg, Paris. Hizo, en cambio, numerosos y largos viajes de naturaleza científica por Suiza (1779); Piamonte y Savoia (1781); por la costa del Mediterráneo de Genova a Marseille (1781); por el Adriático (1782 y 1783); en este último año recorrió las costas del Mediterráneo de Genova a Livorno; por Constantinopla, Troya y otros lugares orientales (1785-1786); por el Reino de las Dos Sicilias (Vesuvio, Campi Flegrei, Etna, Stromboli, Islas Eolie, etc.) (1788); los Appennini modenese y reggiano (1790); y otros viajes menores, extrayendo de todas partes ejemplares mineralógicos y biológicos para el Museo di Storia Naturale de Pavia fundado por él y para sus colecciones particulares que tenía en Scandiano. Murió el 3 de febrero 1799, dejando, sí, muchas obras impresas, pero muchas más había proyectado y en parte escrito. Sus manuscritos y en particular sus anotaciones diarias, nos permiten conocer, además de sus obras publicadas en vida, cuan grande es el progreso por él realizado a favor de la ciencia. SPALLANZANI es un observador cuidadoso y sagaz, un experimentador excepcional y un expositor claro, quizás algo verboso. Lo que realizó y la influencia que ejerció en el desarrollo de la ciencia los indican como uno de los naturalistas más sobresalientes de los tiempos modernos. Sus estudios abarcan una extensión enorme de la así llamada, historia natural, pero

sólo nos limitaremos aquí a examinar lo que se encuentra en algunas de sus obras principales.

Sus *Viaggi alle Due Sicilie e in alcune parti dell' Appennino*, una de sus últimas obras (publicada por primera vez en Pavia, 1792, en seis tomos), recuerda por el título y por su naturaleza a la *Relazione di alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana*, de GIOVANNI TARGIONI-TOZZETTI (Firenze 11-X-1712; 1-I-1783), obra en varios volúmenes publicada en 1751 y nuevamente, con ampliaciones, en 1768-1779, y en la que se encuentra, también, un conjunto de interesantes noticias geológicas, botánicas, zoológicas, topográficas, etc. GIOVANNI TARGIONI-TOZZETTI es el fundador de una familia toscana de naturalistas de valor que, con varios de sus miembros, ha llegado hasta nuestros días. Hemos citado aquí especialmente al más antiguo de ellos, por una interesante obra de historia de la ciencia: *Notizie degli aggrandimenti delle scienze fisiche accaduti in Toscana nel corso di anni sessanta nel secolo XVII*, que abarca la historia de la época de GALILEO y de la Accademia del Cimento de la cual imprime de nuevo los *Saggi* (véase N^o 46). Y ya que hablamos de este género de viajes citemos como digno de mención entre los autores italianos a GIORGIO SANTI (1746-1822) con sus *Viaggio al Montamiata* (Pisa, 1795) y *Viaggio secondo per le due province senesi che forma il seguito del Viaggio al Montamiata*. Pero volvamos a los *Viaggi* del sabio al cual hemos dedicado este número de nuestro *Sumario*.

El propósito principal que persiguió SPALLANZANI al emprender su viaje a las dos Sicilias fué el de estudiar los fenómenos vulcánicos, la naturaleza y composición de sus productos gaseosos, líquidos y sólidos, y todo lo que con ellos se relaciona. En esa época, como veremos (Nos. 75 y 76) se debatían encarnizadamente entre los geólogos las teorías neptunista y plutónica. SPALLANZANI no discute directamente la cuestión, pero estudiando cuidadosamente los volcanes actualmente en actividad y los extinguidos, contribuye de una manera extremadamente provechosa — que en general los historiadores de

la geología no ponen suficientemente de relieve, estimando que SPALLANZANI es sobre todo un biólogo — al conocimiento físico e histórico de la configuración y naturaleza de la superficie terrestre. Pero los *Viaggi* no comprenden sólo esto; también son examinadas ahí las emanaciones gaseosas que se presentan en algunas partes de la tierra (los “fuochi di Barigazzo”) que las atribuye al desprendimiento del “hidrógeno” (SPALLANZANI había de inmediato adoptado los descubrimientos y teorías de la nueva escuela química, de las que nos ocuparemos en los Nos. 71, 72, 73 y 74), y hecho observaciones que por el mismo tiempo y en otros lugares (Pietramala, Velleia) hacía ALESSANDRO VOLTA), así como las “salse”, lugares donde la tierra, con fenómenos distintos a los volcánicos, vomita barro y gases. También se encuentra en dichos *Viaggi* muchas observaciones botánicas y zoológicas, por ejemplo hay interesantes estudios sobre las golondrinas, sobre el pez espada, sobre las medusas, sobre las anguilas, de las cuales trata inútilmente de reconocer su modo de propagación (el descubrimiento de este modo es de fines del siglo XIX) etc., etc. Agreguemos que los estudios de SPALLANZANI no se limitan a las observaciones realizadas en los viajes, sino que agregan los experimentos que después realizaba en su laboratorio pavese; notables entre éstos son los de índole química sobre los minerales y las rocas. Justamente considera ICILIO GUARESCHI al abad de Scandiano como uno de los químicos italianos de la segunda mitad del siglo XVIII. Otras relaciones de viajes de SPALLANZANI se encuentran en *Lettere sopra le coste dell'Adriatico*, 1789; *Lettere da Pera di Costantinopoli*, 1825; y *Viaggio in Oriente*, 1888; *Viaggio alla Svizzera*, tomado de sus cartas, 1844; etc., todas impresas ahora en una reciente edición. No hablaremos de otros descubrimientos zoológicos suyos, muchos de gran importancia, limitándonos a recordar los que tratan de las esponjas, a las que, justamente, después de un período de incertidumbre, reconoce como animales.

Ya dijimos (Nº 47) como siguiendo a REDI y preludiando a PASTEUR, el abad SPALLANZANI fué uno de los destructores

más poderosos de la creencia en la generación espontánea. Debe entenderse, de la generación espontánea relativa, pues la generación espontánea absoluta, es decir la que se vincula con el problema del origen mismo de la vida, es un problema “filosófico” que el estudio sobre los animales (o plantas) actualmente vivientes no logra resolver. Hacemos esta observación porque muchos creen, o parecen creer que REDI, SPALLANZANI y PASTEUR hayan tratado de destruir el principio de la generación espontánea absoluta. El presbítero JOHN TURBERVILLE NEEDHAM (ya citado en el N° 65), apoyándose en la alta autoridad de BUFFON y en las “moléculas orgánicas” de éste, había repetido las observaciones de REDI sobre la generación de los insectos, y creído poder rechazar las conclusiones del genial experimentador toscano, en especial para los “animalucci delle infusioni”, es decir para aquellos animales microscópicos o casi, que se desarrollan en líquidos en fermentación o putrefacción. SPALLANZANI quiso comprobar la veracidad o falsedad de las opiniones de NEEDHAM y con una serie interminable de experiencias, que en gran parte serán las que renovará PASTEUR (este gran sabio decía que SPALLANZANI había sido el mayor experimentador que había existido) probó luminosamente la inexistencia de la generación espontánea en estos seres vivientes, que abarcan a todos los que entonces se conocían de ese tipo. Las experiencias de SPALLANZANI se encuentran en varios de sus trabajos. En primer lugar en su *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei signori di Needham e Buffon*, publicado en 1765; después en su escrito, el más amplio sobre este tema, *Osservazioni e sperienze intorno agli animalucci delle infusioni*, 1767 (traducido en 1777 al francés por el ginebrino JEAN SENEBIER, 1742-1809, que tradujo también muchas obras de SPALLANZANI), donde combate también las objeciones planteadas por NEEDHAM; por fin en otros lugares de sus *Opuscoli di fisica animale e vegetabile*, de los cuales el último trabajo citado constituía el primer “opúscolo”. No podemos entrar aquí en el detalle de todas las precauciones adoptadas por

SPALLANZANI para evitar que el aire u otros vehículos trajeran a la "infusión" examinada gérmenes extraños. Diremos únicamente que él resolvió definitivamente el problema que sólo resurgió cuando se conocieron seres vivientes de una pequeñez aún mayor. Fué entonces cuando PASTEUR, siguiendo el camino de SPALLANZANI, destruyó de nuevo cualquier creencia de generación espontánea, dentro de los límites ya indicados.

También en fisiología SPALLANZANI alcanzó resultados de un valor extraordinario. Se ocupó de la circulación de la sangre, estudiándola en el hombre y en los animales, también inferiores o en estado fetal, llegando a importantes resultados. Hizo valiosas experiencias sobre el fenómeno de la respiración, estudiándolo, en animales terrestres y acuáticos. En lo que concierne a este fenómeno en general, los resultados obtenidos por LAVOISIER son fundamentales y, en su mayor parte, nuevos. Pero SPALLANZANI va más allá de LAVOISIER, demostrando que la combustión del carbón y del hidrógeno, la formación de ácido carbónico y agua, no tiene lugar en el pulmón, sino en toda la circulación sanguínea; y pudo comprobar que animales (caracoles) puestos en una atmósfera de nitrógeno y de hidrógeno, continúan durante un determinado tiempo a emitir ácido carbónico, lo que prueba que la combustión no se realiza en el pulmón entre una inspiración y la espiración siguiente.

Sin embargo, no obstante la importancia de las cuestiones señaladas hablaremos aquí sólo de sus estudios sobre la digestión, mencionando también lo que, al respecto, hizo antes de él el ya citado RÉAUMUR (Nº 60).

Ya desde el siglo XVII se había discutido mucho sobre la naturaleza del fenómeno de la digestión. Los iatromecánicos, que sólo querían introducir explicaciones mecánicas, en particular G. A. BORELLI, consideraban de la máxima importancia a la trituración de los alimentos; por el contrario los iatroquímicos, de los cuales el ya citado VAN HELMONT es uno de los más antiguos mientras SYVIUS (=FRANZ DE LA BOË, 1614-1672) es uno de sus más destacados sucesores, sostenían que se tra-

taba de una alteración de la materia ingerida, considerándola generalmente como una "putrefacción". Sin embargo no puede decirse que, aparte raras excepciones, las dos teorías opuestas fueran adecuadamente comprobadas y fué RÉAUMUR el que llevó el problema a su fase verdaderamente experimental. Su memoria *Sur la digestion des oiseaux* apareció en 1752; más tarde él extendió sus investigaciones a la digestión en otros animales. Poseyendo un gavilán, aprovechó la particularidad de este ave de vomitar objetos no digeribles, para introducir en su estómago pequeños tubos metálicos en los que introducía alimentos variados, examinando las variaciones que éstos habían sufrido después de una estada en el cuerpo del animal. Introdujo también en los tubos trozos de esponja con lo que pudo obtener algunas gotas de jugo gástrico como para poder hacer experimentos *in vitro*. Con otros animales (perros, etc.) el resultado lo observaba matando al animal después de haber estado los tubos bastante tiempo en su estómago.

Estas experiencias, aunque citadas por HALLER en sus *Elementa*, fueron pronto olvidadas o, por lo menos, no repetidas, hasta que SPALLANZANI las retomó en una medida más amplia y con una visión más completa. Su primera memoria sobre este tema es de 1777, apareciendo muchas otras los años siguientes. SPALLANZANI experimentó sobre varios animales y también sobre sí mismo, forzándose a vomitar en ayunas, pero esta última práctica era tan desagradable que, nos dice, no continuó utilizándola para obtener jugo gástrico. Muchas experiencias hizo *in vitro*, estudiando las alteraciones que sufrían los alimentos. Así comprobó que la trituración constituye sólo la preparación para la disolución de los alimentos y que no es parte del verdadero proceso digestivo. Excluyó además que se tratara de un proceso de "putrefacción"; al contrario, el jugo gástrico es eminentemente antipútrido. Estudió la cuestión de saber si este jugo, de poder tan fuertemente disolvente, contenía un ácido; pero en este sentido no logró resultados seguros, inclinándose a suponer que la acidez era un fenómeno patológico. Este hecho fué quizás el que impidió al sabio

abad el obtener resultados de mayor importancia y similares a los de la época moderna. En verdad, se reconoció más tarde que la digestión no se cumple únicamente en el estómago, y que muchos otros jugos entran en el proceso de la asimilación de los alimentos.

Quizá convenga recordar que contemporáneamente a SPALLANZANI, también el celebrado cirujano inglés JOHN HUNTER (1728-1793) se había ocupado de la digestión. Este hecho dió lugar a venenosos ataques de HUNTER contra SPALLANZANI y a una digna respuesta por parte del sabio de Scandiano. Sin embargo los resultados experimentales no eran muy diferentes, pero JOHN HUNTER era un adepto del vitalismo de G. E. STAHL, para quien la alteración del alimento en el estómago era el principio de la "animalización" de la materia inerte. SPALLANZANI era, en cambio, completamente ajeno a cualquier vitalismo, lo que puede explicar el ataque de HUNTER.

Para terminar recordemos que SPALLANZANI mantuvo una cordial correspondencia con VOLTAIRE, hecho que escandalizó a muchos de sus biógrafos, que no comprendían como un abad podía estar en relación amistosa con un hereje como el "patriarca de Ferney".

71.— El período "pneumático" de la química y el estudio de los gases. JOSEPH BLACK: el "aire fijo"; el calor específico y el calor latente.

El período de la química que se inicia con ROBERT BOYLE y concluye con ANTOINE-LAURENT LAVOISIER, se caracteriza especialmente por el estudio de los gases; por esto en mi subdivisión de la química en distintos períodos, he clasificado a éste como "período neumático". Sin embargo, tres son los problemas principales que caracterizan a este período. Uno se refiere a las consecuencias del concepto boyliano (ver N^o 49) de elemento y de su definición hasta su resolución en la tabla de elementos de LAVOISIER; el otro a la cuestión de la calcina-

ción de los metales, a la combustión y a la respiración, cuestiones a las que ya hemos aludido en el N^o 52 hablando de JEAN REY y de JOHN MAYOW; el último es precisamente el estudio de los gases, que con STEPHEN HALES (véase N^o 61) había llegado a un grado de perfección en la manualidad práctica de laboratorio. El desarrollo de los tres problemas y su íntima interdependencia, condujo a los resultados obtenidos por LAVOISIER, que puede considerarse el hombre genial que cierra triunfalmente un período de dos siglos de fecundo trabajo.

No repetiremos lo que dijimos al tratar de REY y de MAYOW, pero, sí, observaremos como la cuestión de la calcinación y de la combustión encontró una solución (provisoria y, además, inadecuada) por obra del conocido vitalista GEORG ERNST STAHL (1660-1742). Adoptando las opiniones (en verdad escolásticas y medievales) de su maestro JOHANN JOACHIM BECHER (1635-1682) sobre los tres principios: *terra pinguis*, *t. mercurialis* y *t. lapidia*, él identificó *terra pinguis* con el principio de la combustión (*flogisto*), afirmando que los metales están constituídos por una tierra (la cal del metal) y el flogisto, sustancia, ésta, que se separa por la calcinación. De este modo, naturalmente con muchos otros detalles, fundó una doctrina que se perpetuó durante más de un siglo y que constituyó el mayor obstáculo que tuvo que vencer LAVOISIER para establecer su nueva teoría. El punto más débil de la construcción edificada por STAHL, es el de no dar cuenta de las relaciones ponderales, de ahí que fuera necesario más adelante atribuir al flogisto, a fin de impedir el derrumbamiento de toda la teoría, un peso negativo, lo que resultó absurdo. Cuando se descubrió el hidrógeno, algunos, confundiendo peso absoluto con peso específico, quisieron identificar el flogisto con el hidrógeno, pero bien pronto se vió que tal opinión no podía mantenerse. Además, como hizo ver claramente LAVOISIER, este flogisto gozaba en la mente de sus sostenedores de propiedades contradictorias, como la de poder pasar en algunos casos a través del vidrio, y en otros de tener la imposibilidad de atra-

vesarlo, etc. etc. Por último otra dificultad consistió en que no fué posible lograr jamás la manera de obtenerlo prácticamente, quedando siempre como una sustancia imaginaria y no una real.

En lo que se refiere al estudio de los cuerpos aeriformes, VAN HELMONT había reconocido la existencia de un *gas* (este nombre fué forjado por él) diferente del aire: el *gas silvestre*. Pero la cosa había quedado casi olvidada. Dijimos que MAYOW obtuvo ciertamente el *spiritus nitro-aëreus* (nuestro oxígeno) pero sin poderlo aislar y observar directamente. Sólo más tarde una serie de químicos ingleses, aprovechando los recursos manuales que les había proporcionado HALES, y de otros progresos técnicos, pudo obtener y estudiar una cantidad notable de gases nuevos e importantes; esos sabios son JOSEPH BLACK, HENRY CAVENDISH y JOSEPH PRIESTLEY. En este número hablaremos del primero de ellos a quien debemos también fundamentales estudios para la teoría del calor.

JOSEPH BLACK nació el 16 de abril 1728 en Bordeaux, de una familia escoto-irlandesa; su padre ejercía en esa ciudad el comercio de vinos. La educación del joven JOSEPH se realizó en Irlanda (Belfast) y luego en Escocia. En Glasgow, donde el conocido WILLIAM CULLEN (1710-1790) fué su maestro, se doctoró en 1754 con la tesis *De humore acido a cibis orto, et magnesia alba*, que en el año siguiente publicó con numerosas adiciones y que constituye el célebre y clásico tratado *Experiments upon magnesia, quicklime and some other alkaline substances*, uno de los más fundamentales de la nueva química. En 1756 sucedió a CULLEN como profesor de química en Glasgow y en 1766 ocupó en Edinburgh la cátedra de química, también dejada vacante por el mismo CULLEN. El 10 de noviembre 1799, como escribe su biógrafo, amigo, sucesor en el Glasgow College y editor de sus cursos (1803) JOHN ROBISON (1739-1805) y repite Sir WILLIAM RAMSAY en su *The life and letters of Joseph Black*, (o quizás mejor el 6 de diciembre de ese año), fué encontrado muerto, frente a su mesa y en la mano una taza llena de leche.

Excepto la memoria ya citada, BLACK no escribió casi nada, pero su influencia sobre los discípulos fué enorme y el adelanto que provocó en la química y en la física, no sólo por sus resultados sino también por sus conocimientos prácticos, es de primer orden. En la química él inicia aquel uso sistemático de la balanza, que generalmente se atribuye a LAVOISIER y utiliza, sin enunciarlo explícitamente, el principio de la conservación de la materia (sería mejor decir “persistencia de la masa”) que guiará también toda la obra del citado LAVOISIER. Por otra parte no debe olvidarse que el primero que enunció explícitamente este principio, fué el ruso MICHAEL VASSILEVIC LOMONOSSOV (1711-1765), notable sabio del cual lamentamos no podernos ocupar más ampliamente.

La memoria citada, sobre magnesia, cal y algunas otras sustancias, alcalinas, se originó de un problema médico, y precisamente, de la manera, entonces en uso, de eliminar mediante sustancias alcalinas “cálculos” de la vejiga humana. Pero los resultados de BLACK van mucho más allá de los límites de este problema. Él examina cuidadosamente cómo la acción de los álcalis cáusticos, como decimos ahora, puede “vivificar” a los carbonatos alcalino-terrosos; también mostró que se puede, por acción del fuego, obtener las “cales” vivas, partiendo de dichos carbonatos, cosa que ya se sabía, pero agrega la observación que al mismo tiempo se produce una enorme cantidad de gas, y que no es aire común, sino un “aire fijo”, como él lo llamó (nuestro anhídrido carbónico); además reconoce que este gas es un constituyente de aquellos carbonatos (este nombre es más reciente) y tiene una función semejante a la de un ácido, por ejemplo a la del ácido muriático o a la del ácido sulfúrico. Mientras estos ácidos, él anota, por su acción sobre los carbonatos originan el desprendimiento de aire fijo, que se produce con gran efervescencia, ésta no existe si esos ácidos actúan sobre sustancias alcalinas o alcalino-terrosas (recordemos que estos nombres con el significado actual son más recientes) que se han vuelto cáusticas por acción del

fuego. Todas estas experiencias están acompañadas por medidas de peso, y el gas obtenido es recogido y cuidadosamente examinado. Agreguemos que si bien la obtención de cal viva remonta a las épocas prehistóricas, en la ciencia química no se había anotado, hasta entonces, que un gas, en tan gran cantidad podía estar "comprimido e incluido" en una sustancia sólida. Este trabajo de BLACK es de suma importancia y puede leerse aún con provecho. Para no volver más sobre las investigaciones químicas de este sabio escocés, señalamos que él fué uno de los pocos químicos, de fama e influyentes, de la época, que adoptó de inmediato la teoría antiflogística de LAVOISIER con su terminología y sus notables consecuencias. El hecho es tanto más notable cuanto LAVOISIER, injustamente, había atacado los resultados de BLACK sobre el anhídrido carbónico (aire fijo), había siempre olvidado de citarlo, cuando el químico escocés había hecho descubrimientos o experiencias que el químico francés quería hacer considerar como suyas, y las relaciones entre los dos habían quedado algo tirantes.

Además de la famosa memoria que hemos citado, BLACK, cuya salud era muy precaria, no publicó casi nada más. En cambio sus cursos, excelentes en su conjunto, contenían la exposición de muchos de sus descubrimientos (son conocidos los apuntes de sus cursos tomados por varios de sus discípulos y corregidos y completados por el mismo BLACK); dejó además numerosas anotaciones sobre sus experiencias, lo que permitió a su amigo JOHN ROBISON, ya mencionado, en 1803 publicar las *Lectures on the Elements of Chemistry*, en dos volúmenes en las que se encuentra el texto (algo modificado) de BLACK, con algunas notas del propio ROBISON. Es principalmente en esta publicación donde puede apreciarse el valioso aporte de BLACK a la ciencia, en particular, la historia de sus grandes descubrimientos sobre el "calórico" (=materia del calor).

Al mezclarse dos cuerpos a temperaturas distintas, se había observado, desde hacía siglos, que después de un cierto tiempo, los dos cuerpos tomaban una misma temperatura, intermedia entre las dos primeras. Pero ¿cuál era esta tempe-

ratura? Con más (aparente) precisión: ¿Cómo se distribuía el calórico entre los dos cuerpos? ¿Según su volumen? ¿según su densidad? ¿o inversamente a ésta?. La cosa era más simple si se mezclaban líquidos de la misma naturaleza, pero a temperaturas distintas. Así GEORG WILHELM RICHMANN (1710-1753) había llegado a la fórmula $\theta = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$ donde θ es la temperatura de la mezcla y m_1 , m_2 , t_1 , t_2 , respectivamente las masas y las temperaturas de los dos líquidos que se mezclaban. Esta fórmula podía extenderse a un número mayor de líquidos mezclados, pero bien entendido, siempre de la misma calidad. Este resultado condujo rápidamente a la suposición que el calor consistía en una materia, el calórico, que se unía a los cuerpos. Anotemos, de paso, que se intentó varias veces medir el peso (específico) de este calórico, hasta que las experiencias cuidadosas del conde de RUMFORD (= Sir BENJAMIN THOMPSON) (1735-1814) condujeron al resultado que él no tenía peso, mientras experiencias posteriores del mismo sabio condujeron de nuevo a la hipótesis que el calor residía en un movimiento (de las moléculas).

Las primeras experiencias de BLACK, para resolver el problema en el caso que se tratara de cuerpos de naturaleza distinta, son anteriores en muchos años al 1761, año en el cual se encuentra expresado su propósito de comparar el tiempo necesario para elevar una libra de agua de un grado, con el necesario para fundir una libra de hielo, sin que en este último caso la temperatura sufriera variación. Del 23 de abril 1762 es una conferencia suya sobre el calor "latente" de fusión del hielo. Parece que fué hacia 1770 que el conjunto de sus trabajos sobre este tema alcanzó su término. Sin entrar en mayores particularidades de hechos o de fechas, anotemos que fué BLACK el que determinó claramente la "capacidad" de los cuerpos para recibir calor, es decir la cantidad (relativa) de calor necesaria para elevar de un grado la temperatura de un cuerpo cualquiera (calor específico), y descubrió y, en muchos casos, midió, el calor necesario para pasar del estado

sólido de un cuerpo al líquido, o viceversa, y aquel para pasar del estado líquido de un cuerpo al aeriforme, o viceversa, calor que él denominó "latente", término empleado todavía. Fue él quien descubrió claramente que el cambio de estado significaba una pérdida (o ganancia) de calor. En efecto antes se creía que era suficiente sobrepasar un poco la temperatura de fusión (o de congelación), y la de ebullición (o liquefacción) de una sustancia para obtener de inmediato el cambio de estado. En estas experiencias BLACK tuvo como asistentes y colaboradores a WILLIAM IRVINE (1743-1787), que fué más tarde profesor de química en Glasgow, sucediendo a ROBISON; y a JAMES WATT (1736-1819), el célebre inventor, cuyo "condensador separado", que revolucionó la máquina a vapor, deriva directamente de sus experiencias y de sus discusiones con BLACK. Este último imaginó también un "calorímetro", que es un precursor de los más perfeccionados, usados después por LAVOISIER y LAPLACE.

Otro sabio se ocupó de estas mismas cuestiones concernientes al calórico, pero estudios recientes (véase D. MCKIE and N. H. DE V. HEATHCOTE, *The discovery of specific and latent heats*, 1935) muestran claramente que el sueco JOHAN CARL WILCKE (1732-1796) logró resultados, en parte análogos a los de BLACK, pero mucho más tarde que éste y además la extensión de los mismos es mucho menor que la de los del sabio escocés. Su primera memoria, *Om snöns kyla vid smältningen*, sobre la fusión de la nieve, es de 1772; la otra *Rön om eldens specifik myckenhet uti fasta kroppar och des afmätande*, sobre el calor específico, es de 1781. Pero no debe dejarse de mencionar este sabio, de verdadero valor, como tampoco al finlandés JOHAN GADOLIN (1760-1852), discípulo de TORBERN BERGMAN, por su *Dissertatio chemico-physica de Theoria caloris corporum specfici*, de 1784 y de otras dos sucesivas, sobre el mismo tema.

72.—Los trabajos de CAVENDISH y de PRIESTLEY sobre los gases. El hidrógeno y el oxígeno. El aire inflamable de los pantanos (VOLTA). SCHEELE y BERGMAN.

Con BLACK, que hemos tratado en el número precedente, se inicia la era más fecunda en el descubrimiento de los gases importantes, cuyo conocimiento y propiedades serán la “clave de bóveda” de la nueva química. No es posible, en la exposición de estos hechos, seguir un orden rigurosamente cronológico, porque los distintos acontecimientos interfieren e influyen unos en otros, por lo que nos parece más conveniente, para dar una visión clara del conjunto de los hechos, presentar una breve tabla cronológica previa que aclara mejor la sucesión de los descubrimientos.

- 1754: JOSEPH BLACK publica el trabajo en el que estudia el aire fijo (anhidrido carbónico).
- 1766: HENRY CAVENDISH prepara y determina las propiedades del aire inflamable (hidrógeno).
- 1770: CARL VILHELM SCHEELE aisla y estudia varios gases: hidrógeno sulfurado, etc.
- 1771: SCHEELE obtiene el ácido fluorhídrico.
- 1772: DANIEL RUTHERFORD obtiene del aire común el aire metálico (nitrógeno). CAVENDISH lo obtiene el mismo año.
- 1772: JOSEPH PRIESTLEY publica su primer trabajo químico, donde estudia varios gases: aire nitroso (bióxido de nitrógeno), ácido marino gaseoso (ácido clorhídrico), etc.
- 1774: SCHEELE descubre el ácido muriático desflogisticado (cloro).
- 1774: PRIESTLEY descubre el gas nitroso desflogisticado (protóxido de nitrógeno). obtiene el amoníaco gaseoso, y el 1º de agosto obtiene y de inmediato estudia, el aire desflogisticado (oxígeno).
- 1774 (desde): PRIESTLEY inicia la publicación de varios volúmenes de estudios sobre gases.

- 1776/77: VOLTA descubre el gas inflamable de los pantanos (metano), que encuentra más tarde (1780/81) también en los fuegos naturales de Pietramala y de Velleia. Además en 1777 inventa su eudiómetro.
- 1777: SCHEELE publica su escrito sobre el aire y el fuego, en el que se habla de muchos gases, en particular del oxígeno, que había descubierto hacía varios años.
- 1781: CAVENDISH reconoce la composición del agua, sirviéndose en su síntesis del eudiómetro de VOLTA.
- 1783-1785: CAVENDISH realiza sus experiencias sobre la composición del aire, reconoce la del ácido nítrico, etc.

HENRY CAVENDISH es un personaje eminente en la historia de la ciencia. A parte de sus experiencias químicas, se le debe la primera prueba experimental, con su balanza de torsión, de la ley de la atracción universal de NEWTON, obteniendo también una medida para la densidad media de la tierra, que encontró ser 5.488 veces la del agua (la publicación es de 1798). Este sabio había nacido en Nizza (Nice) el 10 de octubre 1731; bastante bien provisto por su padre en la juventud, se convirtió en la segunda mitad de su vida en el hombre más rico de Inglaterra y murió el 24 de febrero 1810 en Clapham, donde poseía un castillo en el que tenía su laboratorio y donde residía la mayor parte de su tiempo, dejando una fortuna, además de bienes inmuebles, de un millón de libras esterlinas, aproximadamente, en efectivo. Era, además muy original y excéntrico y también bastante misántropo. Sin ser avaro vivía con extrema sencillez, sin ocuparse más que de sus asuntos científicos.

Sólo hablaremos de los resultados que obtuvo estudiando los gases. Sus experimentos son notables por la precisión en las medidas y por una exactitud muy rara para aquella época. Ellos se iniciaron algunos años antes de su primera publicación de 1766, en la cual hace explícitamente la declaración importante que existen varios gases distintos entre sí, no tratándose, como muchos aún creían, de "impurezas" contenidas

en el aire ordinario. Así como el "aire fijo" de BLACK era un gas propio, también lo era el "aire inflamable" que eventualmente quizás otros químicos habrán podido obtener por la acción de ácidos sobre varios metales, pero que CAVENDISH fué el primero en preparar, reconocer y estudiar metódicamente. De estos dos gases CAVENDISH determinó el peso específico que encontró, tomando 1 para el aire, de 1,57 para el anhídrido carbónico y de 0,09 para el hidrógeno. Como BLACK había demostrado que el aire fijo estaba contenido en la cal y en la magnesia (carbonatos), así CAVENDISH creyó entonces poder afirmar que el aire inflamable formaba parte de todos los metales y hasta que él era el misterioso flogisto; pero más tarde, como veremos, comprobó que era un componente del agua. En el período entre 1766 y 1783 CAVENDISH experimentó mucho sobre gases y en una carta a PRIESTLEY del 1772 le comunica que sometiendo el aire común a un fuego de carbón y eliminando con álcali cáustico el aire fijo producido, había obtenido un aire más liviano del aire común que no alimentaba la llama. Pero por el atraso en la publicación de este hecho, el descubrimiento del aire mefítico (nitrógeno) es generalmente atribuído a DANIEL RUTHERFORD (1749-1819) que lo obtuvo el mismo año en el laboratorio de BLACK, informando de ello en su *Dissertatio inauguralis de aëre fixo dicto aut mephitico*. En el intervalo ya mencionado PRIESTLEY había descubierto el aire desflogisticado (oxígeno), también descubierto algunos años antes por SCHEELE pero sin publicar éste su resultado todavía. CAVENDISH pudo usufructuar de este nuevo descubrimiento en sus investigaciones. Guiado por el fenómeno que chispas eléctricas descargadas en una mezcla de aire inflamable y aire común producían sobre las paredes del vaso donde se hacía el experimento, una nube de vapor de agua, dedujo que ésta debía componerse de hidrógeno y de oxígeno (me expreso con términos modernos), verificó la cosa y la precisó cuantitativamente haciendo saltar la chispa, con el eudiómetro de VOLTA, en una mezcla de dos partes (en volumen) de hidrógeno y una parte de oxígeno. Con una expe-

riencia análoga demostró que el ácido nítrico se compone de nitrógeno, oxígeno e hidrógeno. Son también notables sus investigaciones sobre la composición del aire atmosférico. Para sus determinaciones utilizó mucho el eudiómetro de VOLTA, y además la propiedad del bioxido de nitrógeno de oxidarse rápidamente en presencia de oxígeno, lo que le permitía una fácil eliminación de este último gas. Llegó así a establecer que el aire atmosférico es una mezcla de 79,16 de nitrógeno y de 20,84 de oxígeno. Actuando con la chispa eléctrica y con oportunos agentes, para eliminar todo el oxígeno y el nitrógeno (y también el eventual anhídrido carbónico) de una determinada cantidad de aire, CAVENDISH encontró un residuo gaseoso que él estimó en 1/120 del nitrógeno contenido en el aire empleado (en realidad es 1/84) pero no supo qué era. CAVENDISH había, sin saberlo, descubierto el argon y la mezcla de gases nobles que recién en 1894 Lord RAYLEGH y WILLIAM RAMSAY aislaron nuevamente y estudiaron cuidadosamente.

No menos notable de CAVENDISH es para la química, JOSEPH PRIESTLEY. Este ocupa también un lugar importante en la historia de la física y, en particular, de la electricidad, por su *History and present state of electricity*, 1767, que él escribió incitado por BENJAMIN FRANKLIN, y del cual nos ocuparemos en uno de los próximos números; escribió también una *History of discoveries relating to vision, light and colours*, 1772, pero donde hay poca obra original. PRIESTLEY fué además ministro no conformista y, como tal, escribió varias obras de naturaleza teológica y religiosa y otras sobre política siendo un fanático admirador de la revolución francesa. Pero de estas obras no debemos ocuparnos.

JOSEPH PRIESTLEY nació en Fieldhead, cerca de Leeds (Yorkshire) el 13 de marzo 1733; su vida es la de un hombre irrequieto, inestable, que querella con todos y que sabe muy bien hacerse odiar por la multitud. Así en 1791, con motivo del segundo aniversario de la toma de la Bastille, que él quería festejar con otros correigionarios políticos, su casa fué asal-

tada por la muchedumbre, su iglesia quemada y todos sus efectos, comprendidos el laboratorio, los libros y los manuscritos, totalmente destruidos. En 1794, haciéndosele la vida en Inglaterra imposible, emigró a América donde rechazó la oferta de una cátedra en la universidad de Philadelphia, para retirarse en Northumberland (Pennsylvania) donde murió el 6 de febrero 1804. Hasta sus últimos años defendió encarnizadamente la teoría flogística y combatió la nueva teoría de LAVOISIER, de la cual él, con el descubrimiento del oxígeno, puede considerarse el progenitor.

La publicación química más importante de PRIESTLEY es *Experiments and observations on different kinds of air*, de la cual los primeros cinco volúmenes fueron publicados desde 1774 hasta 1780, mientras el sexto y último lo fué en 1786. PRIESTLEY empezó recién en 1766 o 1767 a hacer sus experiencias sobre los gases y, al principio, más bien como aficionado para distraerse de sus otras ocupaciones. Por eso faltan en él esa sólida y previa preparación científica, tal como la poseían, por ejemplo, BLACK y CAVENDISH. Pero su habilidad práctica logró rápidamente un nivel extraordinario y su versatilidad, y digamos también, su inconstancia, le hicieron indagar un vastísimo campo en este terreno, sin detenerse a estudiar uno o pocos gases, como lo hicieron los otros dos sabios mencionados. Fué por eso que se le debe el conocimiento de una gran cantidad de gases, aunque en la faz teórica él quedó siempre en una etapa inferior. Sin duda el descubrimiento del aire desflogisticado es históricamente el más importante entre todos. Él lo llevó a cabo calentando con un lente, al “mercurius precipitatus per se” (que se obtenía calentando en el aire al mercurio que se convertía así en un polvo rojo), colocado sobre mercurio en un tubo cerrado. Después, repitió la experiencia con el minio, es decir, con un óxido de plomo. El gas obtenido, gozaba de la propiedad de alimentar fuertemente la combustión y facilitar la respiración. PRIESTLEY, en París, durante un viaje en el que acompañaba como secretario a su protector Lord SHELBURNE, tuvo la ingenuidad (octubre 1774) de ha-

blar de su descubrimiento en un círculo de sabios franceses convidados a comer en casa de LAVOISIER. Ya veremos, en el número siguiente de este *Sumario*, como el célebre químico parisiense se apropió, como de los de otros sabios franceses y extranjeros, del descubrimiento del químico inglés. Pero, además del oxígeno, PRIESTLEY preparó y estudió entre otros, aire salpétrico (óxido de nitrógeno), su superoxidación en un gas rojo-amarillo y su uso para conocer la “bondad del aire” (eudiometría, como se decía); y el aire salpétrico desflogisticado (protóxido de nitrógeno) en el cual una vela podía inflamarse vivamente, pero que era muy diferente del aire desflogisticado (oxígeno). Obtuvo, además al estado gaseoso y recogidos sobre mercurio, el ácido clorhídrico y el amoniaco, el fluorsilícico, el anhídrido sulfuroso y (en América, 1799) el óxido de carbono.

Una papel importante en el descubrimiento y estudio de los gases juega ALESSANDRO VOLTA, cuya vida y obra en el dominio de la electricidad estudiaremos en dos próximos números de este *Sumario*. En siete cartas dirigidas al P. CARLO GIUSEPPE CAMPI, que van desde el 14 de noviembre 1776 hasta el 15 de enero 1777, VOLTA describe sus observaciones y experiencias sobre los gases inflamables de los pantanos. Este gas, que mezclado con el aire explota (VOLTA en tres cartas de 1777 dirigidas al marqués FRANCESCO CASTELLI describe una escopeta basada sobre esta propiedad), no es el mismo, así lo reconoce VOLTA, que el aire inflamable de CAVENDISH (el hidrógeno), pues tiene una naturaleza distinta. En efecto él es el metano, primer término de la serie de hidrocarburos saturados. VOLTA reconoce que él deriva de la descomposición de materias orgánicas, fuera del contacto del aire. Lo encontró también en los “fuochi de terreni” y en “le fontane ardenti” de Pietramala y de Velleia (donde está algo mezclado con etano). En esta ocasión establece para estas emanaciones una teoría geológica muy parecida a las modernas, admitiendo para ellas también, como para el aire de los pantanos, un origen

en las materias orgánicas en descomposición, que han quedado bajo tierra a causa de algún desmoramiento (entonces no se trataba todavía de hablar de pliegues o de rebatimientos que podían sufrir los estratos sedimentarios, originalmente horizontales). Obsérvese que SPALLANZANI (véase N^o 70), que estudió emanaciones análogas (las de Barigazzo) hacia un decenio más tarde, se encuentra más atrasado que VOLTA, pues habla de "hidrógeno" sin distinguir los distintos aires inflamables. Además sus teorías geológicas son más anticuadas, en cuanto admite un origen mineral (sulfuros en descomposición) de estos gases, concepción, que, por otra parte, era la dominante en la época.

Pocas palabras acerca del eudiómetro. Hemos dicho como PRIESTLEY en 1772, viendo que el aire nitroso en presencia del aire común se transformaba en vapores rojizos (óxidos superiores del nitrógeno) y que desaparecía una parte del aire común (la que correspondía al oxígeno), pensó utilizar esa reacción para determinar la "bondad" del aire. En términos modernos, determinaba la cantidad de oxígeno que ella contenía, Este análisis tuvo mucho eco y muchos "eudiómetros", siempre con aire nitroso, fueron imaginados por varios sabios. Así el ya mencionado FELICE FONTANA en 1774 había dado ocho nuevos modelos del aparato; otro fué propuesto en 1775 por MARSIGLIO LANDRIANI (1746-1815) quien creó el nombre de eudiómetro; y otras muchas experiencias fueron realizadas en excursiones por éste, por INGENHOUSZ, por HORACE BÉNEDICT DE SAUSSURE y otros, especialmente sobre montañas. Pero el aparato era incómodo y poco preciso en los viajes, en los que había que transportar el aire nitroso. VOLTA siguió un camino totalmente distinto, que expone en una carta del 2 de setiembre 1777 dirigida al mismo PRIESTLEY. Aprovechando del hecho que el hidrógeno mezclado con el aire explota y se une con el oxígeno (produciendo agua) imaginó hacer saltar la chispa eléctrica en un tubo cerrado con mercurio y donde se habían introducido cantidades conocidas y oportunas de hidrógeno y aire: la disminución del volumen de la mezcla gaseosa permitía

calcular la "bondad del aire". Este instrumento encontró después múltiples usos en química y en física, permitiendo hacer la síntesis del agua y determinar cuantitativamente su composición, como ya hemos anotado hablando de CAVENDISH.

Refiriéndonos al sensacional descubrimiento de gases que se produjo en la segunda mitad del siglo XVIII, no puede omitirse el nombre del sobresaliente CARL VILHELM SCHEELE, farmacéutico sueco nacido en Stralsund el 9 de diciembre 1742. Sucesivamente auxilió en varias farmacias de Göteborg, Stockholm y Uppsala, donde trabó amistad con TORBERN BERGMAN, este humilde empleado se convirtió pronto en uno de los más celebres sabios, recibiendo visitas entusiastas de príncipes de familias reales e ingresando en 1775 en la Academia de las ciencias de Stockholm, como uno de sus miembros. Finalmente, a la muerte del dueño (POHL) de una farmacia en Köping, con la viuda del cual se casó poco antes de morir, pudo llegar a ser "provisor" de una farmacia propia (o casi) en la cual continuó sus experiencias químicas hasta que falleció el 21 de mayo 1786. Su escrito sobre el aire y el fuego, que entregó a la imprenta hacia fines de 1775, no vio la luz sino en el otoño de 1777, malogrando así la prioridad en muchos de sus descubrimientos, anteriores algunos a 1775, entre éstos el del oxígeno. Los trabajos de SCHEELE, descritos en la obra citada y en otras que le siguieron, abarcan casi todas las ramas de la química de entonces. Además del descubrimiento del oxígeno, recordaremos que se deben a él el de muchos ácidos orgánicos como el ácido tártrico, el cítrico, el málico, el oxálico y el gálico, provenientes del reino vegetal, así como del úrico y del láctico, provenientes del reino animal (antes no se conocía con precisión sino el acético); medio siglo antes que WÖHLER hizo la síntesis de un compuesto orgánico, si se quiere considerar los cianatos como sustancias de esta categoría; reconoció la verdadera naturaleza del anhídrido sulfúrico, y se ocupó ampliamente del hidrógeno sulfurado; hizo observaciones sobre los compuestos del arsénico, etc., etc. Estudió y también des-

cubrió de manera independiente, muchos de los gases que fueron estudiados y descubiertos por los químicos ingleses ya mencionados, y, aparte del oxígeno, su descubrimiento del cloro es particularmente importante. Hecho curioso, como PRIESTLEY y como CAVENDISH, fué partidario inmovible hasta el término de sus días, de la teoría del flogisto, ya derrotada por LAVOISIER.

Del ya mencionado TORBERN BERGMAN (1735-1784) también químico notable, que se ocupó de cuestiones variadas, pero sobresaliendo en las de afinidad química, de clasificación de los minerales y de química aplicada a la geología, tendremos ocasión de hablar en otros números de este *Sumario*.

73.— El final del período pneumático con ANTOINE-LAURENT LAVOISIER y la derrota de la teoría del flogisto, y el *Traité élémentaire de chimie* (1789).

Todos los nuevos descubrimientos de los que hemos hablado en los dos números precedentes de este *Sumario* llevaban naturalmente al derrumbe de las antiguas teorías y a la necesidad de una nueva síntesis más simple y más de acuerdo con los fenómenos y con las regularidades observadas: tal fué la obra inmortal de LAVOISIER, sabio tan hábil en apropiarse la paternidad de los resultados de las experiencias ajenas como en organizar definitivamente la química de entonces, dejando así el campo libre para el desarrollo de nuevos problemas.

ANTOINE-LAURENT LAVOISIER nació en París el 26 de agosto 1743 de una familia de condición acomodada, obtuvo así una cuidadosa educación, adquiriendo una cultura muy amplia. Acompañó a GUETTARD (véase más adelante N^o 75) en su exploración geológica de Francia y muy pronto atrajo la atención de la Académie des sciences que lo nombró como miembro en 1768. Ese mismo año otro acontecimiento hipotecó su porvenir: él entró en la corporación de los *fermiers géné-*

raux, que contratava el cobro de los impuestos, ligándose más aún a esa corporación casándose con la hija de otro *fermier*: JACQUES PAULZE, con lo que aumentó así su participación en la empresa. Es sabido que al estallar la revolución, los miembros de la *ferme générale*, en parte justamente y en parte no, constituyeron un blanco especial del odio popular, de ahí que durante el régimen del “terror” gran parte de ellos fué condenada a muerte y el mismo LAVOISIER, a pesar de su prestigio como sabio y de haber sido utilizada su acción, como tal, directamente por el gobierno en distintos asuntos, fué guillotinado en el amanecer del 19 floréal del año II (8 de mayo 1794).

De inteligencia extremadamente viva, la velocidad de reacción mental de LAVOISIER sobrepasaba en mucho a la de los químicos y físicos sus contemporáneos. Así se explica cómo, sin haber hecho él casi ningún nuevo descubrimiento importante, logró reformar completamente la química con los nuevos resultados obtenidos antes por otros y sometidos por él a pruebas cuidadosas y ampliados.

Aparte otros menores, su primer trabajo importante, de 1770, prueba la inexistencia de la supuesta transformación del agua (bien entendido la pura, de lluvia o destilada) en tierra. Es curioso que por el mismo tiempo, pero independientemente uno de otro, esta vez, la demostración fué hecha también por SCHEELE. Pero los dos métodos empleados eran distintos y característicos de las diferentes mentalidades de los dos sabios. LAVOISIER probó que la “tierra” que se encontraba en el fondo de los vasos donde había hervido agua durante muchos días, correspondía en peso a la pérdida sufrida por el vaso; SCHEELE, analizando químicamente este depósito, demostró que su composición era la misma que la del material en el cual el agua había hervido.

Poco después la atención de LAVOISIER se dirigió hacia un problema que desde hacía dos siglos, y hasta antes, había atormentado a los sabios: el aumento de peso en la calcinación del plomo y del estaño y, como se descubrió paulatinamente,

también en la de otros metales, así como en reacciones análogas con otras sustancias. En el N^o 52 de este *Sumario*, dedicado a los resultados científicos obtenidos por JEAN REY y por JOHN MAYOW, hemos hablado ampliamente de este problema y de su desarrollo histórico. Aunque LAVOISIER más tarde haya negado conocerlos, sus declaraciones no pueden ofrecer confianza dada su costumbre ordinaria de fingir ignorar las obras y los autores de donde tomaba sus sensacionales "descubrimientos". No sólo el método por él adoptado lo hace suponer, sino también el hecho que en aquellos años JEAN REY, después de un largo olvido, fué de nuevo tomado en consideración, a tal punto que en 1777 apareció una nueva edición de sus *Essais*. En cuanto a MAYOW una curiosa carta de MAGELLAN (=MAGALHÃES, un portugués que vivía en London) a Mme LAVOISIER, recuerda que cuando los trabajos de MAYOW fueron enfrentados a los de LAVOISIER, éste, que "n'avait jamais entendu parler" de dicho sabio inglés, le había pedido que buscara en London el libro de MAYOW, pero que a pesar de sus búsquedas no había podido encontrarlo por ninguna parte. La mentira es clara: tanto más que las obras de MAYOW se encuentran en el catálogo, entonces en uso, de la biblioteca de la Royal Society y que seguramente existirían también en otras partes. Un precursor que, en cambio, LAVOISIER habrá podido ignorar es el ruso LOMONOSOV, ya citado por nosotros en otra ocasión (N^o 71). Veremos pronto las relaciones de los trabajos de LAVOISIER con los de sus contemporáneos inmediatos.

En noviembre 1772 LAVOISIER depositó un pliego cerrado en la Académie des sciences, en el que anunciaba que el azufre y el fósforo, quemando, producían sustancias de un peso mayor. Estas y otras observaciones fueron publicadas en 1774 en el tomo primero de sus *Opuscules physiques et chimiques*, obra que estaba ya lista a fines de 1773. LAVOISIER se refiere a los trabajos de BLACK, inclinándose a atribuir al aire fijo, estudiado por el químico inglés, los aumentos de peso de los metales calcinados y de otras sustancias. Obsérvese que todas

las experiencias mencionadas en el volumen citado, habían sido ya realizadas por otros (BOYLE, BLACK, CAVENDISH, PRIESTLEY, etc.) pero donde se muestra la garra del león, es en la lógica cerrada del conjunto y en su relación estrecha con la experiencia. Otras interesantes experiencias que LAVOISIER hizo en el comienzo de 1774 fueron aquellas para controlar y rechazar la opinión de BOYLE, que atribuía el aumento de peso a la "materia del fuego" que pasando a través de las paredes del recipiente se agregaba al metal que estaba calcinándose. Haciendo ensayos en vasos cerrados a la lámpara, comprobó que el conjunto, después de la calcinación, no variaba de peso; así, la "materia del fuego" no podía ser la causa del aumento de peso. Por el contrario rompiendo la punta cerrada a la lámpara, se oía el silbido del aire que entraba en el vaso y la cantidad de éste era tanto mayor cuanto más grande era la amplitud de la retorta. Empezó por eso a pensar, pero de una manera aún no muy clara, que una parte del aire era lo que producía la calcinación. En las *Mémoires de l'Académie des sciences*, correspondientes a 1774, se encuentran explicaciones mucho más desarrolladas; pero es de observar que ellas fueron publicadas recién en 1777 y esta mala costumbre del atraso de la publicación, permitía a muchos, a LAVOISIER especialmente, introducir en las memorias hechos descubiertos en años posteriores al de la fecha indicada en el volumen. Esta confusión en la comprobación de la fecha verdadera de los escritos, hecho que se repitió constantemente para las publicaciones de LAVOISIER, condujo a los contemporáneos, y después a los historiadores, a atribuir al químico francés la prioridad en muchos descubrimientos que no le pertenecen, y es necesario, por esto, hacer cuidadosos estudios respecto del año verdadero de la publicación de las memorias para ver claro en este asunto. Agreguemos que en 1756 LOMONOSOV había hecho experiencias perfectamente análogas y con la precisa intención de controlar la opinión de BOYLE; y que el padre GIOVAN BATTISTA BECCARIA (1716-1781), después de la publicación de LAVOISIER, le escribió una carta, que

LAVOISIER no pudo abstenerse de publicar, en la cual le decía que muchos años antes había hecho publicaciones sobre el mismo tema y obtenido los mismos resultados.

En el mismo año 1774, tres notables acontecimientos guían a LAVOISIER hacia un camino fecundo. En febrero y abril de ese año, el farmacéutico parisiense PIERRE BAYEN (1725-1798) publicó dos memorias que parecen haber sido ignoradas por PRIESTLEY, pero que ciertamente LAVOISIER conoció, en las que describe experiencias con el óxido y el sulfuro de mercurio, ya calentados aislados, ya en una mezcla con carbón. En este último caso la producción de aire fijo era explicable también con la teoría del flogisto, pero ésta no podía explicar el por qué el óxido, o mejor, como él decía, el *precipitatus per se*, calentado solo, producía un gas que no era aire fijo, pues no era absorbido por el agua. BAYEN había producido y aislado el oxígeno, pero no lo estudió más, dejando además de reconocer que él favorecía enormemente a la combustión. Así la gloria del descubrimiento de este gas compete a otros.

Fechada el 30 de setiembre de ese año. SCHEELE escribió una carta a LAVOISIER. El no tenía, le escribía, un lente bastante poderoso para comprobar cuáles gases se desarrollaban calentando con este procedimiento el carbonato de plata; le rogaba por lo tanto hacer por él esa experiencia, eliminar de los gases obtenidos al aire fijo, examinar el producto que quedaba y comunicarle el resultado. Además en noviembre del mismo año, como ya indiqué en el número precedente de este *Sumario*, PRIESTLEY, invitado a comer en casa de LAVOISIER, le comunicó el resultado de la experiencia histórica que él había realizado el 1º de agosto. Todo esto era más que suficiente para que LAVOISIER, intuyendo el fenómeno y empezando a sospechar de la teoría del flogisto, comunicara a la Academia, en una memoria leída el 26 de abril 1775, que él (y él sólo porque no cita el nombre de los demás) había descubierto un "aire eminentemente puro", que favorecía a la combustión y a la respiración, que al unirse a los metales y otras sustancias causaba el aumento de peso y que constituía una parte del

aire atmosférico. La memoria inserta en el volumen de 1775, pero publicado en 1778, contiene mucho más de lo que fué originalmente comunicado.

Desde este momento LAVOISIER ya no se sirve más de la teoría del flogisto para salir, bien pronto, en recia guerra contra ella. Los escritos que mejor muestran esa evolución son la *Mémoire sur la combustion en général*, 1777 y las *Réflexions sur le phlogistique, pour servir de développement à la théorie de la combustion et de la calcination publiée en 1777*, que parecen ser de 1785. En este intervalo LAVOISIER establece también su teoría de los ácidos. Él cree que ellos se originan por la presencia, en los compuestos, de su aire eminentemente puro y que por esta causa denomina ahora *principe oxygene* (de ὄξύς, ácido) y que más tarde denominará oxígeno. Este nombre fué poco afortunado para la química; durante cincuenta años se estimó que el oxígeno era el elemento que causaba la acidez, y sólo más tarde, al encontrarse numerosos ácidos en los que faltaba el oxígeno, se comprobó que el principio acidificante era el hidrógeno, o con mayor precisión, en base a la teoría electrolítica de las soluciones, el ion hidrógeno.

Con todo esto faltaba, sin embargo, un punto importante para destruir la teoría que había introducido STAHL; el conocimiento de la composición del agua. Con la teoría del flogisto, muchas cosas se explicaban de una manera bastante suficiente, en particular el desarrollo del aire inflamable obtenido de los metales tratados con ácidos y que muchos habían estimado, y estimaban todavía, que era el flogisto mismo. Pero con la nueva teoría que LAVOISIER estaba esbozando, ¿de dónde salía ese aire inflamable? y ¿dónde en casos bastante frecuentes, como en el herrumbrarse del hierro húmedo, encontraban los metales aquel aire eminentemente puro que los calcinaba? El reconocimiento de la composición del agua debía aclarar muchas dificultades. Hemos visto como CAVENDISH llegó a conocer la composición del agua. A pesar que su memoria sobre este asunto fué publicada en 1784, sus estudios sobre el tema remontan al 1781. En junio 1783 el naturalista inglés Sir CHARLES BLAGDEN

(1748-1820), después secretario de la Royal Society, y conocido por sus experiencias sobre la sobrefusión, encontrándose en París habló con LAVOISIER de las experiencias de CAVENDISH y de sus resultados. Con un atisbo genial LAVOISIER reconoció la importancia fundamental de esos resultados, y con LAPLACE. el 24 de junio 1783 hizo de nuevo esas experiencias. Pocos días después LAPLACE escribía a JEAN-ANDRÉ DELUC (1727-1817), que había *repetido* con LAVOISIER las experiencias de CAVENDISH. Pero en las memorias correspondientes a 1781 de la Académie, publicadas en 1784 y en otras sucesivas el nombre de CAVENDISH desaparece completamente, y LAVOISIER aprovechándose además de las fechas falsas de las memorias de la Academia, se proclama el primero y único descubridor de la composición del agua, formada por el oxígeno, que él también decía que había descubierto y por el hidrógeno, nombre derivado de υδωρ, agua.

Los elementos de la reforma lavoisieriana estaban así todos preparados, sólo faltaba derrocar completamente la teoría stahliana y organizar en buen orden y con lógica inatacable el nuevo edificio de la teoría química; con aquella lógica que él había aprendido en la escuela del abad ETIENNE BONNOT DE CONDILLAC (1715-1780), y de la cual habla con elogio en su prefacio de la *Nomenclature chimique* y en el del *Traité élémentaire de chimie*. Recordemos, de paso, que CONDILLAC introdujo sistemáticamente en Francia los principios de JOHN LOCKE y que en su *Traité des sensations*, 1754, imagina su famosa “estatua” que adquiere paulatinamente todas las manifestaciones de su vida anímica por acción única de los sentidos. Este filósofo había establecido, escribe LAVOISIER, que “nous ne pensons qu’avec le secours des mots”, que “les langues sont de véritables méthodes analytique”, que “l’art de raisonner se réduit à une langue bien faite”; es muy natural entonces que como discípulo fiel estimara necesario reformar con las concepciones también la terminología química. Entre 1785 y 1787 varios químicos franceses eminentes habían adherido a la doctrina de LAVOISIER, y entre ellos LOUIS-BER-

NARD GUYTON DE MORVEAU de Dijon, (1737-1816), ANTOINE-FRANÇOIS DE FOURCROY de Paris (1755-1809) y CLAUDE-LOUIS BERTHOLLET de Talloire en Savoie (1748-1822). Todos ellos superaron felizmente el período de la revolución y se convirtieron en humildísimos servidores del emperador NAPOLEÓN, que les otorgó título de nobleza. GUYTON DE MORVEAU se había ya ocupado de una reforma de la terminología química, razón por la cual había entrado en relación con LAVOISIER y otros químicos de la Académie. LAVOISIER pronto se interesó en esta iniciativa y en 1787 apareció el importante volumen *Méthode de nomenclature chimique proposée* par MM. DE MORVEAU, LAVOISIER, BERTHOLET (sic!) & DE FOURCROY. *On y a joint Un nouveau système de caractères chimiques, adaptés à cette Nomenclature*, par MM. HASSENFRAZ & ADET. La nomenclatura es la misma que encontraremos en el *Traité élémentaire de chimie* y, en su conjunto, es también la misma que hoy se adopta, expresando el nombre de las sustancias según los elementos que la componen, con oportunos sufijos (-oso, -ico, -ato, -ito, etc.) que diferencian las sustancias según las cantidades diversas de los componentes que pueden estar presentes, y poniendo el oxígeno como base y llave de toda la nomenclatura. El libro consiste en diversas memorias, cada una firmada por uno de los colaboradores.

En 1789, el mismo año en que estalló la Revolución francesa, LAVOISIER publica la obra que debía coronar sus esfuerzos anteriores y constituir el punto de partida de la nueva química: *Traité élémentaire de chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*. No es necesario detenernos mucho en su examen; se trata de un tratado que en gran parte aún puede servir, con las necesarias modificaciones y ampliaciones, para introducir al lector en la química moderna. Observemos solamente que en él se encuentra la famosa tabla de los elementos, que, con la excepción de los descubiertos más tarde, tiene todos los caracteres de una tabla moderna y ofrece así una solución del problema planteado por BOYLE. Hay en verdad en ella todavía dos elementos "impon-

derables'': luz y calor, no se conocen los metales alcalinos y alcalino-terreos, pero en parte se sospecha que las sustancias (óxidos o hidratos) conocidas eran compuestos aún no resueltas en sus elementos. Con este *Traité* se acaba, puede decirse, la vida científica de LAVOISIER; la cuchilla que cinco años después cortará su cabeza, cumplirá sin duda una obra funesta, pues no es lícito que nadie, por ninguna causa, tronche una vida humana. Pero es verosímil admitir que la guillotina no eliminó a un sabio cuyo trabajo científico, completamente acabado, podía exigir ulteriores esfuerzos.

No hace falta ocuparnos de la propagación de las teorías de LAVOISIER. Después de encarnizados obstáculos y la acostumbrada incomprensión de los viejos, ellas se impusieron rápidamente y podemos decir que a comienzos del nuevo siglo, excepto algunos retardatarios, la doctrina y la terminología lavoisierianas estaban adoptadas en todas partes.

74.—Las experiencias de LAVOISIER con el calorímetro y sobre la respiración de los animales. La respiración y la asimilación de las plantas, según las experiencias de PRIESTLEY, SCHEELE, INGENHOUSZ, SENEBIER y THÉODORE DE SAUSSURE.

En el número anterior no hemos mencionado algunas experiencias de LAVOISIER que no pertenecían directamente a los estudios realizados para la reforma de la teoría química; queremos ahora hablar de sus trabajos sobre la calorimetría y sobre la respiración de los animales.

Los trabajos más importantes sobre el calor y su medida fueron hechos en colaboración con PIERRE SIMON LAPLACE, el eminente matemático y astrónomo al cual dedicaremos el N^o 78 de este *Sumario*. Éstos son: *Mémoires sur la chaleur*, en las *Mémoires de l'Académie* que trae la fecha 1780, pero publicadas en 1782; *De l'action du calorique sur les corps solides*,

*principalement sur le verre et sur les métaux, et de l'allongement ou raccourcissement dont ils sont susceptibles par cette action, à un degré inférieur à celui qui est nécessaire pour les faire fondre, que parece haber sido compuesto hacia 1781; y Mémoires contenant les expériences faites sur la chaleur pendant l'hiver de 1783 à 1784, publicado en 1793. De éstas la más importante es la primera. En el "Article premier" de ese trabajo, sin citar de ninguna manera a BLACK, los autores hablan de "capacités de chaleur ou chaleurs spécifiques" y también, sin citar a su predecesor, hacen una *Exposition d'un nouveau moyen pour mesurer la chaleur*. En verdad el calorímetro a hielo de LAVOISIER representa un notable perfeccionamiento frente al calorímetro primitivo de BLACK. El segundo artículo relata varias experiencias hechas con ese calorímetro y da, no solamente los calores específicos de varias sustancias, sino también la cantidad de calor (hoy diríamos calorías) que se desprende en varias reacciones. Son experiencias fundamentales para lo que se denominará más tarde el calor de reacción, que LAVOISIER aplica no sólo a las sustancias no organizadas, sino también extiende a la respiración de pequeños animales, introducidos en el calorímetro con las precauciones oportunas. El tercer artículo contiene consideraciones teóricas y el cuarto y último considera la combustión y la respiración desde el punto de vista de las experiencias con el calorímetro. Observamos además que en la segunda de las memorias antes citadas, se describía el primer aparato preciso para medir el coeficiente de dilatación lineal.*

Ya dijimos que LAVOISIER había tomado en consideración en las memorias ya citadas, junto con LAPLACE, la respiración de los animales. Un trabajo propio *Experiences sur la respiration des animaux et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poulmon*, está publicado en las Memorias de la Académie, correspondientes al año 1777. Trabajos sucesivos sobre la respiración y la transpiración él hizo con ARMAND SEGUIN (c.1765-1835). Puede decirse que con los estudios de LAVOISIER, especialmente si agregamos la importante modifi-

cación introducida por LAGRANGE, se llega casi a la concepción moderna de esta función fisiológica fundamental. Pero antes debemos mencionar que PRIESTLEY en 1772 había reconocido que la respiración, así como la combustión, la fermentación y otros procesos viciaban al aire. Sobre la "respiración" de las plantas él hizo únicamente interesantes observaciones, de las que hablaremos después de haber considerado lo que obtuvo LAVOISIER estudiando la respiración de los animales.

Antes de los trabajos de este último, la función de la respiración de los animales no se explicaba de una manera correcta o suficiente. Aparte la antigua teoría, que remonta a los griegos, según la cual ella sirve para moderar el excesivo calor del cuerpo (pero ¿de dónde provenía este calor?), también las más recientes, por ejemplo la que HALLER expone en el tercer volumen de sus *Elementa physiologiae*, según la cual el aire se disuelve en la sangre, constituyendo una especie de cemento para las sustancias terreas, no puede mantenerse frente a una crítica adecuada. Tampoco puede sostenerse de ningún modo la opinión de HALLER, que el calor animal se originaba por el frotamiento de la sangre en los vasos arteriales y venosos.

Guiado por sus experiencias y por lo que había aprendido de los demás, y apoyándose también en el descubrimiento del oxígeno, LAVOISIER pudo fácilmente comparar la respiración con la combustión, es decir, demostrar que el oxígeno absorbido se combinaba con el carbono de las sustancias animales y que así se formaba el anhídrido carbónico emitido en la espiración. Añadamos que comprobó también que en el fenómeno de la respiración se quema no sólo carbono con formación de anhídrido carbónico, sino también hidrógeno con formación de agua.

La dificultad residía en saber donde tenía lugar esta combustión, o mejor, oxidación. En algunas de sus experiencias LAVOISIER midió también el calor que se desarrollaba en el fenómeno de la respiración. Si la oxidación tenía lugar en los pulmones o en las vesículas pulmonares, el calor producido habría quemado inmediatamente este órgano tan impor-

tante para la economía animal. Pero parece que LAVOISIER no prestó atención a este hecho. Lo hizo, por el contrario, su contemporáneo LAGRANGE, como nos lo relata en 1791 el ya mencionado JEAN-HENRI HASSENFRATZ (1755-1827), entonces asistente del gran matemático torinés. JOSEPH-LOUIS LAGRANGE emitió la hipótesis que el oxígeno, arrastrado por la corriente sanguínea, se une con el carbono durante todo el curso de su peregrinación. Y esto es lo que actualmente se comprueba, con la única excepción que la oxidación no se produce en los vasos sanguíneos sino en los tejidos (células). Pero no se prestó atención a la hipótesis de LAGRANGE, que pronto cayó en el olvido, no habiéndola LAVOISIER adoptado jamás. No podemos detenernos más en estas investigaciones de LAVOISIER y de sus colaboradores; recordemos solamente que SPALLANZANI, con las experiencias realizadas en los últimos años de su vida sobre estos asuntos (que fueron publicadas sólo en 1803), agregó muchas observaciones valiosas, extendió sus investigaciones a un gran número de animales vertebrados e invertebrados e indicó que ciertos animales (caracoles) mantenidos en atmósferas de hidrógeno o nitrógeno continuaban emitiendo anhídrido carbónico. Esta última comprobación podía reforzar la hipótesis de LAGRANGE, pero no tuvo influencia. Sólo en 1837 GUSTAV MAGNUS demostró directamente que la sangre arterial, como la venosa, contenían oxígeno, que habían tomado de los pulmones y anhídrido carbónico, que se había formado durante la circulación.

Hemos dicho que PRIESTLEY realizó experiencias comprobando que la respiración de los animales, así como otros fenómenos, viciaban el aire; de ahí que con gran maravilla comprobó que el aire malo contenido en una campana de vidrio bajo la cual vegetaba una planta, iba mejorando grandemente, y que una vela, que en ella antes no se inflamaba, después de un cierto tiempo, en las condiciones referidas, podía quemar de nuevo. El entusiasmo que provocó esta comprobación se refleja en un discurso que en 1773 Sir JOHN PRINGLE (1707-

1782) pronunció en la Royal Society, de la cual era entonces presidente. En él eleva un himno a la naturaleza que ha creado las plantas para mejorar el aire que los animales y otros fenómenos viciaban, de ahí que ninguna de ellas, desde el gran roble del bosque hasta el pequeño hilo de hierba del campo es inútil para la estirpe humana. Pero todo este entusiasmo debía apagarse cuando en 1778 SCHEELE repitió las experiencias de PRIESTLEY y obtuvo un resultado completamente opuesto: las plantas, en las condiciones antedichas, viciaban el aire lo mismo que los animales. De inmediato PRIESTLEY renovó sus experiencias, y si bien los resultados obtenidos fueran exactos del punto de vista de los conocimientos modernos, para ese entonces aparecieron contradictorios, por lo que se cansó de continuar experiencias en ese sentido.

Fué JAN INGENHOUSZ (Breda, 1730-1799 en Inglaterra) quien resolvió la contradicción en su obra maestra de 1779: *Experiments upon vegetables discovering their great power of purifying the common air in the sun-shine, and of injuring it in the shade and at night*. Como se desprende del título, fué él el primero en reconocer el distinto comportamiento de las plantas (o mejor, de las partes verdes de las plantas, cosa que también él reconoció): de absorber el aire fijo cuando están expuestas a la luz y, por el contrario, de emitir este aire fijo en la obscuridad (las partes no verdes lo emiten siempre). Fué así INGENHOUSZ el que comprendió en verdad este doble fenómeno, pero tanto él como sus sucesores inmediatos y otros más, lo comprendieron bajo el único concepto de “respiración”. Las plantas, se decía, “respiran” de día de una manera y de noche de la manera totalmente opuesta. JUSTUS LIEBIG, de méritos relevantes en la química agrícola y vegetal, no tenía ideas claras en este asunto y sólo con JULIUS SACHS, en 1865, se llega a una distinción precisa entre el fenómeno de la respiración, con emisión de anhídrido carbónico, y el de la asimilación con emisión de oxígeno, con lo cual los nuevos términos entran definitivamente en el lenguaje científico.

Los sucesores inmediatos de INGENHOUSZ fueron JEAN

SENEBIER (1742-1809), nacido y muerto en Genève, el mismo que, como vimos, tradujo al francés muchas obras de SPALLANZANI, y NICOLAS-THÉODORE DE SAUSSURE (1767-1845), también de Genève e hijo del afamado HORACE-BÉNÉDICT DE SAUSSURE, este último célebre naturalista, geólogo y uno de los primeros alpinistas (escaló por primera vez el Mont-Blanc) y explorador de los Alpes.

La obra maestra del primero, en este sentido, en tres volúmenes, es: *Memoires physico-chimiques, sur l'influence de la lumière solaire pour modifier les êtres des trois règnes de la nature et surtout ceux du règne végétal*, 1782; en 1783 apareció una continuación bajo el título *Recherches sur l'influence de la lumière solaire pour métamorphoser l'air fixe en air pur par la végétation*. SENEBIER hizo progresar mucho el desarrollo del problema que nos ocupa, pero él está todavía trabado por la teoría flogística. De ella, en cambio, se ha librado completamente NICOLAS-THÉODORE DE SAUSSURE a quien se deben también los primeros cuidadosos experimentos cuantitativos, todos de gran valor. En 1804 publicó sus *Recherches chimiques sur la végétation*. En ellas se ocupa de la importancia del anhídrido carbónico para la nutrición de las plantas, por otra parte también de su producción; estudia la absorción de agua que se une químicamente con los productos de la descomposición de CO_2 ; muestra que las plantas no pueden vivir en ambientes sin una determinada cantidad de CO_2 , pero que un exceso de éste le es letal, así como no pueden vivir, sin la presencia del oxígeno; estudia además la composición de las cenizas e indaga el origen de los compuestos minerales que se encuentran en la materia vegetal; todo esto acompañado por cuidadosas experiencias cuantitativas. DE SAUSSURE llegó también a una especie de concepción de la formación de los carbohidratos cuando escribe: "Les plantes s'approprient l'oxygène et l'hydrogène de l'eau, en lui faisant perdre l'état liquide. Cette assimilation n'est bien prononcée que lorsqu'elles s'incorporent en même temps de carbone". Con DE SAUSSURE, que en la segunda mitad de su vida se ocupó de otros proble-

mas, culmina la investigación iniciada por PRIESTLEY y continuada por sus sucesores, y se abre un período en el cual estos resultados o son olvidados, o desconocidos o mal interpretados. Sólo sesenta años más tarde, como dijimos, el problema será nuevamente considerado con precisión y junto a la nutrición por asimilación de CO_2 , se indagará con provecho la asimilación del nitrógeno, que se efectúa de manera totalmente distinta.

ALDO MIELI