

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

*En la conferencia que pronuncié el 17 de mayo 1938 en el aula del Kamerlingh Onnes Laboratorium de la Rijks-Universiteit de Leiden, para conmemorar el tercer centenario de la publicación en esa ciudad, de los Discorsi e dimostrazioni matematiche de GALILEO GALILEI; al final de mi exposición mencioné 21 obras científicas que, con los Discorsi de GALILEO, señalan momentos de importancia trascendental en el desarrollo del movimiento científico. Al publicar mi conferencia en Archeion (XXI, 1938, p. 193-297), donde agregué numerosas notas, en particular sobre el contenido de las obras mencionadas; me convencí que sería interesante publicar un libro o desarrollar un curso, cada uno de cuyos capítulos o lecciones estuviere dedicado a una de esas obras maestras. Cuando vine a la Universidad Nacional del Litoral, elaboré más mi proyecto y fijé, primero 100, luego 120 temas concernientes a las fases principales de la historia de la ciencia. Estos temas podrían servir de hilo conductor para 120 monografías donde el conjunto de la historia de la ciencia aparecería desarrollado de una manera nueva y quizás interesante; o para lecciones universitarias que podrían repartirse en cuatro cursos. Cada monografía podría servir de base a uno, dos o más cursillos y supondría la lectura de la obra reseñada en ella, como el polo*

*alrededor del cual se concentrarían los distintos asuntos relacionados con la misma; o, si fuera muy extensa, la lectura de las partes principales y el conocimiento de un resumen de la obra completa.*

*Siguiendo los consejos de mi colega JOSÉ BABINI, he comenzado por escribir los títulos de las distintas monografías, cuyos temas se extienden desde la prehistoria hasta el descubrimiento de los rayos de RÖNTGEN, momento de verdadera revolución en la ciencia; y luego empecé a redactar los sumarios de cada monografía, sumarios que, creo, pueden ofrecer algún interés a los lectores en general y a los docentes en particular. Más aún, el amigo BABINI ha querido ayudarme en leer estos sumarios, en corregir mi español que es el que puede escribir un extranjero, y a discutir conmigo algunos hechos históricos (pero siempre respetando mis opiniones, aunque no siempre compartidas).*

*El lector encontrará aquí los primeros 60 sumarios. Quizás estimará que los últimos, de naturaleza explicativa, son mucho más extensos que los iniciales, que, además, son exclusivamente esquemáticas. Esto se debe en parte al hecho que, al progresar en el trabajo, he juzgado mejor un desarrollo más amplio; y en parte también porque para la antigüedad ya he publicado dos obras extensas. Una historia de la ciencia antigua (en Roma, en 1925, y después en una nueva edición casi doble de la primera en París, 1935, con la colaboración de PIERRE BRUNET); y otra de la ciencia árabe (Leiden, 1939).*

A. M.

## I

### DE LOS TIEMPOS MÁS ANTIGUOS A LA TÉCNICA DEL RENACIMIENTO

1. — El desarrollo de los conocimientos metalúrgicos en la prehistoria y en la protohistoria.

El desarrollo de los conocimientos metalúrgicos caracteriza las civilizaciones denominadas: edad del cobre, del bronce y del hierro. En ellas se constituye un primer conjunto de sólidos conocimientos químicos que están, a su vez, vinculados con todos los demás progresos alcanzados en esas épocas como la cerámica y el tejido. A ellas pertenecen, además, conocimientos de mecánica práctica, particularmente la invención de la rueda y de otros dispositivos de movimiento circular de una especie que no se encuentra en la naturaleza.

2. — 'IPPOKRATES de Hios. La cuadratura del círculo y el pensamiento sistemático - deductivo de los *Elementos* (c. 440).

El área de los polígonos y la cuadratura del círculo. Dificultades que este último problema presentaba y esperanzas que nacieron después de haberse llegado a calcular el área de algunas "lúnulas" limitadas por dos arcos de circunferencia, como lo hizo 'IPPOKRATES de Hios. Pero no todas las lúnulas son cuadrables, abandonándose el problema que recién fué retomado en los tiempos modernos. Otros métodos empleados por los antiguos para obtener la cuadratura del círculo, así

como para resolver los otros dos problemas clásicos: la duplicación del cubo y la trisección del ángulo. Cómo ARHIMEDES llegó a obtener valores aproximados de la razón entre la circunferencia y el diámetro que, según estudios recientes, es un número irracional trascendente. En cambio los otros dos problemas mencionados, que más tarde se comprobó que eran de tercer grado, fueron resueltos por los antiguos con construcciones geométricas simples mediante curvas planas o superficies. Pero a 'IPPOKRATES de Hios no pertenece sólo el mérito de haber cuadrado algunas lúnulas. Él es también el primer autor de *Elementos*, vale decir: de un conjunto de problemas y teoremas geométricos que, partiendo de algunos principios, se van deduciendo unos de otros. Así la geometría, dejando de ser un arte práctico (por ejemplo, para medir los campos) se convirtió en una ciencia racional deductiva.

3. — La concepción del mundo y el poema de EMPEDOKLES (c. 440).

En qué consiste el llamado pensamiento *filosófico* de los presocráticos. Las opiniones de los fisiólogos iónicos y de los pitagóricos, y la crítica y la gnoseología de los eleatas. Síntesis de las teorías antiguas en el sistema de EMPEDOKLES, en el cual culmina el conjunto de los conocimientos más antiguos de la ciencia griega.

4. — La influencia del medio. ('IPPOKRATES de Kos (c. 420).

El estudio de la influencia del medio (influencias cósmicas: clima, vientos, variaciones de las estaciones; naturaleza del terreno y de las aguas, costumbres, leyes, etc.) sobre las enfermedades, sobre la constitución del hombre y, en general, de los seres vivos, y sobre la naturaleza física y moral de los pueblos. ('IPPOKRATES de Kos y el tratado (que probablemente es reunión de dos tratados distintos) titulado más tarde *De los aires, aguas y lugares* de c. 425-415. El primero de estos

dos escritos expone la influencia de la orientación de las ciudades sobre su constitución sanitaria; el segundo estudia el contraste físico y moral entre los pueblos de Asia y de Europa, y particularmente entre los de la costa de Asia Menor y los de la península griega.

5. — La naturaleza del niño. ΑΕΤΛΙΟΣ (c. 350).

*Sobre la naturaleza del niño.* Origen y desarrollo del embrión del hombre, de los animales y de las plantas. Observaciones y experimentos en biología. Síntesis de las teorías provenientes de Asia Menor, de Sicilia y de DEMOKRITOS, y precursores de la escuela de Alexandreia. ¿Es ΑΕΤΛΙΟΣ el autor de este tratado?

6. — El estudio de los animales y de su generación. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΣ (345-340).

Una fecunda estada en la isla de Lesbos (343-340). La *Historia de los animales*. Las *Partes de los animales*. En particular la *Generación de los animales*. El gran naturalista ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΣ, es también un sabio universal que se ha embardunado además de filosofía en la escuela de PLATON, aunque su buen sentido se ha rebelado contra las doctrinas del maestro. Mantiene, no obstante, algunos principios a priori que hacen su sistema demasiado rígido y no siempre conforme a la observación en su exposición científica. Evolución de su pensamiento hacia un método cada vez más basado en la observación. Excelencia de sus obras zoológicas, en especial de la *Generación*.

7. — *Sobre la formación anual de las hojas y de los frutos de los árboles y Metafísica* (c. 314). ΤΕΟΠΡΑΣΤΟΣ.

Los últimos defectos de ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΣ en el método científico han sido superados y con ΤΕΟΠΡΑΣΤΟΣ (en la segunda mi-

tad de su vida) nos encontramos frente a los métodos propios de la biología moderna, y el completo repudio, quizás algo excesivo, de todo pensamiento "a priori" o de toda "causa" de naturaleza filosófica. Falta solamente el uso sistemático y reconocido, como plenamente legítimo, de la experimentación, que será, un poco más tarde, introducido con pleno derecho por su discípulo STRATON de Lampsakos y ampliamente difundido entre los médicos, ingenieros y naturalistas de la escuela de Alexandreia en sus primeros siglos de existencia. Las dos grandes obras de TEOPRASTOS, la *Historia de las plantas* y la *Causas de las plantas* no son sino una reunión de escritos de pequeñas dimensiones, compilada algunos siglos más tarde con tan poca habilidad que se confunden y mezclan escritos de la primera época de TEOPRASTOS, cuando aún él admitía "causas" filosóficas, con otros de su última época cuando ya las había rechazado completamente. Así se encuentran, uno después de otro, pasajes que se contradicen abiertamente.

8.— Los *Elementos* de EUKLEIDES (c. 300).

Los *Elementos* de geometría de 'IPPOKRATES de Hios se han desarrollado y mejorado paulatinamente a través de los escritos de muchos matemáticos de valor, hasta convertirse en los de EUKLEIDES que permanecerán, a través de los tiempos, como los *Elementos* clásicos de la geometría elemental y constituirán los textos de enseñanza, no sólo durante la Antigüedad, sino también, con un paréntesis en el medioevo cristiano que los había perdido, en las épocas modernas, hasta nuestros días. Lo que de estos *Elementos* pertenece personalmente a EUKLEIDES y lo que deriva de otros matemáticos anteriores, en particular de EUDOXOS de Knidos.

9.— Los primeros intentos de integración.  
ARHIMEDES (c. 220).

El *Método* de ARHIMEDES, obra ya perdida y descubierta nuevamente en 1896 en Istanbul, nos ofrece un impresionante

cuadro de los progresos alcanzados en esa época remota por el gran matemático de Syrakousai. Entre otros descubrimientos encontramos los primeros intentos de integración (cuadratura de la parábola) y métodos que, superando los preconceptos anteriores de los griegos, emplean recursos de mecánica para resolver cuestiones geométricas, ARHIMEDES, quizás el más gran sabio de la Antigüedad, ha realizado estudios memorables en matemática tratando figuras geométricas complicadas (cuádricas de rotación, espirales), la cuadratura del círculo (número  $\pi$ ), la posibilidad de sistemas de números tan grandes como uno quiera, etc. El conocimiento de sus escritos, que se renueva en el Renacimiento, es uno de los factores determinantes de las nuevas matemática y física.

10—La palanca, los cuerpos flotantes, etc.  
ARHIMEDES.

El genio de ARHIMEDES logró realizaciones de una perfección singular también en cuestiones de mecánica teórica. El estudio de la palanca, ya considerado por ARISTOTELES, es ahora desarrollado desde un punto de vista diferente y en términos estrictamente matemáticos. Así mismo considera los fenómenos que presentan los cuerpos sumergidos o flotantes en el agua (principio de ARHIMEDES). Además ARHIMEDES fué un ingeniero de un valor extraordinario. Según leyendas él inventó máquinas maravillosas, de paz y de guerra, aunque él no dejó nada escrito sobre este tema.

11.—ERATOSTENES y los geógrafos griegos  
(c. 200).

La geografía en Grecia tiene una venerable antigüedad. Los alejaandrinos mencionaban como primer geógrafo a 'OMEROS, especialmente por la *Odisea*. Si bien en el período de los fisiólogos iónicos hubo geógrafos (cito sólo a 'EKATAIOS y 'ERODOTOS) y encontramos mucho más tarde a EPOROS de

Kyme (Eolia) y ΔΙΚΑΙΑΡΧΟΣ de Messene (Sicilia), puede decirse que la geografía científica empieza verdaderamente con ERATOSTENES de Kyrene, el erudito bibliotecario de Alexandria. No sólo él compuso un extenso tratado de geografía, donde la geografía matemática y física muestran un desarrollo satisfactorio, sino fué él el primero en medir el meridiano terrestre con un método absolutamente científico y riguroso. Si se considera que los elementos que intervinieron en el cálculo (distancia de Alexandria a Syene, longitud de las dos ciudades, etc.) no tienen más que un valor relativo, es tanto más sorprendente el resultado obtenido, que se aproxima grandemente a la realidad. ERATOSTENES tuvo muchos sucesores, en general críticos y adversarios de él, de los cuales citamos sólo a ΙΠΠΑΡΧΟΣ, algo más reciente, POSEIDONIOS, del cual no poseemos más las obras, y STRABON, de la época de AUGUSTUS. Este último, siguiendo al historiador POLYBIOS, disminuyó el valor de la geografía matemática, para desarrollar, en máximo grado, a las geografías descriptiva y anecdótica.

En cambio, más de un siglo después, MARINOS de Tyros, que no conocemos sino a través de los escritos, en gran parte polémicos, de PTOLEMAIOS, y este último, en su célebre geografía, después de consideraciones teóricas y de naturaleza matemática, astronómica y cartográfica, no hacen sino darnos las coordenadas geográficas de los lugares que citan. Debe observarse que prácticamente muy pocas de estas coordenadas fueron calculadas con los métodos astronómicos que exigía la teoría, sino se estimaron sobre la base de relatos de viajeros, presentando así errores notables especialmente en las longitudes (Europa y Asia) una extensión de oeste a este mucho mayor que la verdadera, favorecieron 13 siglos después los intentos de cruzar el océano que se suponía existente entre la Europa occidental y Cipango (Japón) y facilitaron así el descubrimiento de América.



12.—ARISTARHOS y la astronomía heliocéntrica (c. 230).

El concepto que los pitagóricos tenían del sistema del universo era demasiado sencillo y, en su mística exagerada, estaba vinculado con los intervalos de las notas musicales. Un notable progreso fué logrado con el sistema de las esferas homocéntricas de EUDOXOS de Knidos, que presentaba, sin embargo, dificultades cuando se pretendía con él llegar a una estrecha coincidencia entre las observaciones y los cálculos. Tales dificultades no fueron eliminadas con el aumento de esferas realizado por KALIPPPOS y, más tarde, por ARISTOTELES. Nace luego el sistema de epiciclos y excéntricos que, quizá ya imaginado por APOLLONIOS de Perge, alcanza su pleno desarrollo con IPPARHOS y que, más tarde, se completará con PROLEMAIOS. Estos sistemas hacían de la tierra, inmóvil, el centro del universo. Pero, sin tomar en cuenta algunas opiniones de pitagóricos de los siglos V y IV, quizás fabulosas y no verdaderamente existidas, se desarrollaron también sistemas que, no sólo hacían girar la tierra alrededor de su eje, sino desplazaban la tierra de su posición central para poner en su lugar al sol. Así, después del sistema de ERAKLEIDES del Pontos que tiene mucha afinidad con el que 18 siglos después imaginará TYCHO BRAHE, tenemos, con ARISTARHOS de Samos, un sistema heliocéntrico puro. Su teoría, sin embargo, no fué aceptada sino por pocos astrónomos posteriores (como SELEUKOS de Seleukeia) y sólo resurgirá, con oportunas modificaciones, en la época de COPERNICUS. ARISTARHOS imaginó también un método teóricamente riguroso para medir las distancias entre la tierra, la luna y el sol, y además, la magnitud relativa de estos cuerpos celestes. En la obtención de estas medidas las dificultades prácticas fueron tan grandes que los valores obtenidos, especialmente los concernientes al sol, están extremadamente alejados de la realidad.

13.—Los mecánicos alejandrinos : KTESIBIOS, PILON, ERON.

Las obras de carácter técnico (trabajos de arquitectura, acueductos, túneles, máquinas de guerra, construcción de buques, etc.) son muy antiguas en los países helénicos. Pero una relación más íntima entre los principios teóricos y la realización práctica, se encuentra especialmente entre los alejandrinos, destacándose los nombres de KTESIBIOS, PILON de Byzantion y ERON de Alexandria, los dos primeros más antiguos y el tercero de fecha incierta: algunos lo han hecho vivir hasta en el siglo III de nuestra era, pero yo lo estimo de fines del siglo I a. C. Del primer técnico citado no tenemos escritos, sino solamente noticias relativamente abundantes, aunque en gran parte legendarias. Las obras que nos quedan de los dos últimos autores presentan por el contrario un gran interés; algunas de las más importantes sólo son conocidas a través de traducciones árabes. Además no todas las obras atribuidas a ERON pertenecen al antiguo ingeniero, existiendo entre ellas algunas compilaciones que llegan hasta la época bizantina. A los nombres de autores griegos citados puede agregarse el del romano VITRUVIUS que, parece ser, vivió en el tiempo de AUGUSTUS; en su obra él se ocupó especialmente de arquitectura y de los tres órdenes: dórico, iónico y corintio, aunque tiene además extensos relatos sobre máquinas, relojes, etc.; pero en las partes más complicadas, no siempre entendió lo que escribía. Más inteligente es FRONTINUS de fines del siglo I y del cual poseemos una obra sobre los acueductos y otra sobre el arte militar, aunque esta última de interés puramente estratégico.

14.—Poemas didascálicos romanos: LUCRETIUS, VERGILIUS, el *Aethna*. SENECA; los tratados de agricultura.

Los romanos no aportan nada teóricamente valioso a la ciencia griega. Se distinguen solamente por un marcado inte-

rés hacia las aplicaciones prácticas, así como por los grandes trabajos de ingeniería. No obstante, con sus conquistas contribuyeron a la difusión de la ciencia griega y con sus versiones simplificadas y reducidas de algunas obras griegas facilitaron e hicieron accesible esa ciencia severa a los no muy profundos hombres del medioevo y hasta de épocas posteriores. Los romanos tuvieron compiladores más o menos inteligentes como PLINIUS, otras veces simples traductores como CELSUS; y también poetas disascálicos: LUGRETIUS con su *De Rerum Natura* (c. 55 a. C.) pone en magníficos versos las doctrinas epicúreas, fruto frecuente de insensatas especulaciones; estos versos como los tratados de los compiladores tendrán, por otra parte, influencia en el Renacimiento y darán origen a movimientos científicos; VERGILIUS con su *Georgica* (c. 40-37 a. C.) para complacer las hipócritas maniobras políticas de AUGUSTUS, canta con competencia la práctica de la agricultura, y un poeta de jerarquía muy inferior a la de los dos citados, quizás un tal LUCILIUS, amigo de SENECA, escribe un pequeño poema sobre el *Aethna* (c. 70). El cordobés SENECA, muy conocido por sus tragedias y sus obras filosóficas y retóricas, merece un lugar especial en la historia de la ciencia por sus *Quaestiones naturales* que, sin ser de gran originalidad, nos ofrecen un cuadro extremadamente interesante sobre cuestiones que los antiguos comprendían bajo el título de “metereología”. SÉNECA es además conocido por sus extrañas *adivinciones*, o pretendidas *adivinciones* (nueva astronomía, naturaleza de los cometas, existencia de “América”, etc.). Se debe también mencionar la serie de escritores romanos sobre temas de agricultura y que fueron más conocidos que los de Grecia. Encontramos así los nombres de CATO, de VARRO, del citado VERGILIUS, de COLUMELLA y de otros romanos del período de la decadencia.

- 15.—La exposición definitiva de la astronomía antigua en la obra de PTOLEMAIOS (c. 150).

El mayor astrónomo de la antigüedad es sin duda alguna (IPPARHOS de Nikea, del III siglo a. C., del cual ahora no poseemos sino pocos escritos de una importancia secundaria. El astrónomo que ha utilizado los estudios y las observaciones realizadas durante los cuatro siglos siguientes y que continuó y completó la obra de (IPPARHOS fué KLAUDIOS PTOLEMAIOS (mediados del siglo II). Su *Syntaxis mathematica* ha codificado la astronomía antigua en tal forma que la hizo vivir inalterada durante 15 siglos, hasta su derrota en el siglo XVII. Existen otros escritos astronómicos de PTOLEMAIOS, entre los cuales el primer libro de la *Hipótesis de los planetas* (el segundo es ciertamente de otro autor y de época posterior), y además la ya citada *Geografía*, que tuvo entre los árabes, en el medioevo y en el Renacimiento un papel no menos importante que él del *Almagesto*. PTOLEMAIOS fué también autor de un *Pentabiblos*, tratado de astrología que gozó de gran autoridad hasta nuestros días. Más importante que este tratado es, nos parece, su obra sobre óptica en la que no sólo estudia el problema de la reflexión, ya conocido por EUKLEIDES sino que, por primera vez, considera la refracción haciendo, al respecto, medidas bastante precisas. Es lástima que de esta obra no poseamos sino una traducción latina del siglo XII (de EUGENIO, almirante de Sicilia) realizada sobre una traducción árabe, imperfecta y mutilada, del original griego.

- 16.—La sistematización de la medicina antigua en la obra de GALENOS (c. 180).

Después de una serie de médicos merecidamente célebres y de una lucha entre varias escuelas médicas (dogmáticos, empíricos, metódicos, pneumáticos, etc.) el verdadero sistematizador de la medicina antigua es GALENOS de Pergamon, contemporáneo de PTOLEMAIOS y que, en verdad, no pertenece, en

sentido estricto, a ninguna de las escuelas mencionadas, siendo de tendencia ecléctica, además de filósofo y gran admirador de ARISTOTELES. Partiendo de ἹΠΟΚΡΑΤΗΣ de Kos, pero introduciendo un orden sistemático que no existe en la *Colección hipocrática*, completa esa colección sirviéndose de los resultados logrados por los médicos anteriores a él y de sus propios y amplios conocimientos anatómicos, fisiológicos y terapéuticos y compone una larga serie de escritos que constituyen un cuerpo de medicina que hizo ley él también hasta los siglos XVI y XVII. Este sistema con su espíritu finalista (todo ha sido hecho por el Creador con un fin determinado) se avenía bien con el sentimiento de la iglesia que iba a triunfar, lo que explica, entre otras causas, su éxito durante tantos siglos. Este espíritu se manifiesta de modo particular en los dos grandes tratados anatómicos *De usu partium corporis humani libri XVII* y *De anatomicis administrationibus libri XV*. De esta última obra la segunda mitad (los últimos siete libros) sólo se conocen por una traducción árabe. Durante muchos siglos estos dos tratados sustituyeron completamente la práctica de la disección, prohibida por las leyes. También el *Methodi medendi libri XIV* fué el libro clásico de terapia durante muchos siglos, conocido como *Megatechne* (o *Ars magna*), mientras un resumen de él, *Micratechne* (o *Ars parva*), gozó de una difusión aún mayor. Muchos escritos de GALENOS son interesantes por su carácter histórico. No deben, por último, olvidarse sus escritos farmacológicos, en especial su *De simplicium medicamentorum temperamentis et facultatibus libri XI*, que quedó clásico él también y que con el *De materia médica* de DIOSKYRIDES (o DIOSKOURIDES) autor de un siglo anterior a GALENOS, constituyeron la principal fuente de todos los farmacólogos. La obra de DIOSKYRIDES, consagrada especialmente al estudio de las plantas medicinales favoreció de un modo particular a los estudios botánicos y al desarrollo de esta ciencia en el Renacimiento.

17.—Técnica y alquimia egipto-helénicas ;  
ZOSIMOS (c. 300).

Las manipulaciones químicas son tan antiguas como las más remotas civilizaciones humanas y ya vimos el papel preponderante que ejerció la metalurgia en la prehistoria. Por otra parte la preparación de joyas y de tinturas, la industria del cuero y del tejido, la cerámica, etc. alcanzaron un gran desarrollo en el antiguo Egipto, en la Mesopotamia y en otros numerosos lugares. Pero no encontramos verdaderamente colecciones de recetas técnicas de esta naturaleza hasta los primeros siglos de nuestra era y ellas pertenecen en su casi totalidad al Egipto helenizado. En estas colecciones están también comprendidas recetas para colorear metales inferiores con el objeto de hacerlos pasar por oro o plata, o pedazos de vidrio sin ningún valor para hacerlos pasar por piedras preciosas. Se desarrolla así una ciencia o pseudociencia cuyo propósito es transformar metales inferiores, como el plomo, el estaño y otros, en metales nobles y lograr otros beneficios de análoga naturaleza. Se trata del nacimiento de lo que se acostumbra denominar alquimia. Con el tiempo adquirieron cada vez más preponderancia los aspectos irreales y fantásticos, mientras conceptos alegóricos referentes a cuestiones morales u otras, se mezclan íntimamente a las cuestiones de naturaleza química. Se pasa así paulatinamente de los papiros de Leiden y de Stockholm a los *φυσικά και μυστικά* del pseudo-Demokritos, a los tratados de ZOSIMOS, el más genuino representante de la alquimia griega, hasta llegar a las fantasías de los alquimistas griegos ulteriores como SYNESIOS (¿el obispo de Kyrene?) del siglo IV, OLYMPIODOROS (siglo V), KALLINIKOS (siglo VII) y de los árabes vinculados estrechamente a estos últimos. El citado KALLINIKOS sería el inventor del “fuego griego” que salvó a Constantinopla de los asaltos de los árabes.

18.—El nacimiento del álgebra: AL-HUWĀRIZMĪ (c. 830).

¿Conocían los antiguos egipcios o, en especial, los babilonios, lo que hoy se denomina álgebra? Muchos matemáticos modernos contestan afirmativamente al considerar que los babilonios han resuelto numéricamente ecuaciones de segundo y hasta tercer grado. Entre los griegos soluciones de esta naturaleza sólo son logradas mediante métodos geométricos, pero los libros de DIOPANTOS (siglo III?) hacen ya pensar en algo semejante al álgebra. De todos modos no encontramos explícitamente un tratado de esta naturaleza hasta AL-HUWĀRIZMĪ que vivió en Bagdád en la época del califa AL-MA'MŪN. Hay quien cree que este matemático árabe no es original y que más bien ha seguido resultados logrados por matemáticos babilonios, de los cuales no encontramos los cálculos en las tablillas de barro cocido que constituyen, quizás, la ciencia entonces considerada como oficial; de cualquier manera el citado sabio árabe es el primero que nos ha dejado un libro de *al-ğabr wa-al-muqābala*, de donde deriva el mismo nombre de álgebra, que ha tenido una influencia decisiva y directa sobre todos los matemáticos posteriores no solamente árabes, sino también (en oportunas traducciones) sobre los del occidente cristiano. Muchos otros algebristas cuenta el mundo árabe; menciono sólo al célebre 'UMAR AL-HAYYAMĪ (quizás el mismo autor de las famosas *Rubā'iyāt*) al cual debemos (hacia 1100) una clasificación completa de las ecuaciones de tercer grado y la resolución de algunas de ellas. AL-HUWĀRIZMĪ, que fué también geógrafo, siguió en esta ciencia las huellas de PTOLEMAIOS y fué quizás uno de los sabios que midió el grado terrestre por orden del califa ya mencionado. AL-HUWĀRIZMĪ, escribió además otros tratados matemáticos y adoptó el sistema de numeración hindú, caracterizado principalmente por la introducción del cero, y la difusión de sus obras contribuyó grandemente a generalizar el uso de este sistema en Oriente y, más tarde, en Occidente.

19.—El primer tratado moderno de química: AL-RÁZÍ (850).

Hemos anotado que la alquimia griega se volvió con los autores árabes aún más fantástica, mística y alegórica. Los biógrafos árabes y los alquimistas posteriores nos hablan además de un tal ĠĀBIR que habría sido un excelente químico del siglo VIII, que, según autores más modernos, conocía sustancias (ácidos minerales, alcohol, etc.) que no fueron descubiertas sino cinco o seis siglos más tarde. Investigaciones recientes nos muestran que este sabio existente fué inventado por los "Hermanos de la pureza", una secta śī'īta que en el siglo X publicó bajo el nombre de ĠĀBIR, presunto discípulo y compañero del sexto imān, Ġa'far al-Sādiq, una serie de escritos destinados a divulgar su misticismo y en los que la parte alegórica y la intención moral, supera en mucho lo que ellos contienen de química. Demás está insistir que en estos escritos del siglo X no se encuentran los extensos conocimientos que los historiadores muy cándidos atribuyen a aquel presunto autor. La alquimia, por lo tanto, se desarrolló en el mundo árabe en dos direcciones: una es la que se servía de la terminología química para exponer principios morales y místicos, y la otra era la que se mantenía estrechamente vinculada a la realidad y, podemos agregar, a la experiencia. De esta última naturaleza es la obra de ABŪ BAKR MUHAMMAD B. ZAKĀRĪYĀ AL-RĀZĪ (865-925) el Rhazes de los autores latinos medievales. Es cierto que él creía en la posibilidad de la transformación de los metales no nobles en nobles y que en un curioso relato que figura en su más importante obra química *sirr al-asrār* (el secreto de los secretos), da cuenta de haber realizado efectivamente esa transformación. Pero, aparte de esto, que puede tener su explicación en falsas interpretaciones de hechos verdaderamente observados, AL-RĀZĪ es un sabio consciente, agudo observador y que sabe componer un tratado que, como dice RUSKA, es el primer tratado moderno de química por el cui-



dado con que el autor describe al comienzo las varias sustancias y los aparatos de los que hará uso, y por la minuciosa descripción de las reacciones que él observa. Si en este último aspecto muchas veces no comprendemos lo que él hace, se debe en gran parte a nuestra dificultad para interpretar exactamente los términos y las expresiones que se encuentran en sus escritos. AL-RÂZÎ fué el primero de una serie de químicos prácticos y su influencia llega hasta los cristianos occidentales que conocieron muchos de sus escritos o de los que provienen de los suyos, confundiendo el nombre del autor que, de manera verdaderamente extraña, a veces se convirtió en el del inexistente GÂBIR.

20. — El *Continens* de AL - RÂZÎ y el *Canon* de IBN SÎNÂ (860 - 1000).

AL-RÂZÎ no fué solamente un químico ilustre. Su nombre, en su época y para la posteridad, está más ligado a su obra como médico. La medicina árabe deriva directamente de GALENOS y, por intermedio de éste, de ἹΠΟΚΡΑΤΗΣ. Los otros médicos y escuelas fueron olvidados. En cambio GALENOS, tuvo numerosas traducciones, antes del griego en siríaco y del siríaco en árabe, más tarde directamente en árabe. El traductor más fecundo (de griego en siríaco y después en árabe) fué HUNAYN B. ISHÂQ AL-IBÂDÎ (c. 809-877) el IOHANNITIUS de los latinos. Él fué también médico y escritor original como muestran sus tratados de oftalmología. Si bien no puede negarse a los árabes muchos progresos, especialmente en conocimientos farmacológicos y también terapéuticos, la mayor parte de sus escritos son comentarios a GALENOS y variaciones sobre sus doctrinas. Añádase que la prohibición absoluta de diseccionar el cuerpo humano y muchas veces también el de los animales, hacía muy difícil adquirir nuevos conocimientos anatómicos y fisiológicos, o corregir los no pocos errores en que había caído GALENOS. Pero podemos decir que AL-RÂZÎ, aún manteniéndose dentro de la mentalidad general de los árabes,

constituye una excepción por el valor de su teoría y de su práctica. Además, sin discusión posible, él fué el clínico más valioso que encontramos en el mundo musulmán. Las observaciones clínicas que están en su *Al-Hâwî* (*Continens*), a pesar del hecho de ser ellas muy raras en las otras obras médicas, son tan excelentes que merecen ser colocadas en el mismo pié de igualdad que las de ἹΠΟΚΡΑΤΕΣ en las *Epidemias*. *Al-Hâwî* es una obra de dimensiones colosales, en parte escrita por el mismo AL-RÂZÎ y en parte reunida por sus discípulos, después de su muerte, de los apuntes que él había dejado. Los historiadores modernos no tienen aún conocimiento directo de todas sus partes. Su otra obra *Kitâb al-Mansûri*, es decir libro dedicado a AL-MANSÛR, es más corta y sintética, pero no de menor valor. Debemos además a AL-RÂZÎ algunas monografías especiales: su escrito sobre la viruela y el sarampión (*Kitâb al-gadarî wa-al-hasba*) es el primer tratado no sólo sobre esas afecciones cutáneas sino también concerniente a una enfermedad particular y ha maravillado a todos los médicos ulteriores que lo consideraron como la obra maestra de la literatura médica árabe. Si dejamos a 'ALÎ IBN AL-'ABBÂS († 994), el Haly Abbas de los latinos, que tanta influencia ejerció en el islâm y en la cristiandad, cuyo *Kitâb al-malakî* (*Liber regius*) se puede comparar con el *Kitâb al-Mansûri* de AL-RÂZÎ, y anotemos además, que en la historia de la medicina árabe, ocupa un lugar importante el *al-Qânûn* de IBN SÎNÂ (980-1037), el Avicenna del Occidente.

Aunque esta obra se extiende a toda la medicina y comprende partes de gran valor, su autor no es verdaderamente un médico y sus escritos no pueden compararse a los de AL-RÂZÎ. Sin embargo en Oriente y en Occidente esta obra de Avicenna tuvo una difusión y una influencia mayor que la de su antecesor. IBN SÎNÂ es, con todo, más notable por su *Kitâb al-sifâ* (*libro de la curación*), obra enciclopédica estrechamente ligada a la de ARISTOTELES, donde no sólo se trata de lógica o de otras concepciones filosóficas, sino también de

física y de historia natural en general. Agreguemos que como químico AVICENNA niega la posibilidad de la transformación de los metales.

21. — El desarrollo de la óptica: IBN AL-HAYTAM (c. 1000).

Ya con EUKLEIDES, o por lo menos aproximadamente en su época, la óptica geométrica obtuvo un interesante desarrollo. Hubo después otros autores que trataron de óptica o que ampliaron o comentaron obras anteriores. Al conocimiento de las leyes de la reflexión, PTOLEMAIOS añadió las de la refracción. Después para encontrar en la óptica geométrica nuevos progresos, debemos llegar hasta a IBN AL-HAYTAM, el Alhazen de los occidentales, nacido en Basra ( 'Irâq ) y muerto en el Cairo hacia 1039. Su *Kitâb al-Manâzir*, notable bajo todos los aspectos, tuvo la suerte de encontrar un comentarista de un valor casi igual al de su autor: KAMÂL AL-DÎN ABÛ AL-HASAN AL-FÂRISÎ (muerto hacia 1320) quien agregó a la obra de su predecesor toda una serie de estudios originales. La *Optica* de IBN AL-HAYTAM, junto con el comentario de KAMÂL AL-DÎN, tuvo una gran difusión entre los árabes y aún entre los cristianos y de ella dependen estrechamente ROGER BACON, WITTELO y otros autores del medioevo y del Renacimiento. Recordemos en particular el célebre "problema de Alhazen": si consideramos un espejo cilíndrico y un objeto puntual, determinar la posición que debe tener el ojo para ver el objeto en el espejo; problema que conduce a una ecuación de cuarto grado y que IBN AL-HAYTAM resolvió mediante la intersección de una circunferencia y una hipérbola. IBN AL-HAYTAM fué también un afamado ingeniero y un astrónomo de influencia. En un pequeño tratado que obtuvo gran difusión, él habla de los orbes de los planetas y considera, siguiendo el pseudo-ptolemáico segundo libro de la *Hipótesis de los planetas*, como materialmente existentes las 43 esferas excéntricas y epicíclicas que determinan sus movimientos, además de la de las fijas,

sosteniendo la teoría que, puede decirse, fué adoptada por la generalidad de los astrónomos árabes y de los de la cristianidad durante la edad media.

22.—El más gran sabio árabe: AL-BÎRÛNÎ  
(c. 1000).

Es extraño que el que fué el más gran sabio del mundo islámico, llamado por antonomasia *al-Ustâd*, el Maestro, y que gozó en todo el Oriente musulmán de una autoridad y reverencia sin par, fué algo menos ampliamente conocido en el Occidente árabe, y completamente desconocido durante la Edad media en los países cristianos. ABÛ AL-RAYHÂN MUHAMMAD B. AHMAD AL-BÎRÛNÎ nació en 973 en Hwârizm y después de haber residido en varios lugares de los países orientales fué a parar a Gázna, donde reinaba el afamado conquistador MAHMÛD AL-ĠÂZÎ (el victorioso). Después de un período muy crítico, AL-BÎRÛNÎ conquistó el favor de los príncipes, especialmente de AL-MAS'ÛD, hijo y sucesor de MAHMÛD, al cual dedicó su gran obra astronómica conocida como *Al-qânûn al-Mas'ûdi*. La conquista de la India, cumplida por el sultan de Gázna, permitió a AL-BÎRÛNÎ conocer íntimamente la geografía, las costumbres, y la ciencia de los hindúes, de manera particular la astronomía y sobre estos temas escribió su obra inmortal *Tahqîq mâ li-l-Hind*. AL-USTÂD tuvo conocimientos profundos de matemática, siendo notables sus trabajos sobre trigonometría. Se ocupó de *Cronología de los pueblos antiguos* en otra obra entonces y ahora muy conocida. Escribió sobre mineralogía, farmacología y medicina y conocemos de él un curioso, pero muy interesante, tratado de astrología. Sus determinaciones de pesos específicos son importantes por su precisión y por los instrumentos imaginados y empleados por AL-BÎRÛNÎ. Sus métodos fueron más tarde perfeccionados por AL-HÂZINÎ (florecedo hacia 1118), sabio notable por sus obras de mecánica, hidrostática y física general.

23.—Los árabes en España : IBN RUS̄D y  
MAIMONIDES.

En el suelo ibérico, los árabes y los bérberes, mezclándose con las poblaciones ya latinizadas por los romanos, lograron desarrollar una civilización que, aunque surgida más tarde, nada tiene que envidiar a la que tuvo lugar en el Misr (Egipto), el Irâq y el Irân. La ciencia que floreció en al-Andalus, a través de sabios judíos o directamente, se transmitió, mediante traducciones o por escuelas de traductores, a los pueblos cristianos. La misma cosa ocurrió, aunque en medida menor, en Sicilia, donde los “árabes” dominaron durante algunos siglos. Sería demasiado largo mencionar todos los grandes sabios de al-Andalus (la parte musulmana de España). Citando únicamente a ABŪ AL-QĀSIM AL-ZAHRĀWĪ (Abulcasis), el cirujano tan apreciado por los cristianos; a AL-ZARQĀLĪ (Arzachel), el célebre astrónomo y constructor de instrumentos; a QĀDĪ SĀ'ĪD, el primer árabe que escribió una verdadera historia general de la ciencia; a IBN TUFAYL, el autor de *El filósofo autodidacto*; a AL-IDRĪSĪ el conocido gran geógrafo y cartógrafo; a los afamados médicos de la familia de los IBN ZUHR (Avenzoar) y a los farmacólogos y botánicos ABŪ ĠĀ'FAR AHMAD AL-ĠĀFIQĪ e IBN AL-BAYTĀR; detendremos nuestra atención solamente sobre IBN RUS̄D (Averroes) y MOSEH B. MAIMON (Maimonides). IBN RUS̄D (1126-1198) es universalmente conocido como el gran comentarista de ARISTOTELES. En efecto él hizo tres comentarios: *al-ġāmi'* (el pequeño) que era en realidad un sumario comentado, *al-talḥīṣ* (el mediano) mucho más extenso y *al-tafsīr* (el grande), donde el texto mismo de ARISTOTELES está acompañado por un comentario más amplio con numerosas y largas digresiones. Actualmente no poseemos sino partes de los tres comentarios. Pero, no obstante que toda la filosofía y ciencia natural (física) árabe derivan de ARISTOTELES (piénsese solamente en

AL-FĀRABĪ y en IBN SĪNĀ) el comentario de IBN RUSD tuvo una resonancia enorme, tanto más que el mismo autor sostuvo como “filósofo” (es decir pensador algo libre) una fuerte polémica con AL-GĀZALĪ, representante de la ortodoxia estricta. El último obtuvo finalmente la victoria, hecho que marca el fin del florecimiento de la ciencia árabe. IBN RUSD tuvo también una gran difusión en el occidente cristiano, donde dominó durante algunos siglos en las escuelas (las nuevas universidades) y se convirtió finalmente en el símbolo de un movimiento heterodoxo denominado luego el movimiento “libertino”. IBN RUSD fué también médico y su obra *Kitāb al-kulliyāt fī al-tibb* (libro de las generalidades sobre la medicina, que los latinos, por razones únicamente fonéticas, denominaron *Colliget*) tuvo una gran difusión en las dos grandes civilizaciones de entonces. MAIMONIDES (1135-1204), nacido como IBN RUSD en Córdoba, debió abandonar, por razones religiosas, su patria, así como Marruecos donde se había refugiado, estableciéndose definitivamente en Egipto donde alcanzó gran fama como médico y como exegeta y donde después de muchos años de intenso trabajo, murió en al-Fustāt. La importancia de este destacado judío reside igualmente en sus extensos escritos religioso-filosóficos y en sus obras y prácticas médicas. Escribió exclusivamente en árabe, pero sus obras fueron bien pronto traducidas al hebreo y también al latín. Uno de sus más célebres escritos médicos es el *Kitāb al-fusūl fī al-tibb* (libro de los aforismos sobre la medicina), pero poseemos de él otras obras interesantes. Anotemos que él se interesó por la astronomía y que en su carta a los rabinos de Marseille, critica la astrología, lo que es un valioso testimonio de su buen sentido.

24.—La medicina salernitana y CONSTANTINO AFRICANO (c. 1080).

Hemos visto que en España y también en Sicilia la obra intensa de traductores judíos y extranjeros de los siglos XII,

XIII y XIV (citamos por ejemplo: JUAN DE SEVILLA y GUNDISALVI, GHERARDO DE CREMONA y PLATONE DE TIVOLI, ROBERT OF CHESTER y ALFRED OF SARASHEL, además de la familia judía de los IBN TIBBON y los colaboradores de ALFONSO EL SABIO) trasmitió al mundo cristiano semi ignorante la extensa sabiduría de los árabes. Pero ya desde más temprano, en el siglo XI, se produjo un contacto en el campo de la medicina. En la ciudad de Salerno, situada en un lugar favorecido por su clima y por ser la encrucijada de los caminos que conducían a los cruzados a la Palestina o los devolvían de ésta a sus patrias, se había desarrollado sobre la base de los escritos de los antiguos y de los bizantinos, una escuela médica que alcanzó merecidamente una gran fama. Sin embargo esta escuela floreció repentinamente de una manera maravillosa cuando a sus conocimientos tradicionales se unieron los de los árabes. Una leyenda curiosa nos narra la llegada de un moro africano, docto en medicina y cargado con las obras más importantes en esta disciplina y que, convirtiéndose al cristianismo bajo el nombre de Constantino y haciéndose luego monje en la abadía de Monte Cassino, consagró su vida a la traducción en latín de las obras árabes que él había traído consigo. Murió en 1087. La obra de CONSTANTINO AFRICANO fué como abonar profusamente un campo hasta entonces no excesivamente fecundo. La Escuela de Salerno se convirtió, por muchos siglos, en la primera de la Cristiandad y no sólo eso, sino que de ella surgieron, en gran parte, otros centros médicos fecundos entre los cuales la no menos célebre escuela de Montpellier que, sin duda, recibió también la influencia catalana. Así, antes que las otras ciencias, la práctica médica comenzó a desarrollarse en Occidente.

25.—La *Summa perfectionis magisterii* y tratados análogos (Siglos XII y XIII).

Aun en los siglos más bárbaros y tenebrosos, quedó entre los cristianos el recuerdo de la técnica, y de las recetas de

las artes menores, de la minería, de la tintorería, orfebrería, etc. Encontramos así algunos escritos de esta naturaleza en las *Compositiones ad tingenda musiva* del codice de Lucca del siglo IX, en la *Mappae clavícula* algo posterior, en los apuntes de un tal THEOPHILUS PRESBITER. También el conocimiento y práctica de las reacciones químicas prosiguió en la alta Edad Media y llegó. en el siglo XII o XIII al descubrimiento, en Italia, de la preparación del *aqua vitae* (alcohol), vinculado con el perfeccionamiento del aparato refrigerador del alambique, y al descubrimiento de los ácidos minerales. Todo esto, después del siglo XI, está estrechamente vinculado con el estudio y las traducciones de los escritos alquímicos árabes, y con las ampliaciones de éstos y las compilaciones de obras que, bajo la influencia de aquellos, pueden considerarse originales. En este sentido jugaron un papel importante los escritos de AL-RÁZÍ, aunque, de un modo extraño, se hable siempre del químico inexistente GEBER, como se le llamaba en el mundo latinizado. El apogeo de estos escritos lo constituyen seis tratados del siglo XIII, titulados: *Summa perfectionis magisterii*; *De investigatione perfectionis*; *De inventione veritatis*; *Liber fornacum*; *Testamentum Geberis Regis Indiae*; *Alehemia Geberis*, todos atribuídos a GEBER, pero completamente originales del Occidente. El primero es especialmente notable, como el tratado químico más desarrollado de la época. La parte mística y alegórica, que infestará tantos tratados posteriores (hasta los siglos XVII, XVIII y aún más allá) está casi eliminada en estos valiosos escritos, aunque la búsqueda de la "noblificación" de los metales no nobles constituya una parte importante de ellos. Agreguemos que en el *Liber fornacum* y en el *De inventione veritatis* hay indicaciones claras sobre el ácido nítrico y el agua regia (obtenida agregando sal amoníaco al primero), indicaciones que no se encuentran en el *Summa*, quizás debido a que éste sea de época anterior. Hay, en cambio, en este último una indicación que puede hacer pensar en el ácido sulfúrico; sin embargo este hecho no esta determinado de modo evidente. Escritos alquimísticos de esta



época han sido también atribuidos a ALBERTUS MAGNUS, a TOMMASO D' AQUINO, y a ROGER BACON, pero tales suposiciones son muy problemáticas.

26. — La aguja magnética y la brújula. La *Epistula* de PETRUS PEREGRINUS (1267).

Suele afirmarse que no sólo el conocimiento de la propiedad de orientarse que posee la aguja magnética, sino también la brújula, son antiguas invenciones chinas. Nada de más falso. No es sino en el siglo XI que encontramos en escritores chinos (SHÊN KŪA) una primera referencia a la aguja magnética, pero sin hacerse mención de su posible uso en la navegación. Solamente algo más tarde CHU YU, refiriéndose a los años 1086-1099 cita este último hecho agregando que esta práctica había sido introducida por marinos extranjeros. Es probable que tal uso práctico de la aguja magnética fuera descubierto por los árabes, pero no antes de fines del siglo X, pues no encontramos ninguna mención del mismo en un viajero empedernido y escritor de saber tan extenso como fué AL-MAS'UDÍ. Recién en BAYLAK AL-QABAGAQÍ, con motivo de un viaje marítimo realizado en 1242, encontramos una descripción minuciosa de esa práctica al referirnos como hacían los navegantes para tomar la dirección norte-sur. Pero en esa época las propiedades de la aguja magnética eran ampliamente conocidas por otros pueblos también. La primera descripción exacta que encontramos entre los sabios de la Cristiandad es la de THOMAS DE CANTIMPRÉ de 1256, aunque también hablan de esta piedra ROGER BACON y ALBERTUS MAGNUS, pero refiriéndose a GHERARDO DE CREMONA, es decir que el conocimiento proviene de los árabes. (No es probable que los Vikings, como sostienen algunos autores afectados de nacionalismo nórdico, conocieran y usaran la aguja magnética en sus viajes a Islandia y Groenlandia). Finalmente se encuentra en PETRUS PEREGRINUS de Maricourt en su *Epistula* que escribió en 1269 durante el sitio de Lucera por Carlo d'Angiò. Esta *Epistula* merece ser

leída como una obra científica clásica de la mayor importancia. Pero con el conocimiento de la aguja magnética y de su uso en la navegación no se había llegado aún a descubrir la brújula; ésta consiste esencialmente en la unión de la aguja, oportunamente suspendida, con una figura que representa la rosa de los vientos. Esta invención que ofrecía a los navegantes un método seguro para orientarse (antes de ella las condiciones del mar no permitían siempre tomar el norte) se realizó hacia el 1300 en una ciudad marítima de Italia meridional, probablemente Amalfi. Pero sólo un equívoco colosal pudo hacer aparecer el nombre de un inexistente FLAVIO GIOIA como inventor de la brújula, y no podemos sino asombrarnos ante la sencillez y locura de los amalfitanos, que no solamente juran por la existencia real de este ilustre desconocido sino, en su campanilismo, llegaron hasta a erigirle una estatua en su honor. La invención de la brújula, junto con los perfeccionamientos de los navíos, en especial del timón, hizo no sólo posibles, sino relativamente sencillos, los viajes por alta mar, constituyendo así un factor determinante de la era de los grandes descubrimientos que empieza en el siglo XIV y que culmina con los viajes de COLOMBO y de MAGALHÃES.

27.— La introducción de la matemática árabe en Occidente : LEONARDO PISANO (1202-1220).

La época de las traducciones del árabe termina con la obra de sabios, grandes y originales, que encontraron su inspiración en los escritos árabes y vivieron largo tiempo en tierras de infieles estudiando minuciosamente su producción literaria y científica. De los tres más grandes de estos sabios dos son catalanes: ARNALDO DE VILLANOVA y RAMÓN LLULL (o Lull). Especialmente médico el primero, teólogo y filósofo el segundo (él es uno de los más encarnizados adversarios del averroísmo), son ambos reputados como grandes alquimistas y se encuentran bajo sus nombres muchos tratados, ciertamente apócrifos, de esa naturaleza. El tercero fué un pisano que vivió mu-

chos años en Bugía y en otras ciudades musulmanas en una casa de comercio. Aquí el gran LEONARDO, apodado FIBONACCI, adquirió un conocimiento profundo de la larga serie de matemáticos del Oriente y, al regreso a Pisa, con sus obras: el *Liber abaci* (de 1202, nueva edición 1228), la *Practica geometriae* (de 1220) y otras más cortas pero no menos originales e importantes, fué el gran renovador de la matemática en Occidente y marca el punto de separación y, al mismo tiempo, de unión de dos épocas científicas. No podemos, en este sumario, entrar en detalles sobre su matemática, podemos sí mencionar sus estrechas relaciones con FEDERIGO II emperador y rey de Sicilia, con el conocido MICHAEL SCOTT y con el matemático TEODORO, con el cual y otros sabios de la corte del emperador sostuvo discusiones matemáticas. En los siglos siguientes la matemática no hizo progresos sensibles en Occidente y debemos llegar hasta el Renacimiento para asistir a un florecimiento verdaderamente maravilloso.

28. — Un gran sabio ignorado por sus contemporáneos: LIONARDO DA VINCI (c. 1500).

El Renacimiento que empieza en Italia con las obras de PETRARCA y de BOCCACCIO es aquel movimiento en el cual se redescubre, y de manera directa, los clásicos antiguos: latinos y griegos, adoptando, ante las maravillas griegas y latinas que se tenía ante los ojos, una postura intelectual original, rechazando cada vez más el pensamiento y las manifestaciones góticas de la época medieval. La literatura y las artes plásticas fueron las primeras en manifestar el nuevo espíritu. Más tarde vino la ciencia, la que, puede decirse, tuvo en Italia su pleno florecimiento a fines del siglo XV y durante todo el XVI. En el extranjero el movimiento renacentista se desarrolló mucho más tarde, tanto en las artes como en la ciencia. La figura sobresaliente, y también la más curiosa y misteriosa de esta época es LIONARDO DA VINCI (1452-1519). Ansioso por conocer todo lo cognoscible, de tendencias sexuales

particulares, que se manifiestan abiertamente en su carácter, LIONARDO fué un gran artista, especialmente pintor, pero quizás fué aún más un gran sabio. Sin embargo son pocas las obras acabadas por él: no muchas obras pictóricas y, podemos decir, ninguno de los tratados científicos que él meditaba; de algunos de los cuales, sin embargo, él nos ha dejado un minucioso sumario que ha permitido, a alguien, reconstruir con propias palabras de LIONARDO: un tratado sobre la pintura, un tratado *Del moto e misura dell'acqua* y un tratado sobre el vuelo de las aves. Sus dibujos anatómicos y mecánicos hacen de él no sólo el primer anatómico y el primer ingeniero de su época, sino también de muchos decenios después, quizás de todo un siglo. Pero, aparte de las pinturas, que hacía por encargo, o de los ensayos para el "gran caballo" del monumento a SFORZA, o las obras arquitectónicas, militares y las "conche" (esclusas) de los canales, lo que nos ha dejado el gran toscano son solamente innumerables apuntes, sin orden o secuencia lógica, escritos en general con su escritura especular y complementados con variados dibujos y que hoy, reunidos en diferentes "codices" constituyen los tan valiosos "manuseritos" lionardianos que sólo en nuestros días han podido aparecer, o irán apareciendo, en forma completa, en reproducciones facsimilares, en transcripción diplomática y en un italiano más comprensible o en traducciones extranjeras. Esos apuntes encierran observaciones originales, pero también notas extraídas de sus lecturas o recuerdos autobiográficos particulares, como notas de pagos, etc., etc.. No es fácil separar de toda esta masa confusa, lo que pertenece verdaderamente a la ciencia o a la técnica original de LIONARDO, y el reconocimiento de esto ha constituido y está constituyendo la obra de muchos valiosos historiadores. Sin discusión posible puede sin embargo afirmarse que LIONARDO fué un gran precursor genial en casi todos los sectores científicos. Una cuestión, no sólo interesante, pero de importancia fundamental para la historia de la ciencia, es saber si su obra literaria, así como sus dibujos anatómicos y mecánicos fueron conoci-

dos por los contemporáneos y por los hombres de las generaciones próximas inmediatas. Los numerosos manuscritos que LIONARDO dejó a su muerte en el castillo de Cloux, cerca de Amboise, corrieron una suerte muy extraña. Por el testamento él los legó a su discípulo predilecto FRANCESCO MELZI, quien los transportó nuevamente, al otro lado de los Alpes, al castillo de Vaprio, dominio que aún pertenece a la familia MELZI, y los conservó cuidadosamente. Pero a la muerte de FRANCESCO su hijo y los sucesores no tuvieron el mismo cuidado. Algunos manuscritos y modelos fueron robados, otros regalados, y otros también vendidos. Parece casi un milagro que gracias a algunos coleccionistas, especialmente ingleses, y al interés de POMPEO LEONI, a quien se debe la compilación del *Codice Atlantico* hoy conservado en la "Ambrosiana" de Milano, que se haya podido reunir si no la totalidad, por lo menos una parte notable de esos preciosas reliquias. Ahora bien, es de suponer que los MELZI y los otros poseedores de los manuscritos y dibujos, no los mantuviesen absolutamente ocultos y que pintores, arquitectos y sabios habrán tenido la ocasión, sin duda no frecuente, de verlos. Sin embargo la opinión general de los historiadores es que estas obras de LIONARDO quedaron completamente desconocidas por muchos siglos y que la ciencia y la técnica debieron después reconquistar fatigosamente lo que había sido ya descubierto o imaginado por este genio ilustre. Yo creo que esta opinión debe ser atenuada. Es muy probable que los escritos de LIONARDO, con su manera curiosas de ser ejecutados con la mano izquierda y de derecha a izquierda, quedaron como secretos impenetrables a los pocos sabios que entonces los vieron. No puede decirse lo mismo de los dibujos, que se presentan con claridad a los que los observan. Si los grandes anatómicos del Cinquecento, con los exquisitos artistas que prepararon sus ilustraciones, no dependieron mucho de LIONARDO, que quizás no conocieron en absoluto, otra cosa debe decirse respecto de los arquitectos, inventores y constructores de máquinas. Es probable que éstos, en número relativamente grande, obtuvieran acceso a las

colecciones, por intermedio de los MELZI o a favor de su dispersión, de tal modo que en estos campos la obra de LIONARDO no quedó completamente inutilizada. El cuadro que figura en la *Historia de las invenciones mecánicas* de A. P. USHER (p. 175 y siguientes de la edición española, México, 1941) en el cual encontramos toda una serie de máquinas cuya invención fué atribuida a BENEDETTO CASTELLI, PASCAL, STEVIN, RAMELLI, BESSON, BRANCA, B. LORINI, VAUCAUSON, VERANZIO, ZONCA, JÜRGEN, B. CELLINI, STRADA, AGRICOLA y muchos otros, y cuyos dibujos están en los manuscritos de LIONARDO, no constituye sin duda un hecho debido al azar; y en la gran mayoría de los casos los supuestos nuevos inventores directamente o indirectamente han usufructuado lo que LIONARDO había dibujado y quizás, en algunos casos, realizado prácticamente.

29. — Las exploraciones geográficas. Las cartas náuticas y PEDRO NUNES.

Hemos dicho que el perfeccionamiento en la náutica hizo posible los grandes viajes de exploración, los que, a su vez, provocaron el desarrollo y la gran multiplicidad de las cartas náuticas. Había en la antigüedad los denominados “periplos” en los que anotaban los puertos que se encontraban viajando a lo largo de una costa, indicando las distancias de uno a otro. Como consecuencia de la navegación con la brújula y los viajes en alta mar, los antiguos periplos se convirtieron en los más recientes y perfeccionados “portulani”, llegando también a originarse verdaderas cartas marinas donde no sólo estaban dibujadas las costas y las islas, y las distancias se anotaban con mayor precisión, sino también daban aquí y allá la dirección de la rosa de los vientos. Se reconocen de inmediato esos mapas por los numerosos gráficos, que representan un haz de rectas concurrentes, diseminados en los mares. Estos mapas tuvieron su origen en Italia, particularmente en Venecia y en Genova. Pero donde se desarrollaron más ampliamente.

te fué en las islas Baleares, especialmente en Mallorca, donde se constituyó una escuela catalano-judía muy celebrada (la de los CRESCAS) y de la que los portugueses tomaron sus primeros cartógrafos (JAIME DE MALLORCA). Si los mapas náuticos abrieron completamente el Mediterráneo a la navegación, los portugueses, aplicándolos, aprovecharon su utilidad en la navegación oceánica. Fué el infante DON ERRIQUE “o NAVEGADOR”, quien llamando a Sagres a los cartógrafos mallorquines y desarrollando su “Academia” náutica, inició sistemáticamente la exploración de las costas del Africa occidental, tratando de obtener el camino marítimo hacia las Indias, cuyo comercio directo estaba entonces dificultado a los europeos por los pueblos musulmanes. Pero las exploraciones portuguesas, serias y metódicas, que culminan con las hazañas de BARTOLOMEU DIAZ y VASCO DE GAMA, fueron superadas, por su valor y consecuencias, por las que derivaron de las alocadas fantasías de un CRISTOFORO COLOMBO que, con justificada razón, fueron al principio rechazadas por el rey de Portugal. Tampoco los Reyes Católicos depositaron de inmediato una excesiva confianza en las propuestas del navegante genovés, hasta que éste, probablemente, les presentara un documento, quizás no menos fantástico, pero que llevaba la firma de un sabio entonces muy tomado en consideración: PAOLO DAL POZZO TOSCANELLI, y que el genovés, casi seguramente había substraído del archivo secreto de los reyes portugueses. De todos modos el descubrimiento de América (abstracción hecha de los ignorados viajes de los Vikings, que no tuvieron alguna consecuencia importante), completado con el viaje de circunnavegación de FERNÃO DE MAGALHÃES, revolucionó al pensamiento, a la ciencia y a la economía del mundo y merece señalar la fecha final de una época y el comienzo de una nueva era. En el mismo tiempo de las exploraciones oceánicas los portugueses desplegaron gran actividad en la astronomía náutica, en la cartografía y, en general, en las ciencias matemáticas. El sabio que sobresalió en estas cuestiones fué PEDRO NUNES, cuya obra matemática merece una atención especial.

30.—El Renacimiento y el desarrollo de la metalurgia: VANNOCCIO BIRINGUCCIO (1540).

El renacimiento italiano fué una época en la cual tuvieron gran desarrollo las artes técnicas, especialmente fundadas sobre la, así llamada, "alquimia" que encontramos en los escritos del pseudo-GEER latino y sobre la práctica metalúrgica que floreció también en los lugares, como Sajonia y Bohemia, donde abundan las minas y los minerales. Junto a las artes técnicas, la ciencia experimental, o mejor, la ciencia basada en observaciones minuciosas constantemente acompañadas por el experimento, llegó a dominar relegando a un segundo plano la ciencia basada sobre la tradición literaria y sobre simples discusiones teóricas. Ya LIONARDO DA VINCI es un característico campeón de esta nueva orientación, pero él no es el único, pues donde se nota el sagaz observador y el experimentador experto, es en la obra compleja del senese VANNOCCIO BIRINGUCCIO (1480-1539), en parte puesto de manifiesto en su escrito póstumo (1540) *De la pirotechnia*, es decir de la técnica de las artes que se sirven del fuego. Es natural que encontremos en este libro una parte importante dedicada a la "arte alquimia", es decir, en este caso, a la química de laboratorio y de usina que hace uso de destilaciones, reacciones entre sustancias por vía húmeda o por vía seca, sublimaciones, etc., etc.. Decimos que en este caso "alquimia" significa química en el sentido moderno de la palabra, porque contra la alquimia "falsa o sofisticada", aquella que pretendía crear oro, pero que efectivamente, no hacía sino engañar al prójimo y, tal vez, al mismo artífice, encontramos en BIRINGUCCIO (no sólo en el magnífico discurso del proemio, sino también en muchos otros lugares) embestidas violentas y virulentas filípicas, aunque siempre muy juiciosas y acertadas. Pero la parte más extensa de *De la pirotechnia* se ocupa de los distintos minerales (metales) y medio minerales (azufre, alumbres, sales, etc.) y, detenidamente, de la metalurgia de los metales, de la separación de las diferentes especies de



éstos y de las aleaciones entre los mismos (bronce, latón, dando de este último una interesante descripción de una fábrica, etc.). En estos temas BIRINGUCCIO es un verdadero precursor, porque el sajón AGRICOLA (es decir GEORG BAUER, 1494-1556), generalmente tan ensalzado por los historiadores, es más un erudito que un naturalista y un técnico, y además es muy posterior a BIRINGUCCIO; por otra parte en su celebrada *De Re metallica, libri XII* (cuyos dibujos son verdaderamente admirables y superan en número y dimensión a los que se encuentran en *De la pirotechnia*) copia en muchas partes palabra por palabra (como lo he mostrado publicando frente a frente pasajes de ambos autores sobre la preparación del azogue) a su predecesor senese. Así mismo, BIRINGUCCIO, que además de ser un excelente práctico en minería fué un destacado fundidor en bronce de estatuas, cañones y pequeños objetos, se ocupa detenidamente en su libro, del "arte del gitto" y de todas las artes menores concernientes los metales, como los del orfebre, del calderero, del estañador, del preparador de hilos metálicos, etc., etc., así como de las minas, lenguas de fuego u otros recursos que empleaban los ejércitos en guerra. En esta parte BIRINGUCCIO se aproxima a otro toscano, un gran artista: BENVENUTO CELLINI (1510-1571), quien en su *Arte dell' orificeria* trata de temas análogos que están además considerados en muchas partes de su autobiografía. Otro artista sobresaliente, francés éste, tiene puntos de contacto con BIRINGUCCIO: el afamado BERNARD PALISSY (1510-1589) que no sólo fué el inventor de un nuevo tipo de cerámica, en la que dejó por otra parte obras excelentes, sino escribió tratados científicos como *Discours admirable de la nature des eaux et fontaines tant naturelles qu' artificielles, des métaux, des sels et salines, des pierres, des terres, du feu et des émaux*, en la que, entre otras cosas, comprobó, como LIONARDO DA VINCI, el origen animal de las conchillas fósiles. Notemos, por fin, que LIONARDO DA VINCI, BIRINGUCCIO y PALISSY se destacan entre sus contemporáneos por la elevación y práctica del método experimental, y a los tres se les debe mucho a favor

del rumbo que desde el Cinquecento tomaron las nuevas ciencias naturales y físicas.

## II

### DE LA CONCEPCION COPERNICANA A LA MEDICINA Y QUIMICA HOLANDESAS DEL 1700

#### 31.—Astronomía heliocéntrica versus astronomía geocéntrica: COPERNICUS (1543).

El sistema astronómico de PTOLEMAIOS era tan perfecto que se mantuvo, puede decirse, invariable durante quince siglos. No faltaron, sin embargo, pequeños opositores. Algunos, cuya inteligencia no les permitía llegar muy lejos, se refugiaban de nuevo en las viejas esferas homocéntricas y otros, que no podían comprender las concepciones puras, matemáticas y geométricas, de PTOLEMAIOS, pretendían materializar en esferas sólidas los orbes de PTOLEMAIOS, y sus componentes. Entre los árabes ABŪ ISHĀQ AL-BITRŪĠĪ (siglo XII), el Alpetragius de los latinos, fué apodado *ha-mar'is* (él que hace vacilar [la doctrina de los cielos] ) por los hebreos, por su doctrina que parecía nueva pero que carecía de valor. No faltaron, por último, los que afirmaban, o por lo menos tentaron negar, después de haberla admitido como hipótesis, la posibilidad (lo que es ya una especie de afirmación) de la rotación de la tierra alrededor de su eje (NAGM AL-DĪN 'ALĪ AL-KĀTIBĪ AL-QAZWĪNĪ m. 1277). Con todo, estos opositores, sin hacer obra positiva, contribuyeron a mantener una sospecha latente sobre la infabilidad ptolemaica y hacer posible la aceptación de una nueva teoría heliocéntrica. Esta fué elaborada por el canónigo polaco NICOLAUS COPERNICUS, como se llamaba en su forma latina el autor de *De revolutionibus orbium coelestium*. Pero algunos años antes de consentir a la publicación de esta obra

(aparecida en 1543 y que el autor vió en su lecho de muerte) él había redactado un *Commentariolus* que circuló, en forma de manuscritos, de una manera bastante amplia aunque no fué publicado sino en tiempos modernos. Este *Commentariolus* tiene importancia, no sólo porque nos permite reconocer algunas variaciones en el pensamiento de COPERNICUS tal como figura en la obra entonces impresa, sino que nos muestra de manera clara que COPERNICUS atribuía verdadera realidad a su sistema heliocéntrico y que no se trataba en él de una mera hipótesis, como, en especial, por los editores del libro (OSLANDER, que además escribió el prefacio, durante mucho tiempo atribuido a COPERNICUS) se quiso afirmar, para vencer dificultades especialmente de naturaleza teológica. COPERNICUS conocía bien la literatura clásica y, ciertamente, el primer impulso hacia su nuevo sistema él lo obtuvo mediante el conocimiento de los pitagóricos IKKOS e 'IKETAS (probablemente inexistentes) y del astrónomo ARISTARHOS, que realmente existió y concibió un audaz sistema heliocéntrico. Con todo COPERNICUS debe muchísimo a PTOLEMAIOS, de quien toma y conserva la forma circular de las órbitas de los cuerpos celestes y el concepto de excéntricas y epiciclos como medio de la aproximación mejor posible del cálculo con la descripción de los movimientos observados. Si de un punto de vista general el sistema de COPERNICUS abría nuevos horizontes a la ciencia y al pensamiento desplazando la tierra (y el hombre) de un lugar de preferencia y se oponía (como lo vieron bien los sacerdotes creyentes, católicos y luteranos) a las afirmaciones consagradas por la Biblia, así como permitió que en su conjunto la astronomía lograra adelantos notables; no dejó ese sistema de presentar dificultades que parecían insuperables. Así un astrónomo de la valia de TYCHO BRAHE, se limitó, como el antiguo 'ERAKLEIDES de Pontos, a hacer girar los planetas inferiores y además los superiores alrededor del sol, mientras hacía girar éste alrededor de la tierra. En efecto si la tierra se desplazaba, hubiera debido observarse una paralaje de las estrellas en las dos posiciones extremas de su órbita. Ni él, ni

los astrónomos sus contemporáneos podían pensar en dimensiones tan enormes del universo, y de tal magnitud que las distancias de las estrellas no permitieran entonces observar esa paralaje. Sólo en 1837 pudo observarse prácticamente y medirse en algunos casos esta paralaje, pero ya mucho tiempo antes la concepción de las dimensiones del universo había sido completamente modificada.

32.—Anatomía de observación versus anatomía libresca: VÉSALE (1543).

El Renacimiento no sólo atacó la concepción ptolemaica (geocéntrica) con el sistema de COPERNICUS (heliocéntrico) y más tarde con los partidarios de éste encabezados por GALILEI, sino que se rebeló aún más contra todo lo que representaba la autoridad de los antiguos. El único que se salvó fué el único que no lo merecía: el enciclopédico PLINIUS que en su prolija y confusa enciclopedia dejó numerosas noticias que hacen el deleite de los eruditos, pero que frecuentemente son imprecisas y dan la impresión de no tener el autor la menor comprensión de lo que dice. Quizás sea por esto, y también por el relato de su muerte, que PLINIUS quedó como un gran sabio hasta, puede decirse, nuestros días. Los que en cambio fueron sabios verdaderos sufrieron los rudos ataques de sus descendientes desagradecidos. Los árabes, primero, con el ARISTOTELES averroico, y después el mismo estagirita helénico, no se salvaron de las críticas más acerbas y si, entre las nieblas del mito, se salvó ΙΠΠΟΚΡΑΤΕΣ, no ocurrió lo mismo con GALENOS que, por el contrario, fué el blanco de los más rudos ataques. Sus libros anatómicos que por mil cuatrocientos años sustituyeron la disección, todavía en los primeros siglos de la nueva práctica anatómica eran el texto que hacía *ver* las particularidades somáticas. ¿Quién se atrevía a afirmar cosas que GALENOS no había nombrado o describía de otra manera? Pero éste, en verdad, había sí examinado tal vez la anatomía del cuerpo humano. pero muchas veces, si no siempre, por las condiciones de la época

y el rigor de las leyes de entonces, no había podido diseccionar sino cuerpos de animales, en especial monos. Y, más tarde, los Salernitanos, renovando la anatomía, habían comenzado con la *Anatomia porci*. Pero los espíritus ya se rebelaban. Y un hombre valiente, que llegó de Bruxelles a la Universidad de Padova, ayudado por un grupo de concienzudos observadores del cuerpo humano, empezó a criticar, a demoler al anatómico GALENOS y hasta algunas partes de sus afirmaciones; a veces, es verdad, también, donde nada había que corregir. Fruto de la labor de esta escuela anatómica paduana fué la célebre obra, publicada en 1543, el mismo año del *De revolutionibus* de COPERNICUS: *De humani corporis fabrica Libri VII*. En este mismo año ANDREAS VESALIUS publica un *Epitome* de su obra mayor, con lo que contribuyó a hacer conocer cada vez mejor la nueva anatomía. Merece también recordarse el excelente artista de los espléndidos dibujos: STEPHEN VAN DER CALCAR, discípulo de TIZIANO. Los cooperadores, discípulos y sucesores de VÉSALE fueron hombres de la talla de un GABRIEL FALLOPPA (1523-1562), quizás más preciso que VÉSALE, de un REALDO COLOMBO, quien negó la posible existencia de los (invisibles) pasajes a través del tabique (septum) del corazón y demostró experimentalmente, como veremos, la pequeña circulación cuyo conocimiento trasmitió a CESALPINO, de un GEROLAMO FABRIZI d'ACQUAPENDENTE (1537-1619), quien ilustró de modo perfecto las válvulas de las venas, pero sin comprender verdaderamente su objeto, etc. Y contemporáneos de este movimiento fueron GASPARE ASELLI (1581-1625) descubridor del sistema quilífero, GIAMBATTISTA CANANO (1515-1579), gran anatómico, BARTOLOMEO EUSTACHI (1524-1574) etc. Así, al final del siglo XVI, la anatomía estaba sentada sobre sólidas bases y se iniciaba y preparaban los triunfos de la fisiología.

### 33.—Nuevos mundos y nueva farmacopea.

El descubrimiento de América y la travesía del Pacífico fueron sucesos que, por sus consecuencias, tuvieron en todo

el mundo y en todas las ciencias la más honda repercusión. Existían nuevos mundos, desconocidos para los antiguos y en ellos vivían hombres de razas particulares y se encontraban animales extraños y plantas de propiedades curiosas. Si América había obsequiado a Europa la sífilis, como lo decían entonces y como aún lo dicen hoy muchos historiadores, había también ofrecido plantas específicas para curarla, o por lo menos que se creía que la curaran: el palo santo, el guayaco, etc. Pero también América ofrecía además otros fármacos de propiedades maravillosas y plantas de valor especial: la cáscara de quina, las hojas de tabaco y de coca, los tubérculos de la papa, los frutos de tomate, las semillas de cacao, etc. Todas esas plantas que los buques mercantes llevaban a Europa, se introducían paulatinamente en la agricultura del viejo mundo, mientras plantas de éste (caña de azúcar, café, etc.) encontraban en las tierras recién descubiertas, un suelo quizá más propicio. Los farmacólogos y botánicos de aquel tiempo buscaban identificar las nuevas plantas en PLINIUS y especialmente en DIOSKYRIDES, aunque debían reconocer que algunas de ellas no habían sido conocidas por los antiguos maestros: se iba creando así la nueva botánica descriptiva. Es suficiente citar los nombres de ERMOLAO BARBARO, LEONHART FUCHS, JEAN DE LA RUELE, PIER ANDREA MATTIOLI, JANUS CORNARIO, LUIGI ANGUILLARA, VALERIO CORDO y FABIO COLONNA, para mencionar algunos de estos nuevos botánicos. Pero estas identificaciones, algunas veces difíciles hoy mismo, no siempre se lograban; existía, además, como hemos dicho, toda una serie de plantas nuevas y de nuevos fármacos de Occidente y de Extremo Oriente. Se crearon así especialistas de plantas exóticas: el portugués GARCÍA DA ORTA describió minuciosamente plantas de la India (la península gangética) en sus *Coloquios* y CRISTÓBAL DE ACOSTA completó en parte su obra en un tratado escrito en lengua española, mientras el célebre CLUSIUS (CHARLES DE L'ECLUSE) resumía o vertía en latín estas y otras obras de botánica colonial. Los indios mismos de América se interesaron en sus plantas medicinales y dos de ellos

escribieron hacia 1552, uno en azteca y otro en versión latina lo que ahora es llamado *Manuscrito Badiano*, enriquecido con numerosas ilustraciones en colores, mientras el español FRANCISCO HERNÁNDEZ (1514-1578) escribía otro tratado, publicado mucho más tarde, con adiciones y comentarios de sabios de valor reconocido, por la primera Accademia dei Lincei, fundada por el príncipe FEDERIGO CESI y a la que pertenecieron GALILEO GALILEI y GIAMBATTISTA DELLA PORTA. Otros sabios, sin abandonar el suelo europeo, reunían las noticias llegadas de países lejanos y hacían brotar en sus huertos las semillas provenientes de las diferentes partes del mundo. Entre ellos el ya citado CLUSIUS, el sevillano NICOLÁS MONARDES y numerosos italianos. Esta fué también la época en la cual, junto a los establecimientos de enseñanza se crearon los jardines botánicos, muchos de los cuales, si no todos, eran colecciones de "curiosidades", así como los gabinetes de ciencia natural dedicados especialmente a los animales, a los minerales y a las "bromas de la naturaleza". Tenemos noticias desde 1543 del "Orto Botanico" fundado por LUCA GHINI en Pisa; el de Padova, fundado por FRANCESCO BONAFEDE es de 1545 y en este mismo año se funda también, por el citado LUCA GHINI, el de Firenze. Muchos otros se crearon más tarde, tanto en Italia como fuera de ella. Por ejemplo en 1579 NICOLAS HOUËL fundó en Francia un jardín botánico; el de Montpellier fué creado por RICHÉ DE BELLEVAL en 1596 y probablemente en 1597 JEAN ROBIN instaló el primer Jardín des Plantes privado en Paris. El de Leiden es de 1587 y su primer director fué BONTIUS, a quien en 1593 sucedió CLUSIUS. Antes, parece, PIETER CONDENBERG había fundado en 1548 un jardín botánico en Antwerpen. El cuidado de estos jardines botánicos contribuyó mucho al desarrollo de la botánica descriptiva y a la ciencia de los fármacos.

34.—ANDREA CESALPINO. Biología general, botánica y mineralogía.

Fué así que surgió uno de los sabios más importantes para la historia de la botánica: ANDREA CESALPINO, nacido en 1524 o 1525 en Arezzo (más probablemente en las cercanías inmediatas de Arezzo, pues su acta de nacimiento no se ha encontrado en las parroquias de la ciudad). (La fecha 1519 como año de nacimiento de CESALPINO es un error que los libros vienen aun copiándose uno de otro mostrando la ignorancia de sus compiladores). CESALPINO estudió en la Universidad de Pisa, cultivando la erudición clásica y las nuevas ciencias naturales, convirtiéndose en un aristotélico docto y sutil (muy diferente de los comunes de entonces) y en un sagaz investigador de las propiedades y formas de los minerales, de las plantas, del cuerpo humano. En Pisa estuvo en contacto con REALDO COLOMBO y con LUCA GHINI y cuando éste, en 1555, llamado a Bologna dejó Pisa, CESALPINO fué por cuatro años director del "Orto Botanico". Más tarde el sabio aretino fué arquiatro del papa y profesor en la Sapienza. Su actitud frente a ARISTOTELES, al cual seguía en su clara visión de naturalista pero que respetuosamente criticaba y corregía con frecuencia, lo inmunizó de las iras de los reaccionarios, sin que esto impideira sus grandes éxitos científicos. Los nuevos e intensos estudios de los vegetales en cuya clasificación se seguía ordinariamente el orden alfabético, el de las propiedades medicinales de las plantas u otro análogo, había creado en el ambiente una aspiración hacia métodos más convenientes. Pero, a pesar de un intento efímero de DODONAEUS, fué CESALPINO el primero quien en su *De Plantis* (1583) inauguró una clasificación artificial, precursora de la que más adelante fué completamente desarrollada por LINNEO y adoptada hasta nuestros días para la nomenclatura de las plantas. CESALPINO, además de una primera división en árboles y hierbas, y una separación de las plantas más tarde denominadas criptógamas, clasifica todas las plantas según la configuración del fruto (aún no se había reconocido la naturaleza sexual de las flores



y sus particularidades, características adoptadas luego por LINNEO como la clave de su clasificación). CESALPINO obtuvo así quince clases mayores que fueron el modelo o la inspiración de todos los intentos posteriores. Muchas otras consideraciones importantes se encuentran en el *De Plantis* o en otras obras, como las *Quaestiones peripateticae* donde, a pesar de su título, se discuten muchos asuntos de gran actualidad. Así un libro, el quinto de esta última obra, trata de la circulación de la sangre (de esta cuestión nos ocuparemos más detalladamente en otro número de este trabajo). Es aquí suficiente recordar que CESALPINO, a través de la enseñanza de su maestro REALDO COLOMBO quien descubrió, independientemente de otros supuestos precursores, la pequeña circulación, llegó a vislumbrar la circulación total de la sangre (la pequeña y la grande) dando de ella algunos esquemas exactos. Pero no comprendió, quizá, la importancia fundamental de su descubrimiento para la fisiología general y no insistió prácticamente en hacerlo reconocer por sus contemporáneos. Llegó así a ser HARVEY, casi medio siglo después, el gran propugnador de la circulación de la sangre. CESALPINO se ocupó también de mineralogía, pero las condiciones de esta ciencia en su tiempo eran tales, que filósofo aretino no pudo lograr en ella un nivel mucho mayor del de otros lapidarios o similares de la época, aunque no falten en él puntos interesantes.

35.—Un patricio veronés: GIROLAMO FRACASTORO y un excéntrico suizo: PARACELSO.

GIROLAMO FRACASTORO se nos aparece como un tipo perfecto del humanismo italiano y de la serena quietud de un sabio del Renacimiento. Después de una juventud estudiosa en la Universidad de Padova, donde tuvo por condiscípulos muchos de los hombres que luego fueron los más afamados de su época, FRACASTORO no permaneció mucho tiempo en su ciudad natal: Verona, a ejercer el arte médico y se retiró a su villa de Incaffi, rodeado de instrumentos astronómicos y

científicos, en medio de una rica biblioteca, clásica y científica, recibiendo señorialmente la visita de innumerables eruditos de su tiempo y rechazando casi siempre los pedidos llegados de todas partes que querían convertirlo o en el médico de un poderoso soberano (sólo por unos meses se adaptó a ser el médico oficial del Concilio de Trento) o uno de los más grandes ornamentos de algunas universidades. Los clásicos griegos y latinos, que él amaba entrañablemente, no llegaban sin embargo a apartarlo de investigaciones acerca de la nueva ciencia. Su nombre, para la mayoría, está íntimamente ligado a su poema en latín *De Syphilide aut de morbo gallico* aparecido en 1530. Se sabe que con el regreso de CRISTOFORO COLOMBO de su gran viaje de descubrimiento, coincidió el estallido de una enfermedad contagiosa que apareció como nueva y que hizo estragos en Europa. Los diversos pueblos la designaban con el nombre de sus enemigos: “maladie napolitaine” por los franceses, “morbus gallicum” por los italianos y por la mayoría de los que componían el sagrado imperio romano o tenían alianzas con él. Sin embargo, al final, la mayoría de los hombres de ciencia atribuyó su origen a América. Innumerables escritos de los ultimísimos años del Quattrocento y de la primera mitad del Cinquecento nos hablan de esta enfermedad, que era la enfermedad de moda de la que no se libraban ni los príncipes ni los preladados. Uno de los más valiosos de estos tratados, por los versos admirables que lo componen, por la fantasía del autor que lo adorna con episodios hermosos, y también por la exactitud y agudeza de las descripciones clínicas, es el citado poema de FRACASTORO. Se trata en él de un pastorcillo americano Syphilus que por haber ofendido a los dioses es castigado por ellos con esta enfermedad que él transmitió a sus coterráneos y que de éstos pasó a Europa. Este pastorcillo, es decir el héroe del poema de FRACASTORO, llegó a dar a esta enfermedad su nombre definitivo. Pero el valor literario y médico de FRACASTORO no se limitó a este poema, pues en 1546 publicó, en prosa esta vez pero siempre en latín, un gran tratado de epidemiología *De contagione et*

*contagiosis morbis*, donde no sólo se ocupa de sífilis, sino también de muchos otros contagios y, con la descripción clínica y el examen cuidadoso de sus propagaciones, funda sólidamente la ciencia de la epidemiología. Sería demasiado largo enumerar aquí las otras contribuciones médicas de FRACASTORO así como sus concepciones astronómicas y sus restantes trabajos. Este hombre tan meritorio murió serenamente en su villa de Incaffi el año 1553.

Como lo hace resaltar HENRY E. SIGERIST, otro hombre característico del Renacimiento, pero el contrapuesto completo de FRACASTORO, es el suizo AUREOLUS THEOPHRAST BOMBAST VON HOHENHEIM (1493-1541), conocido comunmente bajo el nombre de PARACELSO. Sereno y tranquilo el primero, fecundo trabajador pero ajeno a estériles combates; de naturaleza irrequieta el segundo, luchador feroz contra todos pero especialmente contra la autoridad de los antiguos, particularmente GALENOS, él tiene en su espíritu una gran afinidad con la locura. Con todo, las consecuencias de su obra no fueron menores a la de los grandes sabios del Renacimiento. Su rechazo total de las autoridades lo condujo a apreciar la experimentación, de la cual fué también un campeón, aunque de manera muy diferente de como lo fueron LIONARDO DA VINCI, BRINGUCCIO y PALISSY. Sus curaciones de estilo singular lo llevan a utilizar extensamente, cosa antes evitada con sumo cuidado, los medicamentos minerales, convirtiéndose por este camino en uno de los grandes propulsores de los nuevos conocimientos químicos. PARACELSO tuvo numerosos discípulos, en cierta medida también algo locos, y su influencia sobre éstos y en las esferas heterodoxas fué grande, llegando hasta al célebre VAN HELMONT, que fué ciertamente un gran sabio y notable como médico y como químico, pero él también no desprovisto de cierta dosis de excentricidad.

36.—Desarrollo de las ciencias naturales :  
GESNER y ALDROVANDI.

La renovación de las ciencias naturales, en el antiguo

significado de la ciencia de los animales, de las plantas y de los minerales, empezó, como hemos visto, con los intentos de identificación de las plantas de DIOSKYRIDES, pero pronto se extendió el estudio de los animales. Tenemos así durante el Cinquecento los trabajos de PIERRE BELON (1517-1564) especialmente sobre los peces y las aves, GUILLAUME RONDELET (1507-1566) e IPPOLITO SALVIANI (1514-1572) también sobre los peces; ADAM LONICER (1528-1586) con su *Naturalis Historiae Opus Novum*, notable, más que nada, por haber sido editada muchas veces hasta el siglo XVIII. Pero los dos naturalistas de saber más extenso, de mayor fecundidad literaria y de influencia más profunda sobre los sabios futuros fueron CONRAD GESNER (1516-1565) y ULISSE ALDROVANDI (1522-1605). GESNER que nació en Zürich, donde además fué médico oficial, fué uno de los naturalistas más doctos de su tiempo; helenista eminente y conocedor profundo de otros idiomas antiguos, por su muerte prematura (de peste) no alcanzó a darnos en su vida, que parte de una grandiosa *Historia animalium* (publicada en 5 volúmenes de 1551 hasta 1587 y que comprende cerca de 4500 páginas en folio con ilustraciones). De su extensa obra botánica, quizá más profunda que la zoológica, muy poco dió a la luz durante su vida; además sus numerosas notas y apuntes, modificados y completados, para las cuales había preparado cerca de 1500 ilustraciones, fueron sólo publicados en dos volúmenes en 1751 y 1771 por C. C. SCHMIEDEL. En cambio el mismo autor pudo darnos el año mismo de su muerte el *De rerum fossilium, lapidum et gemmarum figuris et similitudinibus liber*. De todos modos la influencia de este naturalista fué enorme. ALDROVANDI, nacido en Bologna, gozó en cambio de una larga vida, pero él tampoco llegó a publicar la mayor parte de los numerosos volúmenes de su colosal historia natural, magníficamente ilustrados, en los que, además de desplegar una gran erudición sobre los clásicos y los sabios más recientes, aporta una contribución personal de gran originalidad y valor (que muchos historiadores no han considerado). Así él publicó los tres volúmenes de *Ornithologia hoc*

*est de avibus historia* (1599, 1600, 1603), y el *De animalibus insectis* (1602), mientras las obras restantes: *De reliquis animalibus exsanguibus*, *De piscibus*, *De quadrupedibus solipedibus*, *Quadrupedum omnium bisulcorum historia*, *De quadrupedibus digitatis viviparis et oviparis*, *Serpentum et draconum historia*, *Monstrorum historia cum Paralipomenis historiae omnium animalium*, *Musaeum metallicum*, *Dendrologia naturalis sicut Arborum historiae*, fueron publicadas postumamente y algunas también a muchos años de distancia. Ellas obtuvieron además muchas ediciones. En su vida actuó también como médico, se ocupó intensamente de botánica, fundando el "orto" boloñés en 1568 y montando un herbario de gran importancia, y constituyó valiosos museos reuniendo colecciones científicas de diferente naturaleza. También tiene importancia desde el punto de vista científico su correspondencia con otros naturalistas, llegando a ser así ALDROVANDI uno de los ejemplares más característicos y fecundos del Cinquecento.

37.— El significado en el desarrollo de la ciencia del *De Magnete* de WILLIAM GILBERT (1600).

Mientras en el continente se desarrollaban tan intensamente los estudios de la ciencia natural, un notable médico inglés se ocupaba de un aspecto de la ciencia, entonces menos considerado: del magnetismo. WILLIAM GILBERT había nacido en 1540 (otros dicen en 1544) en Colchester, se doctoró en medicina en 1569, viajó luego por Europa residiendo largo tiempo en Italia, donde conoció Fra PAOLO SARPI, regresando después a London donde, en 1601, fué nombrado médico de la reina ELIZABETH. Tres años antes de su muerte, acaecida en 1603, publicó un libro *De magnete, magnetisque corporibus et de magno magnete tellure, Physiologia viva plurimis et argumentis et experimentis demonstrata*, que es uno de los monumentos más interesantes del espíritu y de la ciencia del Renacimiento. Poco habían progresado los estudios del magne-

tismo después de PETRUS PEREGRINUS y de la invención de la brújula. Dos hechos, sí, se habían comprobado: la declinación magnética cuyo descubrimiento parece casi seguramente poder atribuirse a COLOMBO, durante su primer viaje de ida hacia el Nuevo Mundo y la inclinación magnética que GEORG HARTMANN menciona por primera vez el 4 de marzo de 1544 en una carta dirigida al duque ALBRECHT de Prusia. En CARDANO se encuentran muchas veces citados fenómenos magnéticos sin aportar nada nuevo; mucho más contiene, en cambio, el libro VII de la *Magiae naturalis libri XX* de GIAMBATTISTA DELLA PORTA. Pero (como escribía SAGREDO en su carta del 23 IX 1612 a GALILEO) este libro es „goffissimo al possibile” y agregaba que DELLA PORTA ocupaba entre los sabios el lugar de las campanas entre los instrumentos musicales. En efecto, sus banalidades son tantas, que casi desaparecen entre ellas algunas observaciones justas y sutiles. Quizá DELLA PORTA aprovechó los conocimientos de Fra PAOLO SARPI, sin duda muy extensos en esta rama de la ciencia, aunque no se pueda con certeza exponer los particulares. GILBERT aprovechó seguramente todos los (pocos) conocimientos realizados antes de él, pero su espíritu y su método son tales que, aun dejando de lado las novedades que introdujo, hacen de él uno de los sabios más característicos del Renacimiento. La experimentación más cuidadosa y repetida son sus características. Su libro es de lectura fatigosa, sus experiencias, más de 600, están minuciosamente expuestas hasta en las pequeñas variaciones de detalle, pero esto sin embargo no disminuye su valor científico, al contrario. Es interesante anotar que él construyó un imán esférico, que denominó *terrella* o sea pequeña tierra, ejecutando con él muchas de sus experiencias, admitiendo que la tierra no era sino un gran imán. GILBERT era un ardiente copernicano y atribuyó al magnetismo muchas de las particularidades que se encuentran en el sistema de COPERNICO. La caída de los graves hacia la tierra era la actuación de este imán y algo análogo ocurría con los otros cuerpos celestes. Pero GILBERT no fué sólo un magnetólogo, en lo que

tuvo predecesores, empezando por PETRUS PEREGRINUS, sino que él es también el primero con quien se inicia la ciencia eléctrica. El mostró que no sólo el ambar frotado atraía pequeños corpúsculos, sino que otras sustancias gozaban también de la misma propiedad; hasta construyó su *versorio*, que es el primer electroscopio que denuncia la existencia de fuerzas eléctricas. En esto tomó quizá la inspiración en un dispositivo de FRACASTORO que no correspondía tanto a su objeto como él de GILBERT. Éste especuló también sobre la naturaleza del magnetismo y de la electricidad (estas palabras no han sido utilizadas por él, ni por sus contemporáneos) en forma que presenta aspectos interesantes. GILBERT, muy admirado por GALILEO, tuvo mucha influencia y sucesores. Entre estos debemos citar el P. NICCOLÒ CABEO (1585-1650) de Ferrara, quien contribuyó al progreso del magnetismo y el P. BENEDETTO CASTELLI (1577-1643) de Brescia, discípulo de GALILEO, que hizo experiencias interesantes en la misma disciplina.

38.—Nuevos mundos y mundos vistos bajo un nuevo aspecto: el *Sidereus Nuncius* (1610).

El sistema copernicano tuvo algunos adherentes; pero éstos, en su mayoría, eran filósofos, en el sentido peyorativo del término, rebeldes a las antiguas autoridades y que no tuvieron otro valor que el de acostumbrar a la gente a considerar sistemas que eran diferentes al de PTOLEMAIOS. No faltaban, además, los que hacían “conferencias”, como se dice hoy, sobre el nuevo sistema. Así SAGREDO en el *Dialogo dei due massimi sistemi* dice que, cuando él era todavía muy joven, vino a su ciudad un alemán de Rostock, cuyo nombre quizás era CHRISTIANO VURSTISIO, para hablar sobre el sistema copernicano. Agrega que él no fué a la conferencia porque creía, como tantos otros, que la cosa no era sino una gran locura, pero enterado por un amigo suyo a quien estimaba mucho, que la cosa era verdaderamente seria, lamentó no haber oído

el discurso y se apresuró a tomar conocimiento del nuevo sistema. Es muy probable que este relato de SAGREDO, no sea sino un recuerdo autobiográfico de GALILEO; debemos sin embargo observar que no puede tratarse del suizo CHRISTIAN WURSTEISEN, que no abandonó jamás su país natal; por otra parte no es posible actualmente averiguar el nombre (cosa que por lo demás tendría ahora un interés secundario) de la persona que indirectamente influyó sobre el pensamiento de GALILEO, entonces profesor en Pisa. Sea lo que sea, GALILEO se convirtió pronto en un partidario entusiasta del sistema copernicano y a eso contribuyó también su correspondencia con KEPLER, alemán nebuloso que GALILEO no comprendió siempre correctamente (él no reconoció así la cuestión de las órbitas elípticas y las “tres” célebres leyes que KEPLER enunció entre un cúmulo de puerilidades). Pero más que las teorías y la correspondencia con hombres eruditos, confirmaron a GALILEO en sus convicciones los espectaculares descubrimientos astronómicos que él mismo hizo en el término de pocos años. Había llegado a Italia la noticia que un óptico de Holanda, reuniendo dos lentes, uno cóncavo y el otro convexo, había logrado la posibilidad de ver como próximos a objetos lejanos. Bastó a GALILEO, entonces en Padova, recibir esta noticia para que, sin mayores detalles técnicos, inventara su telescopio que, dirigido de inmediato hacia el cielo, le permitió alcanzar sus inesperados descubrimientos. Los aristotélicos, los sabios todopoderosos que GALILEO, en su fuero interno y desde edad temprana, consideró siempre como sus enemigos, juraban *in verba magistri* que los cielos eran incorruptibles, que estaban formados de una sustancia especial, el éter, no sujeto a la “generación” y a la “corrupción”; naturalmente ellos seguían además el sistema geocéntrico de PTOLEMAIOS, único que podía fácilmente conformarse con esa teoría. Armado con su telescopio (sus enemigos no querían mirar a través de él, pues decían que era ese instrumento el que creaba las efímeras ilusiones que GALILEO tomaba por realidades) el sabio toscano descubrió ¡cosa horrorosa para un astro tan puro! que el sol,



tenía manchas, que además se desplazaban, mostrando así una rotación del astro alrededor de su eje; encontró en la luna, lugar del legendario Caín y de sus espinas, verdaderas montañas; vió algo así como dos satélites alrededor de Saturno (en realidad sus anillos); descubrió cuatro satélites (los planetas medicos, que así designó en honor de los Medici, soberanos de Toscana) que giraban en tiempos diferentes alrededor de Júpiter como, según él observaba, los planetas, incluso la tierra, giraban alrededor del sol; pudo afirmar, y probar naturalmente a los que se decidían a mirar a través de su telescopio, que el planeta Venus tenía fases similares a las de la luna; y que la Vía lactea estaba constituida de estrellas distintas. Estas observaciones aportaban una verdadera revolución en todo lo que se conocía respecto de los fenómenos celestes. Al lado de los aristotélicos endurecidos que negaban la veracidad de los descubrimientos de GALILEO, hubo quienes se declararon a si mismos primeros descubridores de lo que vió el astrónomo toscano. Vana reclamación de prioridad; después que GALILEO enseñó a servirse del telescopio y de dirigirlo hacia el cielo, cualquiera podía comprobar las verdades antes mencionadas. El gran mérito de GALILEO consiste en realidad, más que en observaciones sueltas, en el conjunto de sus descubrimientos, en la unidad en la cual él supo fundirlos y en la tenacidad con que los propagó. Sin considerar algunas cortas comunicaciones epistolares previas, el primer relato extenso de los nuevos descubrimientos es el célebre *Sidereus Nuncius*, magna longeque admirabilia spectacula pandens, suspicendaque proponens unicuique proesertim vero philosophis atque astronomis. . . . *Perspicilli nuper à se raperti beneficio sunt*. . . . aparecido en los primeros meses de 1610 en una edición de 550 ejemplares que se agotó en pocos días. Todos los hechos ya mencionados están aquí expuestos, con excepción de las fases de Venus, descubiertas ese mismo año en el mes de noviembre, lo que resulta de algunas cartas autógrafas de GALILEO y del P. BENEDETTO CASTELLI de ese año (Véase el artículo de A. FAVARO en *Archeion*, I, 1920, p. 283-

296). Las fases de Venus mostraban claramente que este planeta se movía alrededor del sol; los “planetas medicos” eran una cosa totalmente nueva en los anales astronómicos y su existencia rompía definitiva e irrevocablemente con el sistema según el cual todas las órbitas tenían su centro en la tierra. Claro es que GALILEO, entonces de regreso en Toscana, bajo la protección del Granduca y como su astrónomo oficial, se sentía autorizado por sus descubrimientos a propagar el sistema copernicano. Pero sus grandes éxitos le aportaron también nuevas amargas y encarnizados ataques por parte de los aristotélicos, ataques que se referían especialmente a las manchas del sol, las montañas de la luna y sobre otras varias cuestiones físicas por él sostenidas, como la teoría de los cuerpos flotantes. A estas primeras escaramuzas filosóficas, siguieron otras más severas y peligrosas: las de los teólogos; empezándose así a comparar y confutar las teorías puramente científicas de GALILEO, con las divinas e imperecederas de la *Biblia*, mostrándose que había conflicto entre ambas. Finalmente una denuncia ante la Inquisición fué planteada contra el demasiado audaz pensador. Le siguió una no menos célebre e importante carta de éste a *Madama Cristina di Lorena granduchessa di Toscana* (1615); sintomático grito por la libertad de la ciencia y clara manifestación de la necesidad de la independencia de ésta frente a la religión, a la que se considera digna del máximo respeto. Pero todo fué inútil. El proceso de la Inquisición tuvo lugar en 1616; la teoría copernicana fué condenada; y GALILEO, su animoso y, por lo menos en Roma en aquellos momentos, casi su único defensor, fué solemnemente intimado a dejar de sostener, pública o privadamente aquella teoría.

Pero la convicción del sabio toscano no fué quebrantada. Él no esperaba sino el momento oportuno para volver a la carga. Y cuando el 8 de agosto de 1623 subió al trono pontifical, bajo el nombre de URBANO VIII, el florentino cardenal BARBERINI, que antes había mostrado gran afecto hacia GALILEO, el astrónomo toscano confió en días mejores y empezó a

escribir un largo diálogo en el cual ponía frente a frente los dos sistemas y, si bien no tomaba explícitamente posición a favor de uno de ellos, hacía sin embargo translucir claramente sus preferencias. Como GALILEO había imaginado que las mareas oceánicas eran una clara prueba de la rotación de la tierra, deseaba aludir a este fenómeno en el título de la obra. Fué su futuro gran enemigo, URBANO VIII, quien aconsejó a GALILEO cambiar el título, y así la obra no llevó un error en su frontispicio; la cuestión de las mareas quedó en el cuarto libro del conjunto del *Diálogo*, y el título de éste se convirtió en *Dialogo dove nei congressi di quattro giornate si discorre sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano; proponendo indeterminatamente le ragioni filosofiche tanto per l'una quanto per l'altra parte*. La obra es más de exposición que de investigación, pero su estructura es tan hábil y profunda, su repercusión fué tan honda y universal; que este *Diálogo* quedó como una de las obras más perfectas de la literatura científica. Sin embargo, para GALILEO, el *Diálogo*, publicado en 1632, fué una verdadera catástrofe. Sus enemigos salieron de nuevo a su encuentro y la Inquisición se ocupó nuevamente del perjurio que en 1616 había prometido abstenerse de sostener el sistema copernicano; esta vez un proceso directo fué sustanciado en Roma contra el viejo físico, y si bien no hubo torturas materiales como alguien fantaseó, el proceso terminó con una severa condena y con un dictamen de prisión, mitigada, antes con la estada en la casa de ASCANIO PICCOLOMINI arzobispo de Siena y persona muy inteligente, y luego con la permanencia en su propia casa de Arcetri, cerca de Firenze. Pero la persona de GALILEO fué constantemente vigilada y las visitas que lo frecuentaban, sometidas a rigurosa observación, especialmente si eran extranjeros, vigilancia que no terminó sino con la muerte del viejo y ya ciego escrudiñador de los cielos.

39.—Las órbitas de los planetas: JOHANNES KEPLER.

La estrella nueva que en noviembre de 1572 apareció en la constelación de Cassiopea y se mantuvo visible durante 18 meses, fué un acontecimiento que turbó a los aristotélicos, tanto como la anterior aparición del libro de COPERNICO y mas tarde los escritos de GALILEO. Pero ella despertó también el interés entre personas razonables y en particular parece que decidió la vocación del danés TYCHO BRAHE (1546-1601). Su *De nova stella* (1573) es uno de sus primeros trabajos y muestra ya el cuidado de sus observaciones. Favorecido entonces por el rey FREDRICH II, BRAHE pudo construirse el observatorio de Oranienburg, en la isla de Hveen, donde durante muchos años realizó innumerables medidas de estrellas y planetas con una exactitud hasta entonces no igualada. Quizás fuera una suerte su ruptura con el nuevo rey y su alejamiento de Danmark, para dirigirse luego a Praha llamado por el emperador. En Praha él no vivió mucho tiempo; murió el 24 de octubre de 1601, pero ahí tuvo oportunidad de conseguir como uno de sus tres auxiliares a un profesor de Graz, expulsado por su religión protestante por los católicos que acababan de reconquistar la supremacía en Steiermark (Estiria). La habilidad que el astrónomo danés descubrió en KEPLER, contribuyó a que le encomendara la tarea, más difícil de las encomendadas a los demás, de estudiar sus observaciones sobre el planeta Marte; y al aproximar la muerte, repitió frecuentemente la exclamación: “ne frustra vixisse videar” (¡que no haya vivido en vano!), recomendándole la redacción y publicación de las tablas que había empezado a redactar y que vieron la luz en 1627 bajo el nombre de *Tabulae Rudolphinae*, en honor del emperador que había llamado a BRAHE y luego protegido a KEPLER.

JOHANNES KEPLER nació en Weil der Stadt, Württemberg, el 27 de diciembre de 1571, de pésima ascendencia. El padre era borrachón y desordenado; su madre, totalmente iletrada,

era de un carácter imposible y litigante, que se prestó a que más tarde fuera procesada como bruja. El niño, enfermizo, y que por algún tiempo hubo de servir como mozo en la taberna paterna, hizo estudios algo irregulares y en diversos sitios, hasta que, bajo la protección de una congregación protestante y más tarde a costa de su ciudad natal, pudo seguir los estudios secundarios y frecuentar la universidad de Tübingen, entonces importante centro luterano. Parecía que la carrera eclesiástica iba a ser su destino futuro, pero un llamado a Graz como "Landschaftsmathematiker" que le permitió una situación económica algo independiente, determinó el rumbo de su vida. El "matemático del país" (se entiende, de Steiermark) debía dictar algunos cursos en la escuela superior de la ciudad, y entre otras cosas, preparar todos los años un *Calendarium und Prognosticum*, donde no sólo se señalaban los acontecimientos astronómicos, sino también se hacían predicciones de toda naturaleza: astrológicas, meteorológicas, políticas, etc. KEPLER, que continuó durante toda su vida a publicar almanaques de esta naturaleza, fué afortunado en su calendario de 1595, prediciendo un frío excepcional y mortífero (muchas personas murieron heladas), agitación de los campesinos, la conquista de gran parte de la Baja Austria por los turcos, y otras cosas que se realizaron puntualmente. Así su crédito subió mucho entre las esferas populares y en las clases dirigentes. Pero de mayor valor científico fué su *Prodromus Dissertationum cosmographicarum continens Mysterium cosmographicum*, publicado en 1596. Esta obra ya muestra el tipo intelectual de KEPLER. El no era y no lo fué jamás un observador o un experimentador; el misticismo y la confusión son sus características especiales, perdiéndose en divagaciones de toda índole y, sin contar que la astrología y la preparación de horóscopos eran la base de sus entradas pecuniarias y que por lo tanto no podía rechazarlos violentamente, él no estaba por completo desligado de falsas creencias y de recursos pueriles. Pero su ingenio es de una agudeza sin par; maneja hábilmente la matemática en la que hizo tam-

bién descubrimientos importantes (considérese en particular su medida de los toneles: *Nova stereometria doliorum vinariorum*, 1615 o sus estudios de óptica *Ad Vitelliorena Paralipomena quibus Astronomiae pars optica traditur*, 1604, y *Dioptrice seu Demonstratio eorum quae visui et visibilibus propter conspicilla non ita pridem inventa accident*, 1611); está dotado de una paciencia franciscana para buscar durante años y años una fórmula que ligue números obtenidos por observaciones de otros; comprueba las cosas más extrañas y una vez en mil llega, pero llega verdaderamente, a un resultado que le hace gritar de alegría. Su *Mysterium Cosmographicum*, en el que se nota la influencia ininterrumpida de su maestro MICHAEL MÄSTLIN, es una defensa entusiasta del sistema copernicano y, entre algunas locuras, comprende partes que muestran el valor del joven astrónomo. Se encuentra además un intento de poner en orden racional las distancias de los diferentes planetas; así los cinco cuerpos regulares, inscritos uno en el otro, reglaban la posición mutua de los planetas. Entre Saturno y Júpiter, había un cubo; entre Júpiter y Marte un tetraedro; entre Marte y la Tierra un dodecaedro; entre la Tierra y Venus un icosaedro y entre Venus y Mercurio un octaedro. Naturalmente todo esto no tenía otro fundamento que su mística desenfrenada. El libro fué enviado, entre otros, a GALILEO y a BRAHE, quienes advirtieron de esta manera el ingenio de KEPLER, lo que tuvo más tarde una influencia benéfica para él: GALILEO con la correspondencia que se estableció entre los dos sabios y las dos *Dissertatio cum Nuncio Sidereo* del astrónomo alemán; y BRAHE con su llamado como auxiliar cuando los profesores protestantes fueron expulsados de Steiermark. A la muerte de TYCHO BRAHE, el emperador nombró a KEPLER matemático imperial, título de mucho honor pero de poca renta, porque los honorarios que debía percibir ni eran pagados puntualmente ni totalmente. Con todo KEPLER se puso con ardor a estudiar las medidas logradas por TYCHO BRAHE, en particular las del planeta Marte. En 1609, en su *Astronomia Nova αἰτιολόγητος seu Physica Coelestia, tradita*

*in Commentariis de motibus stellae Martis*, él pudo, en su dedicatoria, presentar al emperador RUDOLF al dios de la guerra encadenado, pidiendo, metafóricamente, nuevos subsidios para hacer lo mismo con su padre Júpiter, su abuelo Saturno, su hermana Venus y su querido hermanito Mercurio. Lo que había ocurrido era que KEPLER, pero sólo para Marte, había logrado descubrir las dos primeras leyes de las tres que llevan su nombre: las órbitas de los planetas son elipses de las cuales el sol ocupa uno de los focos; la recta que une el sol con el planeta describe áreas iguales en tiempos iguales. Con infinita paciencia, KEPLER, estudiando los datos de BRAHE, había llegado en primer término a separar las apariencias debidas al movimiento de la tierra de aquellas que afectaban al planeta. Luego (relato de manera muy sumaria sus procedimientos), probó si los datos alcanzados considerando sólo el planeta, podían realizarse con órbitas circulares, con epiciclos, con excéntricos, etc. Llegó hasta obtener una diferencia máxima de 8' entre las observaciones y el cálculo. Cualquiera otro, en aquel tiempo, habría considerado esas diferencias como legítimamente debidas a los instrumentos de observación o al observador mismo. Pero KEPLER no quiso admitir que BRAHE hubiera cometido tales errores, por pequeños que ellos fuesen, y se puso a considerar si se podía lograr una concordancia más perfecta con óvalos de distinta naturaleza. Fué así que después de incesantes cálculos y ensayos, llegó a obtener la concordancia buscada mediante la hipótesis de una órbita elíptica en la que el sol ocupaba uno de los focos. También a su segunda ley (siempre para Marte), llegó después de infinitas hipótesis, cuidadosamente probadas; ella debía dar cuenta del hecho según el cual el planeta se mueve con mayor velocidad cuando está más próximo al sol y con menor velocidad cuando está más lejos. Hemos repetidamente anotado que las dos leyes habían sido descubiertas sólo para Marte, pues sólo de él se tenían de TYCHO BRAHE las observaciones suficientes y sólo su órbita presenta una excentricidad relativamente grande y suficiente para reconocer fácilmente los descubrimientos

entonces realizados. Es cierto que la órbita de Mercurio tiene una excentricidad aun mayor, pero este planeta, por su proximidad al sol, se presta menos para las observaciones, mientras las órbitas de los demás planetas tienen una excentricidad mucho menor. En todo caso, KEPLER estuvo convencido desde el principio que sus dos leyes valían para todos los planetas, además para la luna en su movimiento alrededor de la tierra y, después del descubrimiento de GALILEO, también para los cuatro satélites de Júpiter. Hizo también algunos intentos y cálculos en este sentido, pero su aporte mas fehaciente lo obtuvo con el descubrimiento de su tercera ley: los cuadrados de los tiempos de revolución de los planetas alrededor del sol son proporcionales a los cubos de las distancias medias del sol; mientras una ley análoga vale para Júpiter y sus cuatro satélites. Esta ley se encuentra en su *Harmonices Mundi Libri V*, aparecido en 1618, uno de los libros más fantásticos de KEPLER y donde se habla sin orden y sin criterio científico de todas las "armonías" que se encuentran en los fenómenos naturales, se considera la *armonía de las esferas* de manera más infantil de cómo lo habían hecho los pitagóricos, y, en casi toda la obra se traen cosas que nada tienen que ver con la astronomía. En este libro tan loco hay sólo un pasaje, de extensión insignificante, en el cual el autor relata como el 15 de mayo de 1618, después de años de intentos inútiles, en un momento de feliz intuición, adivinó esta ley, muy pronto verificada con los datos de las observaciones.

No nos detendremos más sobre KEPLER, anotando sólo los títulos de algunos de sus otros libros más importantes. La *Epitome astronomiae copernicanae*, aparecida en tres partes, en 1618, 1620 y 1621 es una exposición completa del sistema copernicano, pero con las variaciones aportadas por KEPLER mismo. Es un libro de índole didáctica, pero de gran valor y muy claro, careciendo singularmente, en general, de las locuras que se encuentran en la mayoría de sus obras. Este *Epitome* tuvo bien pronto el honor de ser colocado por la Corte Romana en el *Index librorum prohibitorum*. Otro libro inte-



resante es el *De Cometis libellis tres*, aparecido en 1619, aunque KEPLER no llega a reconocer estos cuerpos celestes como pertenecientes al sistema solar. Como dijimos, en 1627 aparecieron las *Tabulae Rudolphinae*, que durante más de un siglo fueron el breviario cotidiano de los astrónomos. BRAHE esperaba que estas tablas confirmaran exactamente su sistema, algo de intermedio entre el copernicano y el ptolemaico. Por el contrario, ellas lo refutaron completamente, junto con los sistemas anteriores, para dejar en su lugar al nuevo sistema que podemos designar kepleriano. La vida privada de KEPLER no fué feliz, tanto por su carácter como por sus desgracias familiares, no obstante que su segundo matrimonio, en 1612, fuese bastante dichoso. Sus honorarios no venían pagados regularmente, lamentándose él continuamente de sus estrecheces económicas, lo que sin duda fué una exageración, pues al morir dejó un patrimonio bastante cuantioso. No permaneció largo tiempo en Praha donde no se le pagaba y en 1612 se trasladó a Linz, en la Alta Austria, donde consiguió una cátedra de matemática. Pero en 1626, por segunda vez en su vida, fué expulsado por su fe protestante y se estableció entonces en Ulm, negándose a ir a Bologna o a Inglaterra, donde le habían ofrecido cargos honoríficos. En cambio aceptó más tarde la oferta de una cátedra en Rostock, pero al pasar por Regensburg, donde se había reunido la Dieta del Imperio, con el objeto de reclamar sus emolumentos como matemático imperial, contrajo una pneumonía, muriendo en aquella ciudad el 15 de noviembre de 1630.

40.— Un gran sabio flamenco: SIMON  
STEVIN.

Para la matemática y la mecánica, y también para otras ciencias, una de las figuras más prominentes, por los alrededores del 1600, es la de SIMON STEVIN; alguien, (por ejemplo G. SARTON) no vacila en declarar que él y GALILEO, son los dos más grandes sabios de la época, y a gran distancia de to-

dos los demás de su tiempo. S. STEVIN nació en Bruges (Brugge) en 1548, es decir 16 años antes de GALILEO. Fué tenedor de libros de Anvers (Antwerpen), luego viajó largo tiempo, y finalmente se estableció en las Provincias Unidas de los Países Bajos, donde fué íntimo del "stadhouder" MAURICE DE NASSAU, príncipe de Orange, y murió, seguramente en 'sGravenhage, en 1620.

Como frecuentemente ocurre en las cuestiones científicas, podemos encontrar vagas alusiones al uso de fracciones decimales en varios autores. CHRISTOFF RUDOLFF, particularmente, en un librito aparecido en 1530, se sirve de ellas de una manera inteligente. Pero fué sólo STEVIN quien comprendió completamente la naturaleza y conveniencia de las fracciones decimales y el primero que expuso una teoría completa en su *De Thiende* de 1585, a la que siguió, este año, la edición francesa *La Disme*, preparada por él, e impresa por el mismo editor de Leiden. No nos detendremos en señalar otras importantes obras matemáticas de STEVIN, limitándonos a citar la *Appendice algebraïque contenant règle générale de toutes équations* (Leiden, 1594) donde demuestra que en toda ecuación numérica de cualquier grado, si (expresado con símbolos modernos)  $f(a) > 0$  y  $f(b) < 0$ , hay por lo menos una raíz de  $f(x)$  entre los valores de  $a$  y  $b$ ; y las *Mémoires mathématiques, contenant ce en quoy s'est exercé Maurice Prince d'Orange* (5 vol. Leiden, 1605-8), publicados en holandés y al mismo tiempo en una traducción latina a cargo del célebre WILLEBRORD SNEL VAN ROYEN (1580-1626), el descubridor de la ley verdadera de la refracción, y otra en francés (no del todo completa) por JAN TURING, secretario del hermano del príncipe MAURICE, el príncipe FREDERIK. Estos *Hypomnemata* son una obra muy compleja y curiosa, donde se encuentran exposiciones de matemática, de astronomía, de geología, de geografía, de óptica, de estática, de molinos a viento, de contabilidad por partida doble y de muchas otras cosas que no podemos señalar en este sumario, pero en las que hay numerosos asuntos importantes y nuevos que merecerían señalarse

en una monografía más amplia. Recordemos sólo su conversión de los métodos de exhaución de los antiguos en las modernas concepciones de límites. Pero donde STEVIN logra sus más grandes conquistas científicas es en la mecánica. En la estática solo indicaremos su explicación de la palanca, diferente a la de ARHIMEDES; y especialmente su teoría del plano inclinado: “Wonder en is gheen wonder”, aparece escrito en su célebre figura en la que cuatro balas equilibran a dos en diferentes planos inclinados, basándose en el principio de la imposibilidad del movimiento perpetuo; y que le sirve de punto de partida para la ley general de composición de fuerzas concurrentes en un punto (paralelogramo de las fuerzas), de la descomposición de las fuerzas, etc., y que lo aproximan al principio de las velocidades virtuales. En hidrostática, él es el descubridor (mientras no lo es PASCAL) de la paradoja hidrostática: “Aquae fundo horizonti parallelo tantum insidet pondus quantum est aquae columnae cujus basis fundo, altitudo perpendiculari ab aquae superficie summa ab imam demissae aequalis est.” (*Hypomnemata*, IV, p. 119 de la edición latina). Mencionemos también sus estudios sobre las esclusas (en su *Castramentatio das is Legermeting* y en *Nieuwe maniere van sterctebou door spilsluysen*, 1617); sus consideraciones sobre la navegación (en *De Havenvindig*, 1599 y *De histiodromia*, 1608, en *Hypomnemata*), donde se habla extensamente de la loxodromia, de la determinación de la longitud en mar y de otras cuestiones pertenecientes a esta naturaleza; su *De theoria maritimorum aestuum in accessu et recessu*, en su *Hypomnemata*), donde la teoría de las mareas está correctamente referida (así como en KEPLER) a la atracción lunar; etc. STEVIN fué un gran partidario del uso del idioma nerlandés (que él denomina belga) considerándolo el más apto y escueto para expresar cuestiones científicas.

41.— *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (1638) y la dinámica moderna: GALILEO.

Si STEVIN fué el principal creador de la estática moderna, GALILEO GALILEI fué el creador de la moderna dinámica. Sus *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica & i movimenti locali*, publicados en Leiden en 1638, constituyen el primer tratado en el que se expone esta nueva dinámica y en el que, además de muchas otras cuestiones de mecánica (péndulo), física (velocidad de la luz), geometría (cicloide, catenaria, etc.), se crea la ciencia de la resistencia de los materiales. Pero si este libro es de 1638, cuando GALILEO ya tiene 74 años y está por volverse completamente ciego, sus estudios sobre estos temas, el desarrollo de sus teorías, remontan hasta su juventud; cuando estando en Pisa comenzó a combatir la doctrina de los aristotélicos, observó el isocronismo del péndulo, y lanzó experimentos desde lo alto de la "Torre pendente", para descubrir si pesos diferentes o formados de cuerpos de diferente densidad, llegaban a tierra al mismo tiempo o si lo hacían, según la creencia de los peripatéticos, en tiempos relacionados a su peso o a su peso específico. Si GALILEO en astronomía y en el pensamiento científico general, ocupa uno de los primeros lugares entre los sabios de todas las épocas, él es aun más sobresaliente por sus conquistas dinámicas y mecánicas. GALILEO GALILEI nació en Pisa el 18 de febrero (quizás mejor el 15 de febrero) de 1564, de familia florentina. Estudió en Pisa y poco después de su laurea, fué en 1589 designado profesor en la misma universidad, para pasar en 1592 al Studio di Padova. Para ese entonces la influencia de los escritos de ARHIMEDES y la de un notable matemático veneciano, profesor en Torino, GIOVAN BATTISTA BENEDETTI (1530-1590) (a quien se deben algunas demostraciones e intuiciones importantes), su mentalidad se orientó hacia nuevas rutas. No es aquí el caso de discutir la cuestión de los escritos precursores de

los de GALILEO, ni de lo que pueda hallarse en LIONARDO en tal sentido. Lo que hizo GALILEO es nuevo por su espíritu y, por lo demás, se encuentran signos de una continua evolución de su pensamiento, desde el *De motu*, obra juvenil del período pisano, publicada solamente ahora (Edizione Nazionale, Vol. I), hasta los célebres *Discorsi*, ya mencionados. En su obra juvenil encontramos no sólo en germen muchas de las ideas desarrolladas después, sino también, en una de sus partes, un esbozo de diálogo, fingido en Bocca d'Arno, entre un tal "Dominicus" y un "Alexander", que representa a GALILEO (pues lo hace autor de la "bilancetta"), así como en los diálogos de su vejez, éste está representado por Salviati. Durante el primer tiempo del período paduano, estos conceptos mecánicos se desarrollan continuamente con justeza y precisión crecientes. Abandona cada vez más la *causa* de los movimientos, para buscar *como* los cuerpos se mueven. Llega así, en sus primeros meses en Padova, al descubrimiento fundamental que la trayectoria de un proyectil es una parábola; en una carta del 20 de noviembre de 1602 a GUIDOBALDO DAL MONTE habla de la caída de un cuerpo a lo largo de la periferia de un círculo, del isocronismo del péndulo y de muchas otras cuestiones importantes; en la famosa carta del 16 de octubre de 1604, relata a su amigo Fra PAOLO SARPI que él ha encontrado la verdadera ley de la caída de los graves:  $v = c s$ , es decir que las velocidades son directamente proporcionales a los espacios recorridos. Se ve así que en este momento, GALILEO no había alcanzado y demostrado la ley que es una de sus mayores glorias:  $v = g t$ , de donde se deduce  $s = \frac{1}{2} g t^2$ , donde  $g$  es la constante de gravedad en el lugar de caída. No se sabe con certeza cuando GALILEO llegó a la verdadera ley, sólo sabemos que en 1609 ya la había alcanzado, como se deduce de una carta del 11 de febrero de dicho año a ANTONIO DE' MEDICI, que contiene otras importantes noticias sobre hechos que encontramos más tarde en los *Discorsi*. Finalmente, en los primeros meses de este año 1609, GALILEO enviaba a

LUCA VALERIO, matemático en la Sapienza romana, un tratado sobre el movimiento de los cuerpos, entre otros, el de los proyectiles. Este tratado, así como también el manuscrito del *De motu*, comprende pasajes que figuran literalmente, o casi, en sus *Discorsi*. Puede asegurarse que en esta fecha la mayoría de los descubrimientos anunciados en esta última obra y hasta su redacción, estaban completadas. Pero en tal época, la creación del telescopio y los nuevos descubrimientos celestes por él logrados, distrajerón a GALILEO de sus estudios mecánicos. En otro número de este *Sumario* (Nº 38) hemos relatado esos acontecimientos. Quizás su condena de 1632 fuera una fortuna para la ciencia. Obligado a un retiro forzoso, impedido, y con amenazas bien tangibles, de ocuparse del sistema copernicano, el viejo sabio que tenía un cuerpo ya achacoso pero una mente aún juvenil, retomó sus antiguos apuntes y se dió a redactar, con las adiciones que reclamaban los progresos que él había conseguido en el plazo de tiempo transcurrido, su obra máxima. En esa es sintomático que los interlocutores son, como en el *Diálogo dei massimi sistemi*, Salviati, Sagredo y Simplicio. Fué muy difícil poder publicar su obra. En los países católicos estaba absolutamente prohibido imprimir cualquier obra de GALILEO, ya conocida o nueva. Después de muchas vicisitudes y gracias al apoyo de numerosos de sus amigos y admiradores extranjeros, especialmente FRANÇOIS DE NOAILLES, los cuatro libros de los *Discorsi* pudieron aparecer en Leiden, editados por los Elzevier, y el viejo, ya ciego, con un atraso inconcebible (la obra había aparecido en mayo o junio de 1638, aproximadamente) pudo tomar en sus manos, allá por junio de 1639, el tomo que de manera especial debía proporcionarle la inmortalidad. Sin embargo esta obra no está completa. Se poseen fragmentos de lo que hoy, tradicionalmente, se denominan quinto y sexto libros, pero que deberían llamarse mejor "Giornate aggiunte". Una de éstas, el fragmento denominado "Giornata sesta" y publicada recién en Firenze en 1718, contiene interesantes consideraciones sobre la fuerza de la percusión. El fragmento denominado "Giornata quinta", mucho

menos importante y donde se encuentran algunas definiciones concernientes la proporcionalidad, parece debido a una colaboración de GALILEO con el joven TORRICELLI. (Sobre los *Discorsi e dimostrazioni matematiche*, puede consultarse mi trabajo publicado en Archeion, XXI, 1938, p. 193-297, y también aparecido en folleto).

En su casi cárcel: su villa "Il Gioiello" en Arcetri, cerca de Firenze, asistido por dos de los más grandes sabios de la generación siguiente, EVANGELISTA TORRICELLI (1608-1647) y VINCENZO VIVIANI (1622-1703), GALILEO, quien con mente aún lucidísima se ocupaba todavía de cuestiones científicas, encontró la muerte el 8 de enero de 1642.

42.— La circulación de la sangre: WILLIAM HARVEY (1628).

Una cuestión que durante más de dos milenios preocupó al mundo de los médicos (habría que decir más bien de los naturalistas pues los médicos que se ocupan de anatomía y fisiología no son más que naturalistas, a pesar de sus intentos curativos) es la de comprender como la sangre se distribuye en el cuerpo humano (y en el de los animales superiores), y cual es su función. Esta función ha sido comprendida sólo mucho después de los estudios de LAVOISIER sobre la respiración, mientras que la distribución de la sangre se reconoció a fines del siglo XVI y principios del XVII. Antes, durante toda la edad media, la doctrina que prevaleció fué la de GALENOS, que resumía y completaba toda la medicina anterior. GALENOS admite que la sangre, elaborada por el hígado al cual llega el quilo de la digestión, se dirige al corazón derecho por la vena cava. Desde el corazón, centro del calor innato, la sangre se distribuye por medio de las venas a todo el cuerpo mediante las pulsaciones de aquel músculo. La cantidad de sangre es pequeña y al llegar a la periferia se consume toda; no hay pues ningún movimiento de regreso. De misma manera los pulmones son nutridos por la sangre que allí llega a través

de la vena arteriosa (nuestra arteria pulmonar) y a través de la arteria venosa (nuestras venas pulmonares), una gran cantidad de aire llega a la parte izquierda del corazón, y constituye el espíritu vital, base fundamental de la vida. Allí se mezcla con una muy pequeña parte, la más sutil, de sangre que a través de los (hipotéticos) poros del tabique del corazón, pasa de la parte derecha a la izquierda; y en cada pulsación este aire vital, a través de la aorta y de las arterias, llega a las diferentes partes del cuerpo, como la sangre lo hace por las venas. Las arterias no contienen sangre, sino este aire vital, como se reconoce en los cadáveres donde las arterias están siempre vacías; y una teoría curiosa se había imaginado para explicar el por qué, en los vivientes, las arterias cortadas producían una grave hemorragia. En el siglo XVI, en todas las escuelas médicas, se enseñaba esta milenaria doctrina. Resulta entonces algo extraño que en el siglo XIII un médico árabe alejandrino, IBN AL-NAFÍS (c. 1210-1288) llegara a establecer algo parecido a la doctrina de la pequeña circulación; y lo extraño reside en el hecho que él se basa exclusivamente en los tratados anatómicos de GALENOS, pues a los musulmanes les estaba prohibido disecar cadáveres, práctica a la que el autor mismo, por otra parte, se declara completamente contrario. Aunque hasta hoy no se han encontrado otros escritos médicos árabes que apoyan esta doctrina, quizás MIGUEL SERVETO (1511-1553) ha conocido estas ideas en fuentes árabo-hispánicas, porque, correlacionándolas además con observaciones experimentales (en especial sobre la diferencia del color de la sangre), él repite, en su *Christianismi Restitutio* (1553), casi textualmente las expresiones de AL-NAFÍS. Pero, independientemente de SERVETO, y parece también en época anterior, el anatómico REALDO COLOMBO (1516-1559) había claramente comprendido, descrito y enseñado la doctrina de la pequeña circulación: del ventrículo derecho por (nuestra) arteria pulmonar, la sangre va a los pulmones y de ahí (después de haber sufrido un cambio, especialmente en su color) regresa por (nuestra) vena pulmonar a la aurícula izquierda.



Ni la cavidad izquierda del corazón ni las arterias estan llenas de aire, sino de sangre, y no existen poros en el tabique que puedan hacer pasar directamente sangre de la parte derecha a la izquierda. Es de notar que el gran anatómico VÉSALE no había llegado a rechazar la hipótesis de los poros del tabique y se mantenía reticente respecto de esta cuestión. Después fué CESALPINO, él que casi llegó a convertirse en el descubridor de la circulación de la sangre; pero el aretino no reconoció la trascendental importancia que este hecho tenía para el conjunto de la biología, y por otra parte en algunas cuestiones mantenía ideas anticuadas; así no elaboró completamente la nueva teoría ni se ocupó de sostenerla ante los médicos y secuaces de GALLENOS. CESALPINO no estimaba exageradamente al médico de Pergamon, por el contrario era un admirador entusiasta, aunque no ciego, de ARISTOTELES. Ahora bien, el primero había situado el *hegemonicon* en el cerebro, mientras ARISTOTELES lo situaba en el corazón. Este hizo también del corazón el centro de los nervios, en lo que fué seguido por CESALPINO. Pero, bajo la influencia de la teoría aristotélica, el naturalista aretino rechazó la doctrina que hacía del hígado el centro principal de la sangre, más, hizo del corazón ese centro, y con consideraciones y observaciones, que aquí no podemos desarrollar, no sólo admitió la pequeña circulación (la pulmonar descubierta por su maestro COLOMBO), sino también la grande, según la cual, partiendo del ventrículo izquierdo, la sangre, por medio de la aorta, llega a la periferia de todo el cuerpo. Ahí, por una especie de anastomosis, (precisada mucho más tarde), la sangre pasaba de las terminaciones de las arterias a las venas y por estas regresaba a la aurícula derecha, uniéndose en la vena cava a la vena hepática, que traía los productos de la digestión. CESALPINO expuso varias veces estas ideas suyas, especialmente en el quinto libro de sus *Quaestiones peripateticae* (1571), en su *De plantis* (1583), en su *Quaestionum medicarum libri duo* (1593), etc. No puede decirse que estos resultados de CESALPINO quedaron completamente olvidados. Por ejemplo CARLO RUINI, que con su *Del-*

*l' anatomia e dell' infirmità del cavallo*, Bologna, 1598, hizo para este animal una obra comparable a la de VÉSALE para el hombre (tanto por el texto como por las ilustraciones), tiene pasajes referentes a la circulación completa de la sangre y nota la existencia, y probablemente reconoce también la función, de las válvulas de las venas. Estas últimas particularidades anatómicas no fueron descubiertas por GEROLAMO FABRIZI DI ACQUAPENDENTE, como generalmente se dice. Dejando de lado algunas probables menciones en la antigüedad, fué GIAMBATTISTA CANANO (1515-1579) quien las descubrió, parece en 1536, y muchos otros anatómicos las citan después. Fra PAOLO SARPI las conocía bien y, parece, que adivinó también su función. FABRIZI (1537-1619) no hizo sino estudiarlas con gran cuidado y, después de mucho tiempo, publicar sus resultados con muy buenos dibujos en su *De venarum ostiolis* de 1603, pero sin comprender bien su función, ni tener una idea de la circulación de la sangre, en la cual ellas juegan un papel de primer orden, evitando que la sangre pueda seguir otra dirección que aquella hacia el corazón. Otras particularidades que demostraron (mas tarde) la necesidad de una circulación en sentido único fueron las válvulas del corazón, ya cuidadosamente observadas por LIONARDO DA VINCI, quien notó que la sangre no podía fluir de la aorta al corazón, mientras BERENGARIO DA CARPI (1470-1530) había hecho otras observaciones análogas. Felizmente uno de los discípulos de FABRIZI fué el inglés WILLIAM HARVEY, un intelecto vigoroso y tenaz, conocedor además de las obras de REALDO COLOMBO y de CESALPINO. Fué así que él pudo hacer la síntesis de todas las investigaciones anteriores, completarlas con experiencias probatorias y conducir una campaña sin descanso contra la mayoría de los médicos, que no querían saber nada acerca de esta circulación de una naturaleza nueva para ellos. WILLIAM HARVEY nació en Folkeston el 2 de abril de 1578. Graduado de bachiller en Cambridge en 1597, salió sin demora para Padova donde en 1602 obtuvo el título de doctor que, en el mismo año, obtuvo también en Cambridge. Ejerció luego la

profesión médica en London, fué profesor en el College of Physicians (1615) y luego (1619) médico de corte de JAMES I y de su sucesor CHARLES I. La revolución de 1642 volvió por corto tiempo, agitada su vida, pero él se retiró en 1646, para terminar su existencia entre sus estudios, muriendo en Rotherhampton el 3 de junio de 1657. No obstante sus obligaciones prácticas, como buen discípulo de la escuela anatómica de Padova, siempre pensaba en problemas de anatomía, o mejor de aquella nueva anatomía dinámica que, como dice SINGERIST, debía convertirse en la nueva "fisiología". No se trata de conocer la configuración topográfica del cuerpo vivo (en este dominio el siglo XVI había logrado grandes victorias), sino de estudiar sus variaciones. En este sentido y por sus antecedentes, HARVEY se ocupó de modo especial de los movimientos de la sangre. Hemos visto como los trabajos preparatorios ya habían sido realizados, pero por una razón u otra, faltaba aún la síntesis general. HARVEY estudió la cuestión no sólo en el hombre sino también en muchos animales. Es conocida una de sus comprobaciones, de naturaleza novísima entonces, con la cual, como GALILEO para la física, él introduce definitivamente el método matemático en la biología: la cantidad de sangre que es empujada en el cuerpo por cada sistole es de 2 onzas; para 72 pulsaciones por minuto, en una hora serían empujadas en el cuerpo 8640 onzas, es decir cerca de tres veces el peso del cuerpo humano; como el alimento no puede proporcionar tal cantidad de sangre, es necesario así que la sangre empujada en el cuerpo regrese en su casi totalidad al corazón para continuar su interminable circulación hasta la muerte. Y las particularidades de las dos circulaciones podían así deducirse de la obra de sus predecesores y de la propia. Por una conferencia suya de 1616, de la cual nos quedó el manuscrito, sabemos que ese año su teoría se encontraba ya completada. Pero sus ideas eran tan nuevas para los médicos de entonces, y también para los sabios, que él no se arriesgó sino en 1628 a publicar en Frankfurt a. M. su *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*.

La lucha contra su teoría fué larga y áspera y su creador debió defenderla con violencia y tenacidad. Sólo mucho después fué reconocida como uno de los fundamentos más seguros y fecundos de la biología. Es verdad que faltaba todavía una demostración experimental de como la sangre pasaba de las terminaciones de las arterias a las terminaciones de las venas. Fué MARCELLO MALPIGHI, de quien pronto hablaremos, quien con el auxilio del instrumento recién descubierto, el microscopio, vió, por primera vez (en 1661) este pasaje a través de los capilares en los pulmones y en el mesenterio de un sapo vivo, para reconocer después los capilares en otros animales.

FABRIZI, y es éste uno de sus máximos títulos de gloria, se había ocupado minuciosamente del desarrollo de los huevos de pollo y de otras cuestiones de embriología. También esta sección de "anatomía dinámica" fué objeto de las extensas observaciones de HARVEY y se encuentran descritas en su *De generatione animalium*, 1651. No podemos aquí detenernos en este tema, baste recordar que a HARVEY remonta el célebre principio: *Omne animal ex ovo*, aunque él no lo haya interpretado en todo su verdadero significado.

#### 43.—SANTORIO SANTORIO: instrumentos de medida y medicina experimental.

No fué solamente HARVEY quien renovó la biología y la medicina siguiendo el rumbo inaugurado por GALILEO. Un contemporáneo de éste, SANTORIO SANTORIO (1561-1636) de Capodistria, prácticamente de la generación anterior a la de HARVEY, es una de las más destacadas personalidades en la historia de la ciencia. Egresado del Studio de Padova en 1582, reconocido como médico sobresaliente, fué por ello llamado y retenido en Polonia desde 1587, hasta que en 1611, llegó a ser profesor en Padova, retirándose, empero, en 1624, a Venecia, donde se dedicó a su práctica y a sus estudios. Erudito en las lenguas clásicas, conocedor profundo de ΙΠΠΟΚΡΑΤΗΣ y de GALENOS, así como de los árabes (AVICENNA), escribió ex-

tenso comentarios a las obras de estos médicos antiguos en los que, entre muchas cosas entonces comunes, se encuentran nuevas e interesantes observaciones. Porque, no obstante su cultura clásica, él estaba animado del nuevo espíritu cuya esencia eran los experimentos y aún la medida exacta de los fenómenos, así como la busca de las regularidades numéricas. Por eso, después de su obra sobre la manera de evitar errores en la medicina y otra sobre la *Ars medicinalis* de GALENOS, él publicó en 1614 una *Ars de statica medicina*; que, en forma de aforismos, aportaba algo completamente nuevo. GALENOS había observado que una especie de respiración se realiza no sólo por los pulmones sino también por toda la piel. Para estudiar esta “perspiratio insensibilis”, SANTORIO se construyó una especie de balanza que sostenía a sí mismo, a su mesa y, en algunos casos, hasta a su cama, y que, descontando lo que comía o bebía, así como sus evacuaciones, le permitía medir en diferentes condiciones, tanto en él como en otros, esta “perspiración”, a la cual atribuyó mucha importancia (la que, por otra parte, no fué comprendida esencialmente sino mucho más tarde). En su carta del 9 de febrero de 1615 a GALILEO, el médico capodistriano entre otras cosas escribe: “Che quest’ arte da me inventata, veramente sii importantissima, è cosa chiara, perchè può distintamente mesurar l’ insensibile traspiratione, che, alterata o impedita, secondo l’ opinion d’ Hippocrate et Galeno, è origine quasi de tutti i mali; ... ma se ben Galeno non l’ avesse conosciuta, poco importa, purchè sii vera.” SANTORIO continuó a recorrer la ruta trazada por GALILEO. El físico toscano había inventado el microscopio a continuación de la construcción de su telescopio; también había inventado un termoscopio para apreciar diferencias de temperatura. SANTORIO, comprendiendo la importancia de poder avaluar numericamente la fiebre (los antiguos se habían limitado a distinguir cualitativamente las variaciones del pulso; así ARHIGENES de Apameia, fines del primer siglo, describía casi un centenar de *pulsos* diferentes), inventó el primer termómetro clínico con el cual medía la fiebre basándose en la

dilatación de un cierto volumen del aire, calentado en la boca por el aliento del enfermo, en un tubo graduado con su extremidad en el agua; además inventó un *pulsilogium*, mediante el cual se podía medir la frecuencia del pulso (se alargaba o acortaba la longitud de un péndulo hasta hacerlo batir sincrónicamente con el pulso: la longitud del péndulo medía la frecuencia). Las invenciones prácticas de SANTORIO son innumerables; él tiene en su haber un higroscopio, una cama con la cual un enfermo podía bañarse sin abandonar el lecho, instrumentos para la traqueotomía, para la extracción de cálculos en la vejiga, etc., etc.. Su influencia fué grande, aunque mucho de lo que él realizó, sólo fué comprendido mucho más tarde. En esto se distingue de HARVEY; mientras el inglés atacó un problema de importancia fundamental y lo dejó completamente, o casi, acabado, en cambio SANTORIO estudió problemas más complicados, aparentemente no de importancia inmediata y que sólo fueron resueltos en un futuro más lejano.

44. — El “*Discours de la méthode*” (1637)  
de DESCARTES y la geometría analítica.

Hemos visto como con LIONARDO, BIRINGUCCIO, los grandes anatómicos del Renacimiento, SIMON STEVIN, GILBERT, GALILEO, SANTORIO, HARVEY y también con KEPLER, a pesar de sus ideas místicas y fantásticas, la ciencia se renovaba y en ella los métodos matemático y experimental ocupaban el lugar que les corresponde en la ciencia moderna. Al lado de estos sabios que *hacían* la nueva ciencia, había otros que, sin hacer verdaderamente nada de bueno, querían hablar sobre el método científico y enseñar (¡qué pretensión!) a los sabios lo que ellos debían hacer. El más conocido de estos “habladores” es FRANCIS BACON, lord VERULAM (1560-1626), un hombre que nada comprendió de la ciencia y que no tuvo influencia sino sobre los “filósofos” de profesión. Otro fué RENÉ DESCARTES, quien, en cambio, fué también hombre de ciencia y, como veremos, un matemático muy grande. Pero, en con-

tra de lo que él creía, y otros han escrito, fué una mente de un temperamento escolástico medieval, y, que no obstante su “duda sistemática”, fué el más convencido en los imaginarios sistemas físicos y biológicos que él inventó. Desgraciadamente sus escritos tuvieron una gran difusión e influencia, y durante dos siglos inficionaron la ciencia en Francia, especialmente con sus “torbellinos”, hasta que la introducción en ese país de las teorías de NEWTON derrotaron, en las ciencias físicas y biológicas, las ideas cartesianas. Este hombre que, fuera de las matemáticas puras, no habría debido tener la importancia que alcanzó, y que jamás llevo a comprender a GALILEO, y hasta estigmatizó a sus ideas, obtuvo un gran éxito y logró una gran fama con su *Discours de la méthode* publicado el año anterior al de los *Discorsi* de GALILEO.

DESCARTES nació en La Haye, en Touraine, el 31 de marzo de 1596, recibiendo educación e instrucción en el Collège de la Flèche, de los jesuitas. Después de dejar este colegio (1612) fué a la Universidad de Poitiers donde se graduó en derecho, y más tarde se dirigió a Holanda, donde, entre algunas ausencias y largos viajes, permaneció casi toda su vida. Holanda entonces, como casi siempre después, era el lugar de refugio y elección de los espíritus libres, que no podían soportar las cadenas, espirituales y hasta materiales, que pesaban sobre ellos en otros países. DESCARTES abandonó definitivamente Holanda en setiembre de 1649, respondiendo a un llamado de la reina KIRSTEN VASA de Suecia, que quería adornar su corte en Stockholm con tan afamado filósofo, pero allí DESCARTES pronto enfermó y murió el 1º de febrero de 1660.

DESCARTES fué una mente aguda, pero extremadamente pusilánime. Para expresar con menor temor sus pensamientos, reparó en Holanda y tampoco allí tuvo la valentía de defender sus convicciones sobre la validez del sistema copernicano. Por esta razón, también, no empezó a publicar sus escritos sino muy tarde. En su primera estada en Holanda publicó, sin el nombre del autor, su *Discours de la méthode pour bien conduire la raison et chercher la verité dans les sciences*, que

lleva como apéndices la *Géométrie*, la *Dioptrique* y las *Météores*. En su segunda estada en aquel país (1641) publicó sus *Meditationes de prima philosophia in quibus Dei existentia et animae immortalitas demonstrantur*; después en 1644 sus *Principia philosophiae*; en 1649 su *Traité des passions de l'âme*; siendo póstumos el *Traité du monde* (1677) y las *Regulas ad directionem ingenii* (1701). Agreguemos que también en Holanda tuvo que sufrir ataques (a menudo justificados) de adversarios o enemigos, como lo documenta su *Epistola ad celeberrimum virum Gisbertum Voetium* (mayo de 1643) que ocupó a la magistratura de Utrecht y que, por intervención de amigos, terminó simplemente con un fallo según el cual nada se debía escribir más a favor o en contra de la nueva filosofía. Sin duda alguna su publicación más importante es la de 1637. El *Discours de la méthode* fué muy leído y objeto de aprobaciones y violentas oposiciones. "On pourra distinguer six parties" en este libro, escribe DESCARTES; "En la première on trouvera diverses considérations touchant les sciences. En la seconde, les principales règles de la Méthode que l'auteur a cherché. En la troisième, quelque-unes de celles de la morale qu'il a tiré de cette méthode. En la quatrième les raisons par lesquelles il prouve l'existence de Dieu, et de l'âme humaine, qui sont les fondements de sa métaphysique. En la cinquième, l'ordre des questions de physique qu'il a cherchées, et particulièrement l'explication du mouvement du coeur, et de quelques autres difficultés qui appartiennent à la médecine, puis aussi la difference qui est entre notre âme et celles des bêtes. Et en la dernière, quelle chose il croit être requise pour aller plus avant en la recherche de la nature qu'il n'a été, et quelles raisons l'ont fait écrire". Tales cuestiones se encuentran más desarrolladas en las *Meditationes* y en sus *Principia Philosophiae*. Pero mientras BACON charlaba sobre la ciencia y DESCARTES pretendía enseñar a los sabios cómo ellos debían proceder para trabajar con provecho, éstos, despreocupándose de ellos, construían de hecho la nueva interpretación del mundo de los fenómenos y creaban el nuevo método.



De sus obras científicas, llamémoslas así, poco podemos decir, exceptuando de la matemática. Son todas creaciones arbitrarias, sin fundamento, si se exceptúa en general cuando el filósofo francés se apropia de resultados ajenos, como ocurre con la ley de los senos de la refracción, que él toma de WILLEBRORD SNELL. En la óptica, sí, tiene algunas nuevas e interesantes observaciones sobre las que hablaremos luego. Su biología es verdaderamente fantástica; si en ella encontramos una *bête machine*, predecesora de *l'homme machine* de LA METTRIE, no debe olvidarse que entonces, y aun antes de DESCARTES, todos los "anatómicos dinámicos", tanto los iatromecánicos (SANTORIO, HARVEY), como los iatroquímicos (ANGELO SALA, VAN HELMONT), no hacían sino buscar en fenómenos físicos y químicos la explicación de los hechos vitales. Por eso, tanto por su pensamiento de naturaleza escolástica, como por sus quiméricas doctrinas físicas y biológicas, él fué más un impedimento para el progreso de las ciencias, que un estímulo para su desarrollo.

Sólo en un campo fué DESCARTES un genio innovador: en la matemática, disciplina en la cual no se presenta la observación y el método usual de las ciencias naturales. Su *Géométrie*, es verdaderamente una piedra miliar en el camino de la matemática. Quien recorre fugazmente las páginas de la primera edición de la *Géométrie*, queda maravillado de encontrar fórmulas que, en su aspecto general, se asemejan a las modernas. El uso de los símbolos en el álgebra, que por lo demás se encuentra en embrión también en DIOPANTOS, se habían lentamente desarrollado en los últimos tiempos: ya existían los signos  $+$ ,  $-$ ,  $\sqrt{\quad}$ , los exponentes, los paréntesis, etc. y se había comenzado a usar letras para indicar números, y en las que se sustituían sus valores efectivos en los casos particulares. Pero debemos a DESCARTES el uso (cuyo mérito se manifestó con los progresos que tal hecho permitió realizar a la matemática) de las últimas letras del alfabeto  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , para representar las incógnitas o, en el caso de figuras geométricas expresadas en fórmulas algebraicas, las coordenadas móvi-

les de los puntos de la línea o de la superficie. Pero, aparte de muchas otras valiosas contribuciones matemáticas, especialmente en la teoría de las ecuaciones, DESCARTES tiene el sobresaliente mérito de haber creado la geometría analítica, al mismo tiempo que otro gran matemático, su contemporáneo: PIERRE FERMAT, la creaba también, no sólo independientemente sino de manera completamente distinta. Quien quiera encontrar en la *Géométrie* cartesiana una exposición sistemática, o por lo menos clara, del nuevo método que permitió desarrollar la geometría analítica y más tarde dar las bases del cálculo infinitesimal, se encontrará defraudado. Hasta parece que DESCARTES no quiera explicar demasiado los fundamentos de su hazaña. Es necesario realizar un estudio profundo de sus escritos para percatarse de su valor. Pero de inmediato los comentaristas de la *Géométrie* (cito en particular FLORIMOND DEBEAUME (1602-1652) y FRANZ VAN SCHOOTEN (1615-1660) con sus contribuciones, algunas de las cuales aparecieron en nuevas ediciones de la *Géométrie*, se esforzaron en difundir la nueva ciencia, que rápidamente fué conocida y asimilada por sus contemporáneos. Recordemos solamente aquí que, en la obra citada, no encontramos las “coordenadas cartesianas” (ortogonales) en el sentido moderno, pero sí una abscisa (este nombre es también más moderno) con un origen fijo, y una serie de rectas paralelas, en general inclinadas respecto de la abscisa, que hacen la función de nuestra ordenada. Los “locos” (lugares) dados por una curva, se expresan con una fórmula algebraica, cuya naturaleza no varía si se cambia el ángulo que la ordenada forma con la abscisa. DESCARTES inicia su tratado con consideraciones sobre un célebre problema de PAPPUS denominado de las tres, cuatro, cinco, etc. rectas (dadas  $n$  rectas, determinar el lugar geométrico de los puntos cuyas distancias a un grupo de esas rectas tiene igual producto que las distancias al grupo restante, eventualmente por segmentos fijos) y muestra que podemos, mediante una expresión algebraica de segundo grado, obtener las distintas secciones cónicas como solución del problema. No podemos aquí

detenemos en otros numerosos problemas resueltos por DESCARTES (por ejemplo la construcción de la normal en un punto de una elipse).

Parece que DESCARTES estaba ya en 1620 en posesión del más importante de sus descubrimientos. Además en una carta de octubre de 1628 escribe él a su amigo y sabio notable ISAAC BECKMAN (1588-1637) sobre sus recientes progresos, muy satisfactorios, en aritmética y geometría. Por otra parte, con su publicación de 1637, él fué el primero que dió a luz una obra en la que la geometría analítica se nos presenta completamente desarrollada. Pero puede decirse que en la compilación de un tratado completo de geometría analítica, él tuvo un predecesor en el ya citado PIERRE FERMAT, con su *Ad locos planos et solidos Isagoge*, completada y circulada manuscrita, antes (ver su carta del 22 de setiembre de 1626 a ROBERVAL) de la *Géométrie* cartesiana (la *Isagoge* fué impresa solamente en 1679, y en forma defectuosa, con las fórmulas y otras expresiones de FERMAT ya modernizadas; la única edición valiosa es la de las *Oeuvres* por P. TANNERY y CH. HENRY, Vol. I, 1891). FERMAT fué bautizado el 20 de agosto de 1601 cerca de Montauban; senador en el Parlamento de Toulouse, vivió tranquilamente en medio de sus tareas ciudadanas y de sus queridos estudios matemáticos; murió en Castres el 12 de enero de 1665. Célebre es su afirmación de haber resuelto la cuestión: en toda ecuación de la forma  $x^n + y^n = z^n$ , no se pueden encontrar soluciones en números enteros para  $n > 2$ . En una nota en los márgenes de un DIOPANTOS dice que ha demostrado esa conclusión pero que no tenía ahí bastante espacio para exponerla. Lo extraño es que no sabemos si verdaderamente había encontrado la solución o si se había equivocado, pero lo cierto es que hasta ahora tal demostración general aun no se ha hallado, aunque se haya demostrado para muchísimos números. Ahora bien, en sus estudios geométricos, FERMAT siguió la influencia de FRANÇOIS VIÈTE (1540-1603) y de MARINO GHETALDI (1566-1627), adoptando también sus símbolos anticuados. Pero si en esto es in-

ferior a DESCARTES, es sin duda superior a él en su exposición sistemática de la nueva geometría. Desde el principio de su *Isagoge* afirma (y demuestra) que una ecuación de primer grado con dos incógnitas es una recta, una de segundo grado, una sección cónica, una de primer grado con tres incógnitas, un plano en el espacio, etc. Distingue también las diferentes ecuaciones de las tres secciones cónicas. No podemos detenernos más sobre este gran matemático que, además, con su tratado de *Maxima et minima* abrió también nuevos horizontes a la ciencia matemática. Se ocupó, como DESCARTES, de óptica y se le debe una demostración según la cual la refracción se produce por la diferencia de la resistencia de los medios distintos (en conceptos modernos: diferencia de la velocidad de la luz en los medios distintos). Los escritos ópticos de estos dos sabios jugaron un papel importante en el desarrollo de la ciencia; pero no es posible tomarlos aquí en mayor consideración.

45.—EVANGELISTA TORRICELLI y su carta a MICHELANGELO RICCI (1644) y las experiencias barométricas.

En una carta del 27 de julio de 1630, el patricio genovés GIOV. BATT. Baliani (1582-1666), personaje que dejó un buen nombre en la historia de la ciencia, escribía a GALILEO sobre una cuestión que le turbaba mucho. Él había hecho construir en Genova un acueducto en el cual el agua habría debido sobrepasar la altura de una colina de 84 "palmi di Genova"; pero el agua no podía llegar a esa altura, pudiéndose notar además algunas otras particularidades singulares. La contestación de GALILEO no le satisfizo, pero comprendió que se trataba de una compresión ejercida por el peso del aire (la atmósfera) (porque el aire tenía un peso como había clara y experimentalmente comprobado GALILEO), y que era análoga a la que se obtendría en el fondo del mar. Además observó que la presión del peso ejercido por el aire (así como eventualmente por el agua del mar) se realiza en todas direcciones.

nes, tanto en sentido lateral, como de abajo hacia arriba. Admitió también que sobre la altura que en el sifón el agua no podía sobrepasar, existía un gran vacío, un vacío que contradecía al hipotético, aristotélico horror al vacío. Es evidente que BALIANI había concebido, como se dijo más tarde, la existencia del vacío barométrico, de la presión ejercida por los fluidos (líquidos o gaseosos) en todas las direcciones (que no es un descubrimiento de PASCAL y del cual hay ya menciones en STEVIN), y que la medida del peso o, como decimos ahora, de la presión atmosférica, está representada por la altura de la columna de agua en el sifón o, si se quiere, de la que se eleva en la columna barométrica. GALILEO no habla directamente de esto en sus *Discorsi*, quizás él creía que la cuestión no estaba aún bastante explicada experimentalmente. Pero las observaciones de BALIANI habían sido advertidas por los físicos de la nueva escuela, y en el círculo de los discípulos del padre BENEDETTO CASTELLI (1578-1643) se habían realizado experiencias (entre 1639 y 1641), especialmente por el mantuano GASPARE BERTI (fallecido, parece, hacia fines de 1643) y bajo los consejos de RAFAEL MAGIOTTI (1597-1658), para observar la altura a la que llegaba el agua en un tubo que se llenaba totalmente y cuya extremidad superior se cerraba mientras la inferior estaba sumergida en un gran vaso lleno de agua. Si el tubo era suficientemente alto (a veces llegaba desde el suelo hasta más allá del techo de las casas), el agua bajaba hasta un nivel generalmente constante. Los experimentadores se preguntaron entonces especialmente, qué es lo que quedaba en el tubo arriba del agua; ¿era éste, quizás, el verdadero vacío? Parece que el joven TORRICELLI no asistió a estas experiencias, pero él conoció extensos relatos sobre las mismas cuando volvió a formar parte del ambiente del padre CASTELLI, y, seguramente, habló de ellas y de las concepciones de BALIANI, cuando, más tarde, asistió a GALILEO en los últimos meses de su vida. Fué así que TORRICELLI, con la ayuda material de VIVIANI, descubrió efectivamente la presión atmosférica, que tenía también su intervención en los movimientos

de aquellos “diavoletti di Torricelli”, que una mala costumbre, doblada con un grave error histórico, denomina “de Cartesio”. Una de las causas de su éxito fué la idea de sustituir al agua por el mercurio; el agua necesitaba elevaciones exorbitantes (aproximadamente 10 metros) y por otra parte en el “vacío” superior, los vapores de agua, siempre abundantes y en cantidades variables según las circunstancias, eran causa de notables errores. Por el contrario, la elevación del mercurio no superaba, término medio, los 76 centímetros, y en el, llamado ahora, “vacío barométrico”, éste era prácticamente total. Así el sabio faentino, en su célebre carta del 11 de junio de 1644 (este es el año del descubrimiento del barómetro y no 1643 como se cita generalmente) a MICHELANGELO RICCI, puede escribir triunfalmente que se están realizando experiencias filosóficas acerca del vacío y no solo para hacer simplemente el vacío sino además para estudiar las variaciones del aire, a veces “grave e grossa”, a veces “più leggera e sottile”. Una frase, en particular, recuerda parcialmente las expresiones de Baliani en su carta a Galileo: “Noi viviamo sommersi nel fondo di un pelagp d’aria elementare, la qual per esperienze indubitate si sa che pesa, e tanto, che questa grossissima vicino alla superficie terrena, pesa circa la quattrocetesima parte del peso dell’acqua”. Torricelli observó cuidadosamente que la presión atmosférica en un dado lugar no era constante, por el contrario, tenía variaciones que él, justamente, atribuyó a causas exteriores. Su afirmación que el peso de la columna de mercurio equilibraba a la columna (exterior) de aire, le había sin duda convencido también, que en lugares más altos (sobre una torre o, mejor, sobre lo alto de una montaña) la columna de mercurio debía elevarse de una altura menor. En ese mismo año, Ricci envió copia de las tres cartas que Torricelli le había enviado sobre este tema (de la primera no tenemos más conocimiento) al P. Marin Mersenne (1588-1649) quien a fines de ese mismo año vino a Italia para ver personalmente este nuevo instrumento. Por su intermedio, los sabios franceses tuvieron noticias al respecto y, entre otros, el renombrado

matemático ROBERVAL, el ingenioso físico AUZOUT y aquel abominable hombre, falso, hipócrita y ladrón de los descubrimientos ajenos, que responde al nombre de BLAISE PASCAL (1623-1662). No debe olvidarse que ISACK BECKMAN había hecho algunas observaciones y también experiencias sobre el peso del aire, sobre su acción en todas direcciones y hasta tenía una idea clara sobre la presión atmosférica, es decir de la columna de aire que gravita sobre nosotros. Pero, creo que estas ideas de él no han tenido importancia en el desarrollo real de la ciencia, por haber permanecido casi ignoradas para los otros sabios. Así, fué que, después de la noticia acerca del instrumento torricelliano, muchas fueron en Francia las discusiones entre los que sostenían esta presión y el vacío en el barómetro (para utilizar la palabra moderna), los que negaban esta presión y otros que adelantaban explicaciones distintas. ROBERVAL (1602-1675) fué uno de los primeros en aceptar completamente la teoría de TORRICELLI; ADRIEN AUZOUT (antes de 1630-1691) hizo más: en junio de 1648 realizó la singular experiencia del "vacío en el vacío", que puede considerarse el *experimentum crucis* de la teoría del vacío torricelliano; por último PASCAL, apropiándose, sin citarlos, los méritos de todos los demás, hizo lo que él denomina *La Grande Expérience de l'Equilibre des Liqueurs, projectée par le sieur B. P. pour l'accomplissement du traité qu'il a promis dans son abrégé touchant le vide, et faite par le sieur F. P. en une des plus hautes montagnes d'Auvergne*. La tan celebrada experiencia del Puy de Dôme, hecha a fin de 1648, no es ni nueva, ni grande. Es sólo la comprobación de un hecho ya conocido y una experiencia que no significó sino un progreso de detalle como consecuencia de la altura de la montaña escogida por el experimento.

TORRICELLI no es solamente el verdadero descubridor de la presión atmosférica, y con SIMON STEVIN el creador de la nueva hidro y aerostática. Fué también un matemático sobresaliente, que consiguió muchos éxitos, de los cuales no pocos le fueron arrebatados por los matemáticos franceses. (Es cé-

lebre en la historia, la lucha entonces desencadenada entre matemáticos y físicos italianos y franceses por cuestiones de prioridad, lucha en la cual tienen un lugar preminente las falsedades del no alabado BL. PASCAL). Así ROBERVAL, que defendió a TORRICELLI en su prioridad acerca del descubrimiento del barómetro, quiso robar a éste la invención del área de la cicloide. y, en esto fué sostenido por las venenosas mentiras de un PASCAL; así también el método de construcción de las tangentes a las curvas planas mediante la composición de dos movimientos, generalmente atribuida a ROBERVAL, es de TORRICELLI. Los grandes resultados obtenidos por TORRICELLI, no se conocieron sino en nuestros días, cuando, con los manuscritos originales, se pudieron publicar sus *Opere complete* (Faenza, 1919). Durante su vida él no publicó sino una *Opera geometrica* (1644) que muestra el desarrollo que él dió a muchas concepciones y teoremas de ARHIMEDES y su habilidad en utilizar los nuevos métodos infinitesimales (BONAVENTURA CAVALIERI). Su muerte precoz, a la edad de 39 años, la imposibilidad de publicar sus obras (que él esperaba fuera hecha por CAVALIERI, muerto un mes después que él, y por RICCI que esquivó el hacerlo; y que VIVIANI, encargado después de eso, contribuyó en cambio a olvidar y a perder los preciosos manuscritos) impidieron que tuviese la influencia extraordinaria que sus trabajos hubieran podido obtener. Recordemos aquí solamente que la obra *De lineis novis*, cuyo programa está minuciosamente indicado en un *De proportionibus liber*, debía tener una importancia suma; ella trataría de parábolas, hipérbolas, espirales superiores, cicloides etc. y el valor de sus afirmaciones está documentado por los resultados obtenidos en los escritos ahora publicados. Por esto TORRICELLI debe clasificarse como uno de los más grandes matemáticos en toda la historia de esa ciencia.



46.—Ciencia natural en Toscana en el siglo XVII. NIELS STEENSEN (NICOLAUS STENO) y su *Podromus* (1669).

La influencia de GALILEO y los trabajos de sus discípulos inmediatos, originaron en Toscana un portentoso e inaudito desarrollo de las investigaciones científicas en las diferentes ramas de la ciencia natural (historia natural). Puede decirse que a mediados del siglo XVII el centro y foco del movimiento científico se encuentra en esta región italiana y que de allí irradió, no sólo a las otras partes de Italia, sino también a los países extranjeros. El núcleo central de este movimiento se encuentra en la "Accademia del Cimento", cuyo lema era "Provando e riprovando", vale decir: experimentando y rechazando. Había ya existido la mencionada "Accademia dei Lincei", cuya alma fué el príncipe FEDERIGO CESI, pero ella, como consecuencia de oposiciones y de la muerte de su fundador, no vivió largo tiempo. La Accademia del Cimento, además, presenta un carácter particular pues sus estudios se realizaron en común y se publicaron los resultados sin dar los nombres de los autores, por LORENZO MAGALOTTI (1637-1712), con la cooperación de los demás académicos en sus *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento*, aparecidos por primera vez en 1667. Constituida por los discípulos inmediatos de GALILEO y por los discípulos de éstos, ella se organizó bajo la superior protección de los Medici: FERDINANDO (II), gran duque de Toscana, y su hermano LEOPOLDO, más tarde cardenal. Los mismos Medici se interesaron prácticamente en la ciencia, siendo LEOPOLDO particularmente un experimentador hábil y original. Las reuniones y experiencias se realizaban generalmente en el palacio de los príncipes, que se encargaban de todos los gastos y que no faltaban casi nunca a las mismas. La Accademia funcionó regularmente, desde el 29 de junio de 1657 hasta 1667 aproximadamente; pero la condición impuesta por el papa para otorgar el capelo cardenalicio a LEOPOLDO, incluía el abandono de tan

peligrosa colaboración de sabios, y la Accademia que, puede decirse, no era sino una dependencia de la corte, al poco tiempo se desvaneció. Pero la obra que dejó, fué de una importancia excepcional. Entre los sabios que trabajaron en ella, además de algunos miembros que podemos considerar como correspondientes, fueron los residentes u "operatori" (TORRICELLI había ya muerto) VIVIANI, GIAN ALFONSO BORELLI (1608-1670), FRANCESCO REDI, LORENZO MAGALOTTI, que fué durante mucho tiempo el secretario de la Accademia, CARLO RENALDINI, los hermanos CANDIDO y PAOLO DEL BUONO, ALESSANDRO MARSILI, etc. A ellos se agregó en 1666 una de las mentes más claras y naturalista sobresaliente: el danés NIELS STEENSEN, que había sido llamado por los Medici para actuar como uno de los médicos de su corte.

NICOLAUS STENO nació el 1 de enero de 1638 en Kjöbenhavn, y en su ciudad natal hizo los primeros estudios de medicina. Después pasó a Holanda, donde trabajó bajo SYLVIVS (FRANCISCUS DE LA BOË) haciendo ya entonces importantes descubrimientos anatómicos y manteniendo amistad con SWAMMERDAM, BORCH, GOLIUS. Regresado en 1664 a Kjöbenhavn, donde esperaba, pero no obtuvo, la cátedra de anatomía, salió en seguida de su país y así lo encontramos en 1665 en Firenze, donde fué inscripto entre los miembros de la Accademia del Cimento. En 1667 el danés protestante se convirtió al catolicismo. Cuando el rey de Dinamarca lo llamó a su patria, él se apresuró a escribir, antes de partir, el *Prodromus* del cual hablaremos luego. Pero pronto regresó a Firenze, donde permaneció hasta 1677, fecha en que fué nombrado obispo y vicario apostólico de Alemania del Norte y Escandinavia. Después de una época de vida agitada, por causa de conflictos religiosos, falleció el 6 de diciembre de 1686 en Schwerin. El granduque de Toscana reclamó su cuerpo que fué sepultado en Firenze en la cripta de San Lorenzo.

No podemos ocuparnos aquí, por la brevedad impuesta a este *Sumario*, de las investigaciones anatómicas de NICCOLÒ STENONE, que fueron de las más amplias e importantes del

siglo. Sólo recordemos que descubrió el conducto de la parótida, que hizo extensos estudios sobre las glándulas y vasos linfáticos y se ocupó de la anatomía del corazón que él consideró como un músculo. Sus conceptos de anatomía y fisiología comparadas pueden colocarlo entre los precursores de estas ciencias, mientras que los estudios de la embriología, en especial el del huevo de pollo, le deben valiosos progresos. Hizo importantes observaciones sobre los selacios, en los que observó la placenta, ya conocida por ARISTOTELES pero luego olvidada y definitivamente redescubierta por JOHANNES MÜLLER en 1840, Fueron los estudios sobre los selacios, los que lo condujeron a desarrollar las cuestiones que encontraremos en el *Prodromus*. Nos ocuparemos ahora solamente de esta obra maestra, que es su última producción científica, verdadera joya de esta literatura, donde además de encontrarse la versatilidad y agudeza de la mente de su autor, podemos presenciar la creación de las nuevas ciencias mineralógica y geológica. El sabio danés se había propuesto escribir una extensa obra sobre el tema tratado en este librito, que quería redactar en italiano, en honor del príncipe toscano, pero la urgencia con la que se le llamaba a su patria hizo que no escribiera más que un resumen preliminar (*Prodromus*) y en latín (la obra in extenso no apareció jamás) para entregarlo de inmediato al gran duque. El título completo de la obra es *Nicolai Stenonis De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis Prodromus*. Como ocurrió muchas veces en la historia de la ciencia, este escrito fué leído por muchos, pero su espíritu no fué comprendido; así sus novedades se olvidaron y no ejercieron la influencia que merecían y que habrían adelantado en un siglo el desarrollo de las ciencias consideradas. La obra no fué ubicada en su lugar histórico sino por y desde ELIE DE BEAUMONT.

Como hemos dicho es con los selacios que empieza STENO su *Prodromus* y precisamente con los dientes de estos peces que, como demuestra, constituyen las *Glossopetrae melitenses* que se encuentran en la isla de Malta, donde son particularmente abundantes, pero que entonces, por su naturaleza, cons-

tituían un problema muy discutido entre los sabios. Esto lo lleva a considerar en general a los fósiles, cuya naturaleza, a pesar de las afirmaciones de LIONARDO DA VINCI y de BERNARD PALISSY, era todavía discutida apasionadamente, admitiendo la mayoría la idea de los *lusus naturae*, o de la *vis plastica* contenida en algunas rocas, o la de una influencia de los astros en su formación, o la de exhalaciones terrestres. Los más inteligentes, que por lo tanto eran los menos, reconocían en los restos fósiles de moluscos o de peces, restos de animales otrora existentes transportados a las altas montañas por el bíblico diluvio universal. Así el "diluvianismo" tuvo entonces (especialmente después de STENO) un singular florecimiento. STEENSEN supo imaginar una teoría geogénica de la elevación de fondos submarinos que hoy forman muchas montañas, y que recuerda algo al plutonismo más reciente. A consecuencia de sus estudios sobre los fósiles, llega a examinar los sólidos que se encuentran entre otros sólidos, estudiando la edad relativa de los dos cuerpos y el lugar y modo de su formación, partiendo del punto de vista que los sólidos se forman de líquidos anteriormente existentes. A este respecto hace notables observaciones sobre los sólidos que se forman por aposición, proceso general en la naturaleza inorgánica, y sobre los otros cuya creación se debe a un fenómeno de intususcepción, característico de los cuerpos vivientes (animales y plantas). Habla en seguida de las incrustaciones, de los estratos, aproximándose a teorías (posteriores) neptunísticas, de fenómenos de erosión, y, de nuevo, extensamente, de los fósiles (animales y vegetales) especialmente de los de Toscana, terminando el libro con un resumen de la geología de esta región, completado con interesantes figuras estratigráficas. En esta parte él funda, como se ve, la tectónica y la paleontología modernas. Además (no seguimos el orden sucesivo del libro en esta exposición), enuncia algunas consideraciones, nuevas, de cristalografía. Estudiando como se forman los cristales (ya en las rocas o sobre ellas) describe su forma y reconoce la ley fundamental de la constancia de los

ángulos diedros. Da las figuras de algunos cristales, tomando especialmente en consideración las pirámides y los poliedros exagonales del cuarzo; afirma también que los cristales son agregados de pequeñísimas partículas regulares. Estudia además cuidadosamente la formación de las vetas metálicas y la forma de los cristales de hemátita, de piritita y de diamante. Las ideas sobre cristalografía obtuvieron después de STENO (mucho antes de sus ideas geológicas) un desarrollo notable (ERASMO BARTHOLINUS (espato de Islandia), CHRISTIAAN HUYGENS, NEWTON, LEEUWENHOEK, BOYLE, GUGLIELMINI, etc.), pero, si no en las particularidades, en el concepto general la obra de nuestro naturalista danés-toscano es histórica y pragmáticamente la más importante. La preocupación en hacer coincidir sus ideas con las de la *Biblia*, cosa común entonces e importante para no caer bajo las estigmatizaciones de las autoridades eclesiásticas, y algunas muy raras consideraciones para nosotros ahora ridículas (como la admisión, adelantada, aunque no sostenida, que algunos huesos encontrados en Toscana pudieran ser restos de los animales traídos por HANNIBAL en su invasión de Italia), no constituyen un defecto sensible en el conjunto de la obra. Obsérvese además que el *Prodrómus*, en contra de lo que ocurre generalmente con los tratados del siglo en el que fué escrito, no tiene nada de difuso; en forma condensada contiene una multitud de ideas y cada uno de sus párrafos ofrece materia de extensa y profunda reflexión.

47. — FRANCESCO REDI y la *Generazione degli insetti* (1668).

A la Accademia del Cimento participó también otro gran naturalista, uno de los más grandes de su época, "il segaligno e freddoloso Redi" (*Bacco*, v. 806) y médico él también de la casa granduocal de Toscana. FRANCESCO REDI había nacido en Arezzo el 18 de febrero de 1626. Se graduó en medicina y filosofía en Pisa, y después de cinco años, durante los cuales

estuvo en Roma con los Colonna, regresó a Toscana en 1666 como arquiatro, en Firenze, de FERDINANDO II y de COSIMO III. Falleció en Pisa el 1º de marzo de 1697. REDI fué un insigne erudito, conocedor de muchos idiomas antiguos y orientales; su valor como escritor es parecido al de GALILEO (con quien forma el par de más grandes prosistas italianos del Seicento), y, además, fué un excelente poeta: su *Bacco in Toscana* puede considerarse como una poesía única en su género, y por otra parte, las extensas notas que añadió a éste su *Ditirambo*, están llenas de erudición clásica y moderna y contienen interesantes cuestiones vinculadas directamente con la historia de la ciencia (origen del chocolate, del café, de muchas drogas introducidas entonces, etc.); sus numerosas cartas, dirigidas a sabios contemporáneos, traen importantes observaciones naturalistas, y sus *Consulti* ocupan un lugar destacado en la literatura médica de la época. Son, además, de un valor excepcional sus monografías o tratados científicos, entre los cuales citaremos: *Osservazioni intorno alle vipere* (1664) con la adición *Lettera sopra alcune Opposizioni fatte alle Osservazioni intorno alle vipere* (1670); *Esperienze intorno alla generazione degli insetti, da lui scritte in una lettera al Signor Carlo Dati* (1668); *Esperienze intorno a diverse cose naturali, e particolarmente a quelle che ci son portate dall'Indie* (1671), aparecida como carta al Padre KIRCHER; *Osservazioni intorno agli animali viventi che si trovano negli animali viventi* (1684). Los escritos de REDI son mucho más variados de lo que hacen suponer sus títulos, además en ellos se describen las experiencias cuidadosas, y, en su gran parte nuevas, que él hacía, precisando todos los detalles, de manera de no dejar dudas sobre el resultado obtenido, que nunca es, como ocurre en otros sabios, aun experimentadores, el producto de una pura fantasía. Hay que agregar que todas sus experiencias las hacía a ojo desnudo, pues el uso del microscopio no estaba aún difundido.

Desde la antigüedad se había imaginado que algunos animales inferiores y algunas plantas podían nacer sin ser en-

gendrados por padres semejantes a ellos, o que podían serlo por padres de naturaleza diferente o hasta por lo que se llamó generación espontánea. ARISTOTELES es claro en este punto. La regla general es la generación por animales semejantes, pero (véase la *Generación de los animales*, III, 10) en algunos casos muy particulares, y en especial en los animales de sus clases de los ostracodermos y de los insectos, la humedad y la tierra que la contiene pueden unirse por coacción al espíritu vital (psyhe) que existe en el aire. Esta psyhe preexiste; de modo que no hay una generación *ex nihilo*. Más claramente en la obra ya citada (I, 16) había dicho que entre los insectos, algunos producen animales semejantes, otros producen sólo gusanos, y otros, finalmente, no nacen de otros animales y sí de materias o líquidos en descomposición. Entre los peces él había observado (*Historia de los animales*, VI, 16) que las anguilas, en una determinada época del año, bajaban por los ríos hacia el mar, y que, disecándolas, no había encontrado (y efectivamente es así) los órganos genitales (que, agregamos nosotros, se forman mucho más tarde en el océano). Había notado además que las “gasentera”, las *casentula* de los pescadores sicilianos, es decir los *Leptacephali brevivostres* (que hasta tiempos muy modernos (1896), se creía que eran una especie distinta) eran las formas larvales de esas anguilas. De ahí que todas estas observaciones le hacían admitir también para estos peces una generación espontánea. No hubo así más dudas sobre esta forma de generación, admitida por ARISTOTELES y aceptada, aunque con grandes limitaciones y reservas, por TEOFRASTOS. Pero los autores sucesivos, antiguos, medievales y del Renacimiento, no tuvieron escrúpulos en servirse más y más de esta generación espontánea, cuando les venía bien. El mismo HARVEY, quien, como vimos, enunció el célebre lema: “omne animal ex ovo” y que lo aplica, por lo tanto, a cuestiones embriológicas, no trepida en servirse de ella en numerosos casos. Fueron REDI, seguido a su vez a un siglo de distancia por SPALLANZANI, seguido a su vez a un siglo de distancia por PASTEUR, los que llevaron la guerra a la generación

espontánea: el primero con los insectos, el segundo con los "animalitos microscópicos de las infusiones" y el tercero con los microbios, entonces descubiertos. Con todas estas pruebas y experiencias se ha llegado hoy a negar la generación espontánea en cualquier clase de animal y planta conocida. Fuera de ellas, la ciencia se encuentra en un campo en el cual no se puede, por lo menos actualmente, aceptar o la suposición de HAECKEL de la monera primitiva, la célula que se formó y quizás hoy aún podría formarse espontáneamente en condiciones favorables, o la de ARRHENIUS de los espermatozoides vitales provenientes de los espacios siderales, u otras análogas; pues todas son suposiciones gratuitas que nada tienen que ver con la ciencia.

En su *Esperienze intorno alla generazione degli insetti*, REDI es el primero que se plantea el problema y que lo resuelve sagazmente. Esta monografía es bastante extensa, unas 200 páginas en 8º y, sin duda, algo difusa con largas citas de autores antiguos y poetas. Pero la cantidad de hechos importantes que en ella se encuentran, compensa ampliamente las partes superfluas, mientras la prosa del escritor aretino nos gana por su viveza y por su sabor limpiamente toscano. Las experiencias de REDI se refieren especialmente a las moscas e insectos a ellas afines, y combaten la creencia que ellas nacen de la putrefacción de la carne. El método usado es el llamado "de control" tan practicado después. REDI demuestra, de una manera que hoy no podría hacerse mejor, que la carne sobre la cual las moscas no pueden deponer sus huevos no generan moscas y que los animales engendrados son siempre de la misma especie que la de sus progenitores. No se ocupa él solamente de las moscas. Muchas otras fábulas, a las cuales sus contemporáneos otorgaban plena confianza, son derribadas por el sagaz naturalista. Así la relatada por VERGILIUS en el cuarto libro de las *Georgicas* acerca del nacimiento de las abejas del cadáver de un toro, la referida por PLINIUS que de cangrejos enterrados nacen escorpiones y que las patas posteriores de la rana se forman por resquebrajamiento del cuerpo



del renacuajo. REDI se ocupó extensamente de la generación de las arañas, de las tortugas y de muchos otros animales con observaciones cuidadosas y actuales. Sólo en un punto no supo librarse del error, “quandoque bonus dormitat Homerus”. Él había observado como en el roble y otros árboles se formaban “agallas” y había en un principio pensado justamente que ellas debían ser originadas por animales. Pero al no haber podido encontrar los huevos generadores del insecto que salía de las agallas maduras, él fué inducido a pensar que esa excrecencia fuera una especie de fruto del árbol y que, quizás, los animales mismos podían ser producidos por la fuerza vital de la planta. Este curioso error fué corregido más tarde por su sucesor y amigo ANTONIO VALLISNIERI (1661-1730) quien demostró en sus *Esperienze ed osservazioni intorno all'origine, sviluppi, e costumi di varj insetti, con altre spettanti alla naturale e medica storia*, en particular tratándose de la mosca de los rosales, que la agalla es una secreción patológica de la planta, debida a la picadura de un áfido y que los animales que salen de la agalla “madura”, se originan por huevos allí depuestos. Estas observaciones fueron confirmadas microscópicamente por las del gran MARCELLO MALPIGHI (1628-1694) del cual nos ocuparemos próximamente en este *Sumario* (Nº 50).

No podemos hablar aquí de las otras obras de REDI, aunque mucho podría decirse respecto de la variedad y precisión de sus experiencias. Nos limitaremos a citar con él al ya mencionado VALLISNIERI, otro de los naturalistas sobresalientes de la época, con el cual estuvo en constante correspondencia científica y al común amigo y correspondiente de ambos: el farmacéutico DIACINTO CESTONI (1637-1718), establecido en Livorno y naturalista no menos diligente y afamado. A la colaboración de éstos, pero especialmente por obra de un sabio francés GIOVANNI COSIMO BONOMO (cuyo verdadero nombre fué quizá BONHOMME), radicado durante mucho tiempo en Livorno y colaborador constante de CESTONI, se debe el descu-

brimiento de los ácaros de la "scabia" (entre los árabes hubo una vaga indicación de ellos, sin mayor precisión) y del papel de su acción en aquella enfermedad.

48.—ALVARO ALONSO BARBA, *El arte de los metales* (1640). La metalurgia americana.

La minería y la metalurgia, conocidas en embrión en las épocas prehistóricas, se habían desarrollado mucho, en especial durante el Renacimiento. El senés VANNOCIO BINGUCCIO (ver N<sup>o</sup> 30) las había prácticamente ejercido y escrito sobre ellas una obra de valor excepcional; después el sajón AGRICOLA había compilado un extenso libro acerca de lo que vió en las regiones metalúrgicas sajona y bohemia donde vivía. Ahora el centro metalúrgico pasó. puede decirse, a la América española en la que, primero en México y luego en Perú, se encontraron inagotables minas de oro y de plata, cumpliéndose así el sueño de COLOMBO y de los conquistadores que, en definitiva, buscaban la tierra de estos metales preciosos. Encontramos así, en el nuevo mundo, no sólo una gran cantidad de técnicos en minería y metalúrgicos prácticos, sino también hombres de valor, que alcanzaron progresos en su arte y que escribieron tratados de notable importancia. El hombre más destacado, que puede citarse (en orden cronológico) como el tercero de los afamados metalúrgicos después de BINGUCCIO y AGRICOLA, es ALVARO ALONSO BARBA.

BARBA nació en Villa de Lepe (Andalucía) parece el 5 de noviembre (fué bautizado el 15) de 1561. Abrazó la carrera eclesiástica, pero debió salir muy pronto para América, porque él mismo nos relata que en 1590 (la edición que tengo ante mí, es la de Madrid, 1770 y reproducida en facsimil por la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, México, 1925, trae la fecha 1690, evidentemente imposible; no tengo la posibilidad de confrontar aquí si la primera edición, 1640, contiene el mismo error que se habría perpetuado en las ediciones siguientes) residía en Tarabuco, provincia de

las Charcas, donde ya se ocupaba de minas y de métodos metalúrgicos; en 1615 lo encontramos ya como cura de la iglesia de Titalmanaco en la provincia de Pacajes, donde se quedó hasta 1637; después lo fué de la de San Cristóbal en la provincia de Lipes y, por último, en la de San Bernardo en el gran centro minero de Potosí. Durante todas estas estancias él se ocupó intensamente en visitar minas, y en explotaras, obteniendo tal vez grandes ganancias. De un documento fechado en Potosí el 1º de marzo de 1637, se desprende que el *Arte de los metales* estaba ya completado; pero este por primera vez apareció en Madrid en 1640. En sus últimos años BARBA quiso regresar a España para estudiar las minas de la provincia de Huelva, ya explotadas por los romanos, y otras de otros lugares de la península a fin de tratar de utilizar las abundantes escorias, aun muy ricas en metales preciosos. Fué así que a los 92 años entregó al Inquisidor General un *Papel*, importante por sus noticias metalúrgicas y del cual existe en la Biblioteca de Historia de Madrid una copia manuscrita de 1661; y escribió una *Relación del Río Tinto*, que parece perdida. Se cree que después regresó a Perú, pero no se conoce ni la fecha ni el lugar de su muerte.

Como filósofo natural BARBA está muy en atraso. Él cree en todas las fábulas de PLINIUS, en las locuras de los alquimistas, en la generación de los metales, etc. En esto existe un notable contraste con la absoluta falta de prejuicios de BIRINUCCIO y el buen sentido de éste. Donde BARBA se muestra grande, no es en las explicaciones teóricas, sino en la acción práctica del metalúrgico, en la que descubrió nuevos métodos, y en el relato de estas prácticas. El *Arte de los metales* se compone de cinco libros, que tratan de todo lo que se relaciona con las minas y con la metalurgia entonces practicada en América, además traen interesantes indicaciones de los lugares donde se encontraban las vetas y las instalaciones para tratar el mineral. No podemos analizar las distintas partes de esta obra, ni los progresos técnicos allí señalados. Nos limitaremos a decir pocas palabras acerca del proceso de la amal-

gamación de la plata, sobre el cual en el cap. 1 del libro III, BARBA nos refiere los perfeccionamientos que él alcanzó en 1559 cuando, como hemos dicho, se encontraba en Tarabuco.

Los antiguos sabían que el oro podía unirse con el mercurio y que se podía, por eso, extraer el oro de viejos tejidos, exprimiendo luego la amalgama para separar los dos metales. Tal uso no aparece en la técnica metalúrgica de entonces, encontrándose más tarde en la del medioevo, pero limitado solamente para el oro. El procedimiento de la amalgamación de la plata es prácticamente más complicado, y no es mencionado, por ejemplo, en la extensa obra de AGRICOLA. En cambio, su predecesor BIRINGUCCIO lo cita en el cap. 11 del libro IX, donde habla del "Modo di cavare ogni sustantia d'argento o d'oro dalle loppe delle miniere o delle spazzature di zecche, di battilori o d'orefici, et ancho quella sustantia che contengano certe miniere". BIRINGUCCIO no se atribuye el mérito de esta invención técnica, él escribe que este "secreto" le fué comunicado por un artífice, al cual en compensación le donó un anillo con diamantes por valor de 25 ducados y se obligó a darle la octava parte de las ganancias obtenidas por este método. Se puede decir que con BIRINGUCCIO el método de la amalgamación de la plata hace su entrada en la técnica. Este método se conoció pronto en América, tanto más que en ella, además de minas de oro y plata, se encontraban numerosas y ricas vetas de cinabrio. Parece que ya en 1566 se usaba en México y, aproximadamente, en 1571 en Perú; fueron BARTOLOMEO DE MEDINA y FERNANDO DE VELASCO los que, respectivamente, lo introdujeron en esos países. El conocido padre JOSÉ DE ACOSTA, en su *Historia natural y moral de las Indias* (impresa en Sevilla en 1590) habla de este procedimiento en el cap. 12 del libro IV: "Después... hallaron que para abreviar el tiempo, el fuego ayudaba mucho a que el azogue tomase la plata con presteza, y así trazaron los buitrones, donde ponen unos cajones grandes en que echan el metal con sal y azogue, y por debajo dan fuego manso en ciertas bóvedas hechas a propósito, y en espacio de cinco días

o seis, el azogue incorpora en sí la plata. Cuando se entiende que ya el azogue ha hecho el oficio, que es juntar la plata mucha o poca sin dejar nada de ella, y embeberla en sí, como la esponja al agua, encorporándola consigo y apartándola de la tierra, y plomo y cobre con que se cría, entonces tratan de descubrilla y sacalla y apartalla del mismo azogue...". Y en el cap. 11 del mismo libro: "el año de setenta y uno se comenzó en Potosí a beneficiar la plata con los azogues que se llevaron de Guancavelica, y fué el total remedio de aquellas minas, porque con el azogue se sacó plata infinita de los metales que estaban desechados, que llamaban desmontes. Porque como está dicho, el azogue apura la plata, aunque sea pobre y de poca ley, y seca, lo cual no hace la fundición de fuego". BARBA, con largos experimentos perfecciona este método por azogue y por cocimiento, y estudia la manera de no perder el azogue en este procedimiento. En este sentido el cura español, merece ser señalado no sólo como escritor, o práctico, sino también como inventor en el campo de la metalurgia.

49. — ROBERT BOYLE y el *Chymista scepticus* (1661).

Mientras tanto las ciencias físicas y químicas bajo el desarrollo de la ciencia experimental y las influencias de GALILEO, de sus discípulos y de la Accademia del Cimento, alcanzaban resultados verdaderamente inesperados. La introducción siempre mayor de instrumentos de medida, en constante perfección, y en particular el reconocimiento del vacío y de la manera de obtenerlo prácticamente en cantidad suficiente, desempeñaban un gran papel en el progreso de esas ciencias. La invención de la máquina pneumática fué todo un acontecimiento; ella está íntimamente ligada a dos hombres: OTTO VON GUERICKE (1602-1686) y ROBERT BOYLE (1627-1691) que procedieron distinta e independientemente (por lo menos en sus primeros ensayos). Los intentos iniciales de GUERICKE, realizados ciertamente cerca de un decenio antes de 1654, fe-

cha en la que hizo demostraciones públicas con su aparato, eran muy primitivos: por medio de un sistema de válvulas, análogas al de las bombas aspirantes, extraía el aire; antes lo hizo de tinas de madera, pero en ellas el aire volvía a entrar a través de sus poros, luego lo hizo de esferas de metal, o de dos hemisferios cuidadosamente ajustados. Con ellos realizó la célebre experiencia de los "hemisferios de Magdeburgo", los que, hecho el vacío, no podían separarse ni aun cuando dos grupos de ocho caballos cada uno tiraban de ellos en direcciones contrarias. Más importante que esta experiencia, dedicada al gran público, fué la medida directa del peso del aire, mediante la observación de la diferencia del peso de un recipiente lleno de aire y después de haberle extraído el mismo. Sus *Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio*, completados en 1663, pero publicados en 1672, y mejor aún la *Mechanica Hydraulico-Pneumatica* (1657) del Padre GASPAS SCHOTT, un jesuita de ideas anticuadas (admitía todavía el *horror vacui*), pero que relata concienzudamente las experiencias de GUERICKE, hicieron conocer al mundo científico y en particular a BOYLE, estas experiencias que se hacían en Alemania. Era mucho tiempo que BOYLE se ocupaba en la construcción de una máquina parecida. En su *New Experiments Physico-Mechanics touching the Spring of Air* (Oxford, 1660), y más tarde en *A Continuation* (Oxford, 1668) de la obra precedente, nos describe, entre otras cosas y completado con ilustraciones, las máquinas neumáticas que él había construido, ayudado en esta tarea práctica por ROBERT HOOKE, un sabio que encontraremos en un próximo número (51) de este *Sumario*. La máquina de BOYLE funcionaba mucho mejor que la de GUERICKE y exigía un menor esfuerzo para alcanzar el vacío (se entiende hasta el punto que entonces se podía obtener). No debemos aquí mencionar las mejoras que obtuvieron de inmediato como consecuencia de la carrera entre BOYLE y GUERICKE a fin de mejorar el instrumento. Sólo recordaremos que BOYLE, tan fecundo experimentador como difuso y algo pesado escritor, logró establecer, mediante la má-

quina neumática y el vacío, regularidades y leyes de gran importancia. Limitémonos a mencionar la famosa ley, llamada de BOYLE, y enunciada por primera vez en un tratado publicado en Oxford, 1662:  $p v = c$ , es decir, en iguales condiciones de temperatura, en una cierta cantidad de aire (o, como se precisó más tarde, de un gas “perfecto”) el producto de la presión por el volumen ocupado es constante, *alias* la presión es inversamente proporcional al volumen ocupado. Esta ley, que en realidad necesita algunas correcciones de orden superior, como las que se encuentran en la conocida fórmula de JOANNES DIDERIK VAN DER WAALS (1837-1923):

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right) (v-b) = RT,$$

lleva también el nombre de ley de (EDME) MARIOTTE (1620?-1684), porque este sabio francés en su *Discours de la nature de l'air* (1676) llega, catorce años después de BOYLE, no se sabe con precisión si independientemente o no, a conclusiones análogas: “l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé”. No podemos examinar los extensos trabajos físicos de BOYLE, por lo tanto, después de breves noticias biográficas, nos ocuparemos solamente del papel fundamental que él desempeñó en el desarrollo de la química teórica.

ROBERT BOYLE, el décimo cuarto hijo de RICHARD BOYLE, el “Great Earl of Cork”, nació en Lismore Castle (Eire) el 25 de enero de 1627. Después de extensos estudios e instructivos viajes (todo el invierno de 1641 permaneció en Firenze, manteniéndose en contacto con los sabios de allí), residió desde 1654 en Oxford. Fué uno de los miembros del “Invisible College”, sociedad dedicada al estudio de la “nueva filosofía” y de la cual salió la “Royal Society of London for improving natural knowledge”, cuyo proyecto fué aprobado en 1660 y luego oficialmente sancionada en 1662 con decreto real. Siguiendo el ejemplo de la Accademia dei Lincei y de la Accademia del Cimento, en los países más cultos de Europa se constituyeron academias que gozaban del favor real o imperial. Quizás la primera fué la que algo más tarde se llamó

“Academia Caesarea Germanica Leopoldina Carolina Naturae Curiosorum” fundada en 1652 en Schweinfurt. Es la más antigua de las academias aún existentes; ella no tenía un lugar fijo, siendo generalmente su residencia determinada por la ciudad en la que vivía su presidente; sólo en los últimos tiempos se fijó en Halle a. S., habiéndose añadido a su nombre latino otro alemán: “Kaiserlich Deutsche Akademie der Naturforscher zu Halle”. Le siguieron, en el siglo XVII, la ya citada Royal Society y, en 1666, la “Académie royale des sciences”, originada, también ella, de un círculo libre que se reunía en la celda del padre MERSENNE, y después en distintos lugares, especialmente en la casa de HUBERT DE MONMOR (

)y de MELCHISEDEC THÉVENOT (1620-1692), hasta que el gran ministro COLBERT obtuvo de LOUIS XIV su reconocimiento y su carácter oficial. (No se debe, no obstante, olvidar la existencia de la “Societas Ereunetica” fundada en Rostock por JOACHIM JUNGIUS (1587-1657) en 1622, pero de la cual se carece completamente de noticias a partir de 1624).

BOYLE que se estableció en 1668 en London, murió allí el 30 de diciembre de 1691. Fué uno de los miembros más activos de la Royal Society y en 1680 fué nombrado su presidente, cargo que él sin embargo rechazó, no se por que escrúpulos acerca del juramento. BOYLE, como muchos otros sabios ingleses (recuerdo solamente a NEWTON) se ocupó también de estudios religiosos y bíblicos.

No hay duda que las preferencias científicas de BOYLE se dirigieron hacia la química. Empezó así a hacer de nuevo las experiencias de los alquimistas para obtener oro, meditó sobre la composición de las sustancias, como ellos decían, formadas por los tres “principios”: azufre, mercurio y sal; hizo comparaciones entre estas teorías y la, clásica ya en la antigüedad, de los cuatro elementos: aire, agua, tierra y fuego; no ignoró tampoco la teoría atómica de DEMOKRITOS, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ y LUCRETIVUS y su resurrección en la época del Renacimiento, especialmente por obra de PIERRE GASSENDI (o mejor GASSEND) (1592-1652). Pero experiencias, lecturas y meditaciones



lo llevaron pronto (aunque sin rechazar las ideas atómicas) a demoler las ideas de los alquimistas, la teoría de los tres principios, la doctrina de los cuatro elementos, y a crear la verdadera teoría química moderna, precisando la noción efectiva de elemento y fundando las bases del método (experimental) que podía conducir a reconocerlos. Toda la química moderna, a través de LAVOISIER, DAVY, BERZELIUS, y los más recientes, no ha hecho sino seguir el rumbo trazado por BOYLE. Si experiencias del siglo XX han mostrado que hay una transmutación de los "elementos", unida con fenómenos radioactivos, esto no afecta al método boyliano, pues estos fenómenos se cumplen en una esfera totalmente distinta de la química ordinaria; y la búsqueda y estudio de los "elementos", que parecería deber ser solamente 92, será siempre el objeto fundamental de los químicos y la base para expresar la composición de las prácticamente infinitas sustancias y las reacciones que se producen entre ellas.

El *Sceptical Chymist* (en la redacción latina su título completo es *Chymista Scepticus vel Dubia & Paradoxa Chymico-Physica, circa Spagyricorum Principia vulgo dicta Hypostatica, prout proponi & propugnari solent Turba Alchymistarum*) se compone de una *Introductory Preface*, de breves *Physiological Considerations touching the Experiments wont to be employed to evince either the Four Peripatetick Elements, or the Three Chymical Principles of Mixt Bodies*, de seis "Parts", y, al final, de una breve *Conclusión*. La obra está presentada como un diálogo en el cual intervienen Carneades, Eleutherius, Philoponus y también el autor que se halla presente, pero las ideas de BOYLE y sus experiencias son presentadas y comunicadas por Carneades. Esta forma dialogada recuerda la manera de GALILEO de presentar muchas de sus investigaciones, y por quien la redactó y su gran valía, no es indigna del gran físico toscano, aunque, si bien muy claros, encontramos algunos pasajes demasiado difusos. En su escrito BOYLE comienza por combatir la opinión, entonces común, según la cual todas las sustancias podían estar com-

puestas por sólo tres o cuatro “principios” o “elementos”, y que el fuego era lo que reducía todos los “mixtos” a sus principios elementales. Y en particular, en sus disquisiciones, exige que las palabras que se usan sean exactamente definidas. ¿Cuál era, por ejemplo, el significado de la palabra “elemento”, usada por los peripatéticos, o de “principio” de los cuales charlaban los alquimistas? Además, él distingue cuidadosamente, siempre apoyándose en experiencias, las mezclas de los mixtos, y éstos de sus partes elementales. En las mezclas las diferentes sustancias, aun estando íntimamente unidas, conservan sus propiedades características y se pueden generalmente separar sin mayor esfuerzo; en cambio, en los mixtos, desaparecen las propiedades de los componentes y aparecen otras fundamentalmente nuevas. No es cierto, como decían los alquimistas, que el fuego resuelve todos los cuerpos en sus “principios”; por el contrario algunas veces produce nuevos “mixtos”. Así la madera, por el fuego, da sí hollín y cenizas, pero además, si se destila, da aceites, espíritus, vinagre y agua. y el vidrio es un mixto que se engendra por la acción del fuego. Su concepción de verdadero elemento es nueva y fundamental: “I... must not look upon any body as a true principle or element, but as yet compounded, which is not perfectly homogeneous, but is further resolvable into any number of distinct substances, how small soever... I now mean by elements... certain primitive and simple or perfectly unmingled bodies, which not those all called perfectly mixed bodies are immediately compounded and into which they are ultimately resolved”. Así él se expresa y es siguiendo estos principios que LAVOISIER pudo más tarde establecer su tabla de elementos (conocidos hasta entonces, y agregando “elementos” imponderables como luz y calor). Lo que decimos de BOYLE como químico es suficiente para probar su excelencia y su rol histórico, pero mucho debería agregarse si quisiéramos indicar todos sus méritos más sobresalientes.

50.—MARCELLO MALPIGHI y la anatomía microscópica animal y vegetal.

Otro de los instrumentos que hizo progresar enormemente a la ciencia, fué el microscopio, también inventado por GALILEO. Pero si con el instrumento óptico análogo, el telescopio, se obtuvieron de inmediato sensacionales descubrimientos en los cielos, el microscopio conquistó sólo lentamente su lugar en el laboratorio de los sabios y después de haber alcanzado en la segunda mitad del siglo XVII, maravillosos resultados por obra de naturalistas italianos (MALPIGHI), holandeses (SWAMMERDAM, LEEUVENHOEK) e ingleses (HOOKE, GREW), no desempeñó más un papel sobresaliente hasta muchos decenios más tarde. Observemos además que los microscopios compuestos presentaban entonces tantas dificultades prácticas, que muchos de los grandes microscopistas mencionados se sirvieron, algunos de ellos casi siempre, de simples lentes de aumento para sus inmortales descubrimientos.

MARCELLO MALPIGHI nació en Crevalcore, cerca de Bologna, el 10 de marzo de 1628 y algunos años después de doctorarse en medicina en Bologna (1653) llegó a profesor en la misma universidad (1656), en la que profesaban entonces muchos seres obscurantistas. Oposiciones de colegas y litigios entre su familia y la de los Sbaraglia que no se apaciguaron durante toda su vida y hasta le causaron más tarde una agresión, le hicieron grato un llamado de la universidad de Pisa, en ese mismo año 1656, entrando así en estrechas relaciones con los sabios toscanos, con la Accademia del Cimento y con un colega de la mencionada universidad pisana: GIAN ALFONSO BORELLI (1608-1679) que con REDI y STENONE, era uno de los más destacados adeptos de la escuela galileiana. BORELLI, sobre cuya obra no podemos detenernos, fué uno de los más influyentes "iatromecánicos"; con su *De motu animalium*, publicado el año mismo de su muerte, logró resultados notables en fisiología y mecánica biológica, siendo además buen matemático, que estudió EUKLEIDES, las *Cónicas* de APOLLO-

NOS, tanto en los libros griegos como en los que entonces fueron descubiertos en versión árabe, traduciendo o mejor parafraseando algunos de los libros griegos, y ampliando los resultados obtenidos por este y otros antiguos geómetras. Aunque BORELLI fuese veinte años mayor que MALPIGHI, mucho se debieron mutuamente los dos sabios: el boloñés y el napolitano, en especial este último en biología; pero el carácter agrio y peleador de BORELLI, condujo después a conflictos entre ambos. MALPIGHI, que había regresado a Bologna en 1659, aceptó después en 1662 la invitación de la universidad de Messina, regresando en 1666 a Bologna que reclamaba ahora al sabio ya universalmente célebre. Vivió allí muchos años, pero la incompreensión y también la hostilidad de los demás, así como el litigio ya mencionado, a lo que hubo que agregar el dolor provocado por el incendio, en 1684, de su casa, de sus libros y de sus manuscritos inéditos, le hicieron la vida sumamente penosa. En 1691 un insistente llamado del papa INNOCENZO XII lo condujo a Roma, mas pronto enfermó y murió allí el 29 de noviembre de 1694.

Se puede afirmar que el valor de sus inmortales trabajos no fué casi reconocido en su patria. Así la gran mayoría de sus obras, a raíz de una cortés invitación del secretario de la Royal Society de London HENRY OLDENBURG, fueron publicados en varias monografías en las "Transactions" de esa corporación y después compiladas por ella ("colegidas no editadas", como se expresa ALBRECHT HALLER) en un volumen de *Opera Omnia*, (London, 1686/7) y de *Opera posthuma, quibus prefixa est ejusdem vita a se ipso scripta* (London, 1697). La primera de las monografías enviadas a Inglaterra es la *De bombyce* (1668), ella es también de las primeras que tratan del gusano de seda. Siguieron, entre las más importantes: *De ovo incubato* (1672); *De formatione pulli in ovo* (1673); *Anatome plantarum* (1675 y 1679), precedida por un sumario (*Anatomes plantarum idea*) ya enviado en 1671. Lo que más maravilla en sus escritos, son los innumerables dibujos que los acompañan; algunos de los cuales son de una exce-

lencia tal que sólo en los tiempos modernos se han vuelto a ver las particularidades microscópicas que él ya había visto y fijado. En todo caso ellos, en su mayoría, abrían nuevos e insospechados horizontes a los naturalistas (fisiólogos, zoólogos y botánicos) que los sabían comprender, fundándose, puede decirse, la nueva ciencia de la histología. El texto que los acompaña, con ser importantísimo, no alcanza la perfección de los dibujos; además no faltan en él digresiones donde se repiten viejos errores o inducciones fantásticas. Pero todo esto desaparece frente a la gran labor realizada, que no concierne a un tema particular, como hicieron otros sabios de la época, sino que abarcan, puede decirse, todos los temas que surgían en el conjunto de la ciencia natural.

Pero ya antes de su colaboración en las "Transactions" londinenses, MALPIGHI había hecho, en 1660, un descubrimiento que algunos clasifican como el más grande realizado por él: el de haber descubierto la anastomosis a través de los capilares entre las arterias y las venas y de haberla visto directamente en el pulmón y en otras vísceras del sapo, así como en otros animales. Hemos dicho (Nº 42) que este descubrimiento completó y demostró definitivamente la validez de la teoría de la circulación de la sangre. Pero MALPIGHI no se limitó a estudiar este hecho, él reconoció también por primera vez la naturaleza vascular de los pulmones, rechazando la opinión aceptada entonces de las pequeñas cavernas donde la sangre que llegaba del corazón derecho se mezclaba con el aire para regresar al corazón izquierdo. Estos descubrimientos fueron descritos en dos cartas de 1661 dirigidas a su amigo BORELLI y publicadas por presión de éste ese año como *De pulmonibus observationes anatomicae* que obtuvieron un gran éxito. Esta es la primera publicación científica de MALPIGHI.

No sólo estos notables descubrimientos fueron hechos por MALPIGHI antes de su íntima relación con la Royal Society de London. Sus estudios *De cerebro exercitatio epistolica*, aparecido en 1664, los *De omento, pinguedine, et adiposis ductibus*, *De lingua exercitatio epistolica*, *De externus tactus or-*

*gano exercitatio epistolica*, de 1665 y *De viscerum structura exercitatio anatomica* de 1666, fundaron un mejor conocimiento del cerebro, el descubrimiento de las papilas de la lengua y las de la piel, órganos del gusto y del tacto, y la naturaleza de las vísceras y de las glándulas, todos campos entonces completamente nuevos. Él examina particularmente el bazo, los riñones, el hígado y la corteza del cerebro. De los riñones se interesaba en aquella época un discípulo de BORELLI, un anatómico muy digno de citarse, LORENZO BELLINI (1643-1704) de Firenze, del hígado FRANCIS GLISSON (1597-1677), pero los resultados de MALPIGHI son mucho más originales y de mayores alcances que los de estos contemporáneos suyos. Él comprendió la naturaleza precisa de las glándulas y reconoce que el bazo no es una glándula y además que sus "trabeculae", es decir, sus fibras, no son nerviosas sino de carne. Distinguió el carácter múltiple de los riñones, observando en ellos las "pirámides de Malpighi", y las cápsulas que juegan un papel importante en la formación de la orina. De igual manera, el hígado es un conglomerado de glándulas, etc., etc.. Debemos esperar decenios y hasta siglos, antes que estos descubrimientos fueran perfeccionados o superados.

Lo que hemos dicho sería suficiente para hacer de MALPIGHI un sabio de rango excepcional, pero él no estaba sino en el principio de sus hazañas. Al pedido de OLDENBURG acerca de informaciones sobre el gusano de seda, contestó con el ya citado *De bombyce*, la primera monografía referente a ese insecto. No sólo describe en ella su desarrollo desde el huevo hasta el insecto en estado perfecto, sino que lo estudia minuciosamente en sus particularidades anatómicas: sus tubos de aire, su corazón de muchas cavidades, sus "glándulas de Malpighi". Observó también el sistema nervioso de este gusano, pero en esto, como en otras cuestiones, el holandés SWAMMERDAM, del cual hablaremos en el próximo número, alcanzó poco después resultados más amplios.

También en el examen del huevo de pollo, desde el embrión hasta el pollito ya completamente desarrollado, MALPIGHI

obtuvo resultados extraordinarios. ARISTOTELES había examinado sagazmente este proceso; durante el Renacimiento FABRIZI y HARVEY habían hecho observaciones importantes; pero todo esto no es nada frente a lo que alcanzó MALPIGHI. No es por lo tanto exagerada la opinión del valioso historiador de la fisiología Sir MICHAEL FOSTER, al afirmar que MALPIGHI fué el creador de la ciencia embriológica. Hasta el siglo XIX en este campo no se obtuvo más de lo que obtuvo el eminente naturalista de Crevalcore.

Pero, a ser posible, un nivel más alto aún alcanzó MALPIGHI en sus estudios de la histología y de las particularidades anatómicas de las plantas. Los vasos espirales de los castaños y de otras plantas, las células (reconocidas como tales sólo en el siglo XIX) de los vegetales, el desarrollo de las cotiledones, las particularidades de las flores, los "stomata" de las hojas, los tubérculos de las raíces de las leguminosas y centenares de otras particularidades de las plantas deben a él su descubrimiento o su verdadera comprensión. Es así él (con NEHEMIAH GREW, del cual hablaremos en el número siguiente) el fundador de la embriología vegetal. El examen de todo esto exigiría mucho más espacio de lo que nos está concedido, pero, sin duda alguna, ocuparnos de MALPIGHI sería desarrollar el conjunto de las ciencias naturales durante la segunda mitad del siglo XVII.

51. — La "*Micrographia*" (1665) de R. Hooke y los microscopistas ingleses y holandeses.

En la misma época en que MALPIGHI hacía sus grandes descubrimientos, destacados sabios de Inglaterra y de Holanda dirigían los lentes de aumento y el microscopio compuesto hacia los microorganismos, así como hacia sustancias inorgánicas, logrando también notables resultados, sin llegar, no obstante, a la universalidad y profundidad de un MALPIGHI. Por entonces, en Italia, el ambiente científico se desvanecía,

aun quedando en ella sabios de valor excepcional, pero aislados. En Francia había físicos y naturalistas excelentes, pero las ideas cartesianas hacían “torbellinar” las mentes de los miembros de la Académie des sciences y de sus adeptos. Fué sólo en Inglaterra donde la acción positiva y firmemente basada sobre el método experimental, bajo la influencia de hombres como BOYLE, NEWTON y HALLEY, le otorgó la palma de la ciencia, que ella compartió con los sabios de un país fecundo en inteligencias: tal los Países Bajos.

ROBERT HOOKE (1635-1703) fué en verdad un hombre notable. Auxiliar de BOYLE cuando éste vivía en Oxford, dotado de un verdadero genio mecánico, que le llevó a construir un gran número de nuevos mecanismos, fué llamado en 1662 como “Curator” a la Royal Society, con el encargo de preparar para cada reunión de la corporación, tres o cuatro nuevos experimentos de considerable importancia. Esto le llevó a ocuparse de muchas cosas diferentes, que manejó por igual con habilidad. Entre otras él se ocupó de observaciones microscópicas, sin realizar sus investigaciones en orden lógico, pero enriqueciendo a la ciencia con valiosos resultados. Por eso la publicación de su *Micrographia, or some Physiological Descriptions of minute bodies made by magnifying glasses, with observations and inquiries thereupon* (London, 1665) fué un acontecimiento que tuvo una gran influencia. HOOKE fué de carácter bastante agrio; él reclamaba la prioridad en todos sus descubrimientos y era tan litigante que, se dice, NEWTON no publicó su *Optica* antes de la muerte de un colega del cual temía enojos a este respecto.

De mayor valor histórico y pragmático son las observaciones de ANTOON VAN LEEUWENHOEK (1632-1723), aunque también ellas realizadas en la misma forma ecléctica que caracterizó las de HOOKE. VAN LEEUWENHOEK es una curiosa figura de autodidacto, que no hizo nunca estudios regulares y que se conformó durante toda su vida con recibir un pequeño sueldo como modesto empleado en Delft, su ciudad natal. Las escasas obligaciones de su empleo le dejaron mucho tiempo libre,



que él aprovechó construyéndose excelentes lentes y haciendo observaciones microscópicas. Tuvo relaciones, él también, con la Royal Society de London, a la cual fué presentado por REGNIER DE GRAAF, y ésta publicó en 1674 su primer trabajo y más tarde la mayoría de los demás. Sus observaciones son, casi siempre, más minuciosas y precisas que las de MALPIGHI. No podemos aquí mencionar todas las más importantes; nos limitamos a citar algunas de ellas. Él extendió las observaciones sobre los capilares y descubrió efectivamente los glóbulos rojos de la sangre, mientras el líquido que los transporta es incoloro; reconoció, a raíz de una observación hecha en su casa por un joven estudiante, descubrió y estudió los espermatozoos, descubrimiento que hizo sensación y que condujo a fantásticas observaciones ulteriores pretendiendo ver en ellos pequeños hombres en embrión; examinó el cristalino del ojo de los vertebrados y los ojos compuestos de los insectos, siguiendo un camino del todo independiente del que seguían, aproximadamente en ese mismo tiempo, MALPIGHI, HOOKE y SWAMMERDAM; siguió la reproducción partenogénica y vivipara en los áfidos y las costumbres y anatomía de estos animales; reconoció en la cochinilla su naturaleza de insecto (muchos creían que era un fruto); analizó cuidadosamente el cuerpo y la vida del renacuajo; examinó minuciosamente muchos insectos, como pulgas, abejas, hormigas, así como arañas; estudió el mejillón y las colonias de membrániporas a ellos adheridos, así como los anodones y sus cilios, que le sirven de órganos de locomoción; y pasando a animales inferiores y microorganismos, hizo valiosas y nuevas observaciones sobre rotíferos, descubrió y dibujó la hidra y el volvox; fué el primero que vió las bacterias y las células de los fermentos, etc. etc.. No obstante el desorden de sus observaciones, que se dirigían a cualquier cosa que se le presentaba, la obra de VAN LEEUWENHOEK es también ella de primera magnitud

Contrario en el método y en el carácter es el otro gran microscopista holandés, JAN SAWAMMERDAM, que fué también amigo de VAN LEEUWENHOEK. Nacido en 1637 en Amsterdam, fué, a

la edad de 24 años, a estudiar medicina a Leiden, siendo discípulo de FRANÇOIS DE LA BOE (SYLVIVS) al mismo tiempo que STEENSEN y DE GRAAF (el descubridor de los folículos de su nombre). Después de algunos trabajos de anatomía humana general, o de animales superiores, SWAMMERDAM se dedicó completa y sistemáticamente al estudio de los insectos. Durante su vida sólo publicó una *Historia insectorum generalis, ofte Algemeene Verhandling van der Bloedloose Dierkene* (1669) y una *Ephemeris vita, of afteeldingh van's menschen leven, vertoont in de bearlycke historie van het vliegent ende eendaglievent Haft of Cever-aas* (1675), mientras la descripción de sus investigaciones más extensas y profundas, no fueron publicadas sino mucho más tarde, nada menos que por HERMAN BOERHAAVE, bajo el título de *Biblia Naturae sive Historia Insectorum* (Leiden, 1737-8). Así sus estupendos resultados fueron en gran parte desconocidos por sus contemporáneos. BOERHAAVE nos dice que los trabajos de SWAMMERDAM fueron sobrehumanos: todo el día hacía él sus observaciones y de noche escribía los resultados. No tenía un momento de descanso. Pero la mente de SWAMMERDAM no pudo soportar tan intenso trabajo; obsesionado además por preocupaciones religiosas, se volvió loco y murió apenas de 43 años, en 1680. SWAMMERDAM dejó todos sus manuscritos y sus dibujos al ya mencionado THÉVENOT, que, quizá, contribuyó a los gastos de las maravillosas láminas que constituyen todavía hoy un monumento, de interés actual. Ellos fueron reiteradamente vendidos y después del fracaso de una proyectada edición francesa, llegaron a las manos de BOERHAAVE. No es posible exponer aquí todo lo que se encuentra en la *Biblia Naturae*; todas las transformaciones y metamorfosis de los insectos están claramente expuestas; en particular el cuerpo y la vida de las abejas encuentran una exposición científica no alcanzada anteriormente ni mucho tiempo después; encontramos además cuidadosos estudios sobre los caracoles y otros moluscos, sobre las ranas y sus renacuajos, etc., etc.. Tal obra es una contribución eficaz al desarrollo de la anatomía comparada y hasta a la formación

de una clasificación zoológica racional. Sus dibujos pueden, sin reservas, adornar tratados zoológicos modernos.

Si SWAMMERDAM desarrolló los estudios zoológicos (de los insectos) más que MALPIGHI, un sabio inglés, NEHEMIAH GREW (1641-1712) hizo progresar al mismo tiempo que este último las investigaciones anatómicas de las plantas. Menos genial que MALPIGHI, es no menos diligente que el microscopista boloñés. Sus trabajos comunicados a la Royal Society fueron coleccionados por ésta en *The Anatomy of Vegetables begun* (1672) y en *The Anatomy of Plants* (1682). No podemos detenernos sobre sus resultados; anotemos sólo como curiosidad que observó las protuberancias y los poros sudoríparos de la mano humana y que TYSON, pocos años después, reconoció en el chimpancé. Así ellos reconocieron el origen de aquellas impresiones digitales, que se mantuvieron desconocidas durante doscientos años.

52.—JEAN REY y sus *Essays* (1630); JOHN MAYOW y sus *Tractatus quinque medico-physici* (1668 y 1674). Primeros vislumbres acerca de la calcinación, de la combustión y de la composición del aire.

Existió una cuestión que desde el medioevo preocupó mucho a los químicos y a los naturalistas. Ya en los escritos del siglo XIII que llevaban el falso nombre de GEBER, se encuentra la afirmación que el plomo calcinado, es decir transformado en cerusa por la acción del fuego, sin que nada se le agregue, tiene un peso mayor que el del metal originario. BIRINGUCCIO no sólo recuerda este hecho, sino que mide este aumento (8 % aproximadamente) y cree dar una solución suponiendo que las "partes acuosas y aéreas" que por su liviandad disminuían el peso del plomo (y también del estaño), separándose por la acción del fuego, volvían más pesado el metal calcinado. CARDANO copió esta explicación de BIRINGUCCIO, agregando ampliaciones inútiles e insulsas. Pero tampoco

otros sabios, como CESALPINO, SCALIGERO, LIBAVIUS y otros, dieron explicaciones más convenientes. Hasta el gran BOYLE propuso una teoría falsa, que encontramos muy avanzado el siglo XVIII, y que es así expuesta por el bien conocido NICOLAS LEMERY (1645-1715): "Les pores de plomb sont disposées en sorte que les corpuscules du feu s'y sont insinuées, ils demeurent liés et agglutinés dans les parties pliantes embarrassantes du métal sans en pouvoir sortir, et ils en augmentent le poids". Sin embargo, ya desde la primera mitad del siglo XVII un solitario farmacéutico, que quedó largo tiempo desconocido, había ya indicado la ruta a seguir en la resolución de este problema que puede considerarse de un papel fundamental en el desarrollo de toda la química científica.

Casi nada se sabe de JEAN REY, sólo que nació en Bugue, Périgord, donde o en cuyas cercanías vivió toda su vida, y que, parece, murió en 1645. A una pregunta de un sieur BRUN, "maitre apothicaire" de Bergerac, que había obtenido un determinado aumento de peso en el estaño calcinado, JEAN REY contestó con la publicación de un pequeño librito titulado: "*Essays de Iean Rey docteur en médecine, sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain & le plomb augmentent de poids quand on les calcine* (Bazas, 1630). REY tenía en parte una mentalidad escolástica, que muchas veces le hacía abusar del razonamiento; no obstante él sabe servirse bien de la observación y de la experiencia y librarse así de las *autoridades*, ya de la de los modernos, ya de la de ARISTOTELES. De éste él repudia totalmente la teoría que hay cuerpos pesados (tierra y agua) y otros livianos (aire y fuego); no hay, dice, sino cuerpos más o menos pesados; en particular el aire tiene un peso (obsérvese que él lo afirma antes de la realización de las experiencias decisivas de TORRICELLI y GUERICKE). Ahora bien (no puedo especificar el argumento de sus 38 *essays*, a los que sigue una breve conclusión), después de haber demolido todas las opiniones expuestas por los otros (*Essay XVI*): "ie responds & soustiens glorieusement. Que

ce surcroit de poids vient de l'air, qui dans le vase a esté espessi, appesanti, & rendu aucunement adhesif, par la vehemente & longuement continuée chaleur du fourneau, lequel aire se mesle avecques la chaux. . . . & s'attache à ses plus menues parties". REY cita también la experiencia hecha calcinando el antimonio con los rayos del sol mediante un lente; aquí también hay un aumento de peso, al mismo tiempo que se han evitado las influencias del fuego (de leña o de carbón) y de los vasos, de los que, en muchos casos, se hacía uso, y a los cuales muchos atribuían el aumento observado. Así que, hecho de importancia fundamental, por primera vez se atribuye al aire, o mejor a ciertas partes del aire, el fenómeno del aumento de peso de las cales de algunos metales.

De muy otra naturaleza son las experiencias de JOHN MAYOW, pero ellas también logran dar una importante contribución a las cuestiones (que, como veremos, no forman sino una sola) de la calcinación de los metales, de la combustión y de la respiración.

JOHN MAYOW nació en London, de una familia oriunda de Cornwall, en mayo de 1645. Se diplomó en derecho, ejerció la medicina, pero su vocación fué la química. En 1668 publicó dos escritos: *De respiratione* y *De rachitide*, en 1674 los reeditó agregando tres otros: *De sal-nitro et spiritu nitro-aëreo*; *De respiratione foetus in utero et ovo*; y *De motu musculari et spiritibus animalibus*. Murió cuando sólo contaba 34 años, en London, en setiembre de 1679. Su obra, como la de REY, no fué apreciada de acuerdo a su gran valor; fué redescubierta cuando, cien años después, LAVOISIER (sin contar otros predecesores de éste) hizo lo que MAYOW había casi logrado realizar completamente. Hablando de MAYOW, no se debe olvidar el nombre de RICHARD LOWER (1631-1691), quien, entre otras observaciones acerca de la respiración, llegó a observar cuidadosamente cómo la sangre negruzca que llegaba al pulmón por la arteria pulmonar, regresaba con un hermoso color rojo por la vena pulmonar (muchos creían entonces que el cambio de color se hacía en el corazón); más él reconoció que

el cambio se producía en las vesículas pulmonares cuando la sangre estaba en contacto con el aire, absorbido a través de los capilares, y atribuyó tal cambio a la absorción del aire; obsérvese: del aire en general. Es aquí que MAYOW introduce una gran novedad: no es el aire en general, sino una parte especial de ella, que él denomina “spiritus nitro-aëreus” (correspondiente a nuestro oxígeno). No se limita a esto el gran descubrimiento de MAYOW. Él hizo experiencias, similares en parte a las del antiguo PILON de Byzantion: puesta bajo una campana de vidrio, que descansaba sobre agua, una vela encendida, observó que ésta se apagaba cuando se habían consumido todas las partículas de espíritu nitro-aéreo que se encontraba en el aire encerrado en la campana; o puesto un pequeño animal, en las mismas condiciones, éste se moría al consumirse ese espíritu. Además, cuando la temperatura volvía a la normal, el agua subía por la campana, ocupando el lugar del espíritu nitro-aéreo consumido. ¿Por qué MAYOW daba este nombre a la parte del aire, cuya existencia había probado? Él había observado que el salitre (nitrato de potasio) que se forma espontáneamente en viejos sótanos y en lugares húmedos, podía él también alimentar la llama, reconociéndose particularmente esta propiedad en ausencia de aire, como ocurre en las mezclas explosivas. El salitre está compuesto de una parte terrosa, *sal fixum* (en este caso, lo que llamamos hoy potasa) y de otra un espíritu, que no es el *spiritus acidus* (nuestro ácido nítrico), que es eminentemente corrosivo, sino de una parte que también se encuentra en éste y que constituye un ingrediente de la atmósfera: el mencionado *spiritus nitro-aëreus*. ¿Pudo MAYOW separar este gas que después tomó el nombre de oxígeno? No se sabe; pero su descubrimiento y la doctrina que de él dedujo, hacen lamentar que los químicos y fisiólogos no pusieran mayor atención en ellos. Quien sabe si, de esa manera, la química no se hubiera adelantado de un siglo. Claro que en este caso, habrían sido necesarias, quizás, las investigaciones sobre los diferentes gases que culminaron con los tra-

bajos de BLACK, PRIESTLEY y CAVENDISH. No podemos aquí entrar en mayores detalles o considerar los otros trabajos meritorios de JOHN MAYOW.

53.—El *Horologium oscillatorium* de  
CHRISTIAAN HUYGENS (1673).

GALILEO, después de haber reconocido el isocronismo del péndulo, había pensado aplicarlo al reloj, imprimiendo un movimiento regular a un sistema de engranajes movidos por un peso aplicado a él, y medir así el tiempo con una notable precisión. Más tarde había elaborado un proyecto que comunicó a su hijo VINCENZIO (1606-1649), quien trató de realizar prácticamente el aparato, que también VIVIANI pudo ver; pero la muerte impidió a VINCENZIO GALILEI llegar a una construcción bastante perfecta de ese instrumento, y en un inventario de los bienes dejados por su viuda se encuentra “un oriuolo non finito col Pendolo, prima invenzione del Galileo”.

El sabio que llegó a establecer una teoría completa del péndulo y que construyó y perfeccionó los primeros relojes a péndulo, fué el neerlandés CHRISTIAAN HUYGENS, hijo de un estadista y literato de méritos, CONSTANTIJN (1596-1687), y una de las grandes figuras del Renacimiento científico, que puede colocarse a la par de GALILEO y de NEWTON. Nació en 's Gravenhage el 14 de abril de 1629. Más tarde por invitación de COLBERT fijó su residencia en París (desde 1666 hasta 1681) donde formó parte de la Académie des sciences, regresando luego a Holanda, donde continuó sus numerosos trabajos científicos. Al final de su vida perdió la razón y murió en 'sGravenhage el 8 de julio de 1695. Fué matemático insigne, astrónomo y constructor de instrumentos, astronómicos y físicos, y notable físico; en éste y en otros números del presente *Sumario*, mencionaremos muchas de sus sobresalientes hazañas.

CHRISTIAAN HUYGENS empezó sus trabajos sobre asuntos astronómicos. Asistido por un hermano mayor, también él de nombre CONSTANTIJN, fabricó telescopios mucho más poderosos

sos que los de GALILEO y dirigiéndolos hacia el cielo (1655/6) descubrió los anillos de Saturno, anunciados en 1659 (GALILEO había sólo entrevisto algo así como dos cuerpos adheridos a ese planeta); en 1655 había descubierto también el más grande de los satélites de Saturno, pero por una curiosa forma mentis que recuerda a la de KEPLER, no buscó otros, convencido que no había más, pues siendo seis los planetas, los satélites no podían ser más de seis: la luna, los cuatro de Júpiter y el nuevo descubierto; pero CASSINI, más tarde, en 1671 descubrió otros dos y HUYGENS, entonces en París, se cercioró del hecho antes de publicar su *Horologium*; vió en 1659 la "Syrtris Maior" de Marte y con este y otros puntos de referencia reconoció que el planeta giraba alrededor de su eje aproximadamente en 24 horas (CASSINI estableció algunos años más tarde que el día marciano es de 24 h. 40 m.); pero se equivocó al afirmar que el eje de Marte es casi perpendicular al plano de su órbita; y en 1656 descubrió la "nebulosa" de Orión, en la que una sola estrella, con el telescopio se resolvía en doce. Al final de su vida redactó un *Cosmotheoros*, publicado póstumamente por su hermano CONSTANTIJN, donde se encuentran sus últimas concepciones sobre la constitución del universo y sus ideas sobre el sol, considerado como uno de los innumerables soles existentes en el universo; sus intentos de medidas de distancias estelares (la estrella Sirio que él consideraba la más próxima a nosotros tenía una distancia de 27.664 veces la de la Tierra al sol), y sus geniales, si no exactas concepciones, sobre numerosas "tierras", sus habitantes, plantas, animales, etc.

Al crear el reloj a péndulo, CHRISTIAAN HUYGENS construyó un instrumento de fundamental importancia para la astronomía. Pero, no lo es tanto por su aplicación como por sí mismo, por las leyes físicas que HUYGENS descubrió estudiando este tema y por las cuestiones matemáticas que él desarrolló en su conexión. Sus numerosos escritos de mecánica, en particular sobre la teoría de la percusión y la fuerza centrífuga (*De vi centrifuga*, ya escrito en 1659, pero del cual el texto latín se



publicó por primera vez en las *Opuscula posthuma* de 1703), podrán verse en la magnífica edición de las *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens publiées par la Société Hollandaise des Sciences*, (La Haye, 1888- no acabada) y ahí también encontramos las diferentes disertaciones, cada vez más perfeccionadas, sobre el reloj oscilatorio. Pero su escrito más importante sobre este tema y quizá su obra maestra es el *Horologium oscillatorium, sive de Motu pendulorum ad horologia aptato Demonstrationes geometricae*, publicado en París, al mismo tiempo en latín y en francés, y dedicado al rey Louis XIV. Esta obra supera en mucho a lo que puede suponerse por su título. Tomemos su contenido en la redacción francesa: "Ce livre est divisé en cinq parties dont — La première contient la description de l'horloge à pendule, — la deuxième traite de la chute des corps pesants et de leur mouvement en une ligne cycloïde, — la troisième de l'évolution et de la dimension des lignes courbes, — la quatrième du centre d'oscillation ou d'agitation, tandis que la cinquième contient la figure d'une horloge autrement construite où le mouvement du pendule est circulaire, et les théorèmes sur la force centrifuge." Se ve así que, aparte del relato de la construcción de relojes (había construído ya muchos de éstos, tanto por necesidades astronómicas como para la práctica de la navegación), este tratado se ocupa principalmente del estudio racional de la geometría, "pars multo precipua" de la obra, y de la consideración "experientia et ratione" de la estructura del universo. Notemos sólo que en la construcción del reloj, HUYGENS que conocía que la cicloide era la curva tautocrona (mucho más tarde fué reconocido que también era la braquistocrona, y esto después de su formulación por JOHAN BERNOULLI e independientemente por JAKOB BERNOULLI, LEIBNIZ, DE L'HÔPITAL y NEWTON), procuró hacer describir esta curva a su péndulo, pero vió que *prácticamente* pequeñas oscilaciones circulares podían considerarse como isócronas, y por eso abandonó tal complicación. Él da también una *Tabula equationis dierum* para ser usada, junto con el reloj, para calcular la longitud en el mar.

La segunda parte completa los estudios de GALILEO sobre la caída de los graves y en particular de la caída según una cicloide. Esta parte está redactada como una serie de XXVI proposiciones, del tipo de las de ARHIMEDES, y es una notable contribución al desarrollo de la mecánica y de la geometría. La parte tercera se inicia con su importantísimo estudio sobre las desarrollantes (curva descripta ex evolutione). Interesan aquí de manera particular la prop. X: "Montrer des lignes courbes telles que par leur évolution soient décrites des ellipses et des hyperboles, et trouver des lignes droites égales à ces courbes" y la XI de naturaleza general y extremadamente extensa y que en su última parte dice: "Etant donnée une ligne courbe, en trouver une autre par l'évolution de laquelle elle peut être décrite; et montrer que de toute courbe géométrique provient une autre courbe également géométrique, et qui est rectifiable". La cuarta parte, como las precedentes, exponen en una sucesión de proposiciones las propiedades y particularidades del centro de oscilación. Distingue el péndulo simple del compuesto y busca las leyes de este último como isócrono de un dado péndulo simple; estudia lo que denomina "onglet" (cuña); demuestra que (prop. XX): "le centre d'oscillation et de suspension sont réciproques"; y después de mostrar (prop. XXI y XXII): "Comment on trouve les centres d'oscillation dans les figures planes" y "dans les figures solides" termina, hasta la prop. XXVI, con la aplicación al reloj de algunas regularidades descubiertas, y con otras consideraciones matemáticas y físicas. La brevisima parte quinta estudia "le mouvement d'un poids suspendu qui tourne en rond suivant une circonférence de cercle". En la edición citada de las obras de HUYGENS se encuentran también muchos apéndices, escritos en años diferentes, a su *Horologium oscillatorium*.

54. — *Philosophiæ naturalis principia mathematica* de ISAAC NEWTON (1687).

ISAAC NEWTON nació en Woolsthorpe, cerca de Grantham (Lincolnshire) el día de Navidad (25 de diciembre) de 1642, según el calendario juliano, es decir el 4 de enero de 1643 del nuevo calendario gregoriano adoptado por los países católicos en 1582, pero reconocido en Inglaterra sólo en 1752. Durante sus primeros años no demostró cualidades intelectuales notables, pero sí una especial habilidad mecánica, construyendo molinos de viento, carruajes automotores, relojes, etc. En 1661 (el año de la publicación del *Sceptical Chymist* de BOYLE) entró en el Trinity College de Cambridge, donde obtuvo sus grados en 1665, siendo pronto encargado de algunos cursillos. Pero, antes de iniciarse en esa tarea, la "Great Plague" que entonces estalló y que determinó la clausura de la Universidad, le obligó a regresar a Woolsthorpe, donde permaneció hasta marzo de 1667. Es en este exilio forzado que NEWTON empezó a reflexionar acerca del problema que debía conducirlo a escribir sus *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. La caída de una manzana (hecho que, parece, ocurrió verdaderamente y que no constituye una leyenda como muchos suponen), le hizo considerar vagamente una especie de gravitación mutua de todos los cuerpos, y especialmente que la luna podía ser atraída por la tierra, del mismo modo que la manzana, pero con una fuerza de intensidad menor, que él suponía que variaba en razón inversa a la del cuadrado de la distancia. Estas ideas no eran nuevas; se encuentran ya en KEPLER, no están ausentes en HUYGENS, y hasta HOOKE, algo más tarde (c. 1679) había comprendido que un cuerpo que tenía un movimiento propio y estaba sometido a una atracción que disminuía según el cuadrado de la distancia, describía una elipse. Este hecho determinó a HOOKE, después de la publicación de los *Principia* a proclamarse como descubridor de la ley de la gravitación universal, de donde siguió una larga y áspera polémica con NEWTON. En verdad, no son

estas vagas ideas las que constituyen el mérito sobresaliente de NEWTON; es, por el contrario, el examen más minucioso, el cálculo de las consecuencias, la aplicación a todos los fenómenos celestes y terrestres, que hacen de la teoría newtoniana la base inquebrantable de toda la astronomía y dinámica modernas. Según tales proposiciones admitidas, calculó entonces NEWTON el movimiento que debía seguir la luna. Una tradición, ciertamente falsa, afirma que tomando para la tierra un diámetro no exacto, más pequeño que el verdadero, alcanzó valores que no le satisficieron, razón por la cual abandonó esos estudios que sólo retomó veinte años después, cuando JEAN PICARD (en 1669/70) ofreció una medida sensiblemente exacta. Esta es una leyenda, aunque no sabemos directamente casi nada de lo que pasó durante ese tiempo por la mente de NEWTON. Ante todo no es verdad que en la época de los primeros cálculos de NEWTON, no había medidas más aproximadas del diámetro terrestre o que NEWTON no tuviera presentes esas medidas (conocemos libros que él utilizó); además sabemos que él no estaba desconforme con los resultados numéricos logrados. Lo que motivó el atraso en la proclamación de la ley de atracción universal, fueron dificultades teóricas, en particular la de suponer que si la atracción sobre la luna (cuerpo relativamente muy alejado) era del mismo tipo que sobre la manzana (cuerpo muy próximo a la tierra), aquella podía sufrir influencias desde muchas direcciones. A esta dificultad dió término un hermoso teorema, descubierto en el intervalo, que dos esferas se atraen como si sus masas estuvieran concentradas en sus centros. Sólo de esta manera la gravitación universal pudo pasar de un vago sentimiento a una explicación científica sólidamente lograda.

En ese intervalo NEWTON se ocupó de cuestiones de óptica (de las que hablaremos en el N<sup>o</sup> 56) y de cuestiones matemáticas (de algunas de las cuales hablaremos en el N<sup>o</sup> 55), que le permitieron resolver todos los problemas que le planteaban los interrogantes de la mecánica celeste. Pero quizá la publicación de los *Principia Mathematica* hubiera sufrido un

nuevo atraso, sin la acción de un amigo que podemos considerar como el ángel tutelar de la nueva gravitación universal: EDMUND HALLEY (del cual trataremos detenidamente en el N<sup>o</sup> 57). En agosto de 1684, ya por sugerencias de HOOKE (que ya había tenido correspondencia con NEWTON sobre estos temas) o por otro conducto, HALLEY visitó a NEWTON en Cambridge y se cuenta que las primeras palabras de HALLEY fueran: “¿Cuál sería la órbita de un planeta, según una atracción gravitacional inversamente proporcional al cuadrado de la distancia?”, a lo que NEWTON habría respondido de inmediato: “Una elipse”. “¿Y como lo sabe usted?”, preguntó el visitante. “Lo he calculado”, contestó NEWTON. Pero lo importante de esta entrevista, en la que HALLEY se enteró del estado de los estudios de NEWTON sobre el tema, fué que hizo prometer a este último que comunicaría el descubrimiento a la Royal Society. Esto fué hecho con un pequeño *De motu*, presentado en febrero de 1685. Pero ya desde entonces NEWTON se propuso escribir un tratado completo, empezando un trabajo sistemático que tituló *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, cuya primera parte fué entregada a la corporación el 28 de abril de 1686. Los miembros de la academia acogieron con entusiasmo esta obra, resolviendo su publicación; pero faltaban los recursos, y fué HALLEY el que pagó los gastos, tanto de esta primera parte como de las siguientes que aparecieron conjuntamente en julio de 1687 y convirtieron de la noche a la mañana a su autor en el más admirado sabio de la época. Los *Principia* están compuestos de tres libros. El primero está precedido por 8 *Definitiones* con un largo *Scholium*. La primera de ellas contiene la tan discutida, pero históricamente tan importante definición de “masa”; siguen luego los *Axiomata sive leges motus* (tres leyes, con seis corolarios y un escolio). Los escolios justifican, generalmente por vía experimental, las definiciones y las leyes enunciadas. En el primer escolio entra la cuestión del espacio, del tiempo y de la rotación absolutos, que tan hondas discusiones han provocado hasta nuestros días. En el segundo escolio observa como las dos

primeras leyes (el principio de inercia y la ley que regula la variación del movimiento en razón de la fuerza motriz) así como los primeros dos corolarios (la regla del paralelogramo y la de la composición de fuerzas oblicuas y la de su descomposición) son debidas a GALILEO y constantemente confirmadas por todos. De ellos dependen también la ley de la caída de los graves, de la trayectoria parabólica de los proyectiles y la ley de oscilación del péndulo. La tercera ley (a cada acción se opone siempre una reacción igual y contraria) fué demostrada independientemente por WREN, WALLIS y HUYGENS con sus estudios sobre el choque y la reflexión de los cuerpos rígidos. Sobre la demostración práctica de esta ley NEWTON se detiene largamente. Planteados estas definiciones y principios NEWTON, pasa en el primer libro a considerar en general el movimiento de los cuerpos, para detenerse en el segundo en el movimiento en medios resistentes. Él aplica aquí los nuevos recursos matemáticos que había logrado, y sus demostraciones, por eso, son tan extensas y complicadas que no podemos absolutamente entrar en ellas; sólo diremos que con ellas la ciencia mecánica llega a una altura extraordinaria. Todo lo anterior, aunque importante, no es más que la premisa necesaria para desarrollar en el tercer libro *El sistema del mundo tratado en forma matemática*. Como prefacio se encuentran aquí las célebres cuatro *Regulae philosophandi*; siguen los seis *Phaenomena* sobre los cuales se funda todo el tratamiento del sistema del mundo. La enunciación de estos fenómenos está acompañada de datos experimentales y a veces de las medidas debidas a diligentes observadores (BORELLI, TOWNLY, CASSINI, KEPLER, BOULLIAN). Empiezan ahora las 42 proposiciones (con problemas, corolarios y escolios), en las cuales llega a desarrollar todos los principios de la gravitación universal y a encontrar (en la prop. XIII) las leyes de KEPLER que éste sólo había formulado basándose sobre observaciones directas. Pasa luego a investigaciones y aplicaciones varias, como la de examinar más de cerca los movimientos de la luna, de los distintos planetas y de sus satélites, el de los

cometas y de las mareas. El libro termina con un famoso *Scholium generale* donde, luego de denunciar la inconsistencia de la teoría de los torbellinos de DESCARTES y hacer muchas consideraciones, algunas también de naturaleza teológica, afirma haber resuelto el problema de cómo los mundos se mueven bajo el imperio de la gravitación universal, pero sin haberse propuesto el de la naturaleza de esta gravitación, que se toma como una cuestión de hecho. Y aquí aparece el célebre *Hypotheses non fingo*, que ha sido interpretado de tantas maneras diversas. Véase al respecto las juiciosas observaciones de FLORIAN CAJORI en su publicación (póstuma): *Sir Isaac Newton's Mathematical principles*, Berkeley, California, 1934; n. 55, p. 671. De todos modos, NEWTON rechaza las hipótesis no fundadas sobre la observación o la experiencia, pero, en un cierto sentido, él trataba de evitar hipótesis, temiendo las polémicas, largas y agrias, en las cuales, contra sus deseos, se vió complicado. Recuérdese aquellas interminables con HOOKE y aquellas con LEIBNIZ y sus continuadores.

Los *Principia* obtuvieron en Inglaterra un éxito inmediato. Un mayor tiempo necesitó para su completa apreciación en el continente. En Francia encontró especialmente la oposición de los cartesianos. Debemos a VOLTAIRE una recia campaña en favor de las ideas newtonianas y a la marquesa DU CHÂTELET la versión francesa de los *Principia*. Sobre esta lucha contra y pro las ideas de NEWTON, puede consultarse con provecho PIERRE BRUNET, *L' introduction des théories de Newton en France au XVIIIe siècle*. También en Italia estas ideas encontraron sostenedores y divulgadores populares, baste recordar como característico del espíritu público *Il newtonianismo per le dame*, de FRANCESCO ALGAROTTI. En todas partes la aceptación de las ideas del gran inglés señala una etapa notable en el camino del método y de los progresos científicos.

Pocas palabras acerca de la vida exterior de NEWTON, después de la publicación de la primera edición de los *Principia*. En Cambridge, NEWTON se había asegurado una fama eterna como sabio; en London se aseguró la riqueza. CHARLES

MONTEGUE (después Lord HALIFAX) un viejo amigo de NEWTON, llegó a ser en 1694 Canciller del Tesoro; así en 1699 hizo nombrar al gran físico como Inspector de la Casa de la Moneda y poco después (1699) como director de la misma. NEWTON se trasladó a London, donde pasó sus últimos años, pero ya entonces había terminado su carrera como sabio de valor excepcional. No es que, como algunos han dicho, él no hiciera más nada (como ocurrió con VOLTA, después de su invención de la pila, durante sus últimos 25 años de vida), pues él se ocupó intensamente de su cargo, trabajó mucho en química y se ocupó sobre todo de cuestiones teológicas; además dió gran parte de su actividad a la Royal Society, de la cual fué presidente, durante muchos años, hasta su muerte. Mas todo esto es nada, frente a sus hazañas en la gravitación universal, en el cálculo infinitesimal y en la óptica. Murió el 20 de marzo de 1727.

55.—Origen y desarrollo del cálculo infinitesimal. BARROW, NEWTON y LEIBNIZ.

Cuando se habla de "cálculo infinitesimal", deben cuidadosamente distinguirse dos períodos: un primer período, que podríamos llamar estático, en el cual principalmente se trata de lograr métodos para calcular áreas, volúmenes, etc., y un segundo, dinámico, en el que se estudian variaciones, tratando además de remontar de estas a lo que las originaron. El primero se desarrolla con los métodos de exhaustión, conocidos por los griegos más antiguos y que encontraron en EUDOXOS de Knidos su principal representante, y con otros, de verdadera integración, que imaginó el portentoso genio de ARHIMEDES. Sin embargo éste no los consideraba totalmente legítimos, porque calculando con ellos áreas y volúmenes se apresuraba a añadir una demostración basada sobre el método clásico de EUDOXOS. No puede decirse que los árabes y el medioevo cristiano hayan añadido mucho a estos métodos, que, por lo demás, casi siempre ignoraron. Y sin inconvenientes



puede saltarse de ARHIMEDES hasta el Renacimiento, cuando el estudio de las obras del gran matemático siracusano, determinó un nuevo rumbo en todo el conjunto de las ciencias exactas. Quizás es con LUCA VALERIO (1552-1618) y con su *Liber de centro gravitatis solidorum libri tres* (1604), y con algunas intuiciones anteriores de STEVIN en su *Statica*, que la tradición arquimedea, ya conocida en el Cinquecento por numerosas traducciones y comentarios, inicia su nuevo desarrollo. No podemos aquí detenernos sobre los intentos, en parte poco rigurosos, de KEPLER (sólidos en forma de manzana, etc.) o sobre los "indivisibles" del jesuata BONAVENTURA CAVALIERI (de los cuales ya se ocupó GALILEO), que con su concepción fundamental: "plana esse ut aggregata omnium linearum aequidistantium et corpora ut aggregata omnium planorum pariter aequidistantium", rectas y planos en número "indefinitum" y "omnes crassitiei expertia", tuvo una influencia notable, particularmente sobre JOHN WALLIS (1616-1703) (véase su *Arithmetica infinitorum* de 1655. donde aplica este método a la geometría analítica). Debemos citar también en este conjunto, los estudios sobre las áreas y los volúmenes de las infinitas hipérbolas:  $x^n y^m = 1$ , y de los sólidos engendrados por su rotación alrededor de una asíntota, de TORRICELLI y de FERMAT, las investigaciones de este último sobre máximos y mínimos; y el triángulo característico y las integrales trigonométricas de PASCAL. A HUYGENS debemos también algunos progresos en el camino hacia el nuevo cálculo infinitesimal. Pero con quien entramos en el segundo período de este nuevo instrumento matemático, es con ISAAC BARROW. Éste nació en London en 1630, estudió en Cambridge, primero en el St. Peter College y después en el Trinity, realizó luego largos viajes, regresando a Cambridge, donde fué durante dos años profesor de griego y al término de éstos, de geometría en la "Lucasian chaire" fundada entonces, y que más tarde debía ocupar su discípulo NEWTON. Después, nombrado Doctor in Divinity en 1670, se ocupó principalmente de cuestiones teológicas, muriendo en 1677 y sepultándose en la Westminster

Abbey. Su influencia sobre NEWTON se manifestó no sólo en la tendencia hacia cuestiones teológicas, sino también en geometría y óptica, en especial con su obra maestra *Lectiones Opticae et Geometricae*, publicadas en 1670, pero antes dictadas en sus cursillos como Lucasian profesor, iniciados en abril de 1664. BARROW cita cuidadosamente los autores de los cuales toma inspiración matemática; y así, además de los antiguos, encontramos en sus escritos los nombres de CARTESIUS, HUGENIUS, GALILAEUS, GREGORIUS A ST. VINCENZO, GREGORIUS ABERDONENSIS, WALLIS, etc., pero éstos, pueden decirse, sólo influyen en lo que se refiere a los conceptos concernientes a la integración, pues, para los de la diferenciación nada se sabe, y es probable, si no absolutamente cierto, que él fué el inventor original de su triángulo diferencial, de su “evanescer” en la tangente, y del concepto de las curvas como sucesión de un número infinito de segmentos infinitamente cortos, cuyas prolongaciones son las tangentes. Su figura en la que, para llegar a la tangente en un punto  $P$ , considera un punto  $Q$  de la curva que se aproxima indefinidamente a  $P$ , ha tenido en la historia una importancia especial. BARROW ha reconocido además el carácter inverso de la derivación y de la integración. Su punto débil fué el haberse mantenido demasiado en el punto de vista geométrico, sin adoptar las fórmulas analíticas de DESCARTES y sin llegar a establecer “algoritmos” o reglas para derivar o integrar las ecuaciones de las curvas o esas expresiones analíticas por sí mismas. Esto fué lo que cumplieron NEWTON y LEIBNIZ. Los vínculos de NEWTON y BARROW no se limitaron a haber asistido el primero a los cursillos de su maestro y a haber mantenido con éste relaciones personales. Está probado que discutieron juntos problemas de la naturaleza que forma el tema de este sumario, y que las influencias fueron recíprocas; hay además pruebas indirectas de esto, en particular por la semejanza de los métodos en ambos, pero que en NEWTON están concebidos con una generalidad mayor. Es suficiente un ejemplo para aclarar esto último: Si tenemos una ecuación  $x^3 - ax^2 + axy - y^3 = 0$  en la que  $x$  e  $y$  son

las coordenadas de un punto que se mueve sobre la curva representativa de esa ecuación, un instante después esas coordenadas serán  $x + xo$  e  $y + yo$ , donde  $o$  es una cantidad infinitamente pequeña y  $x$  e  $y$  las velocidades (fluxiones) del punto que se mueve. Sustituyendo estos nuevos valores en la ecuación obtendremos  $x^3 + 3x^2xo + 3xxoo + x^3o^3 - ax^2 - 2axxo - ax^2oo + axy + axyo + axoy + axoyo - y^3 - 3yoy^2 - 3y^2ooy - y^3o^3 = 0$ . Si se eliminan los términos que componen la primera ecuación, se divide por  $o$ , y se anulan los términos que aun tienen este factor  $o$ , porque son “nada” en comparación de los restantes, se obtiene el resultado final:

$$3\dot{x}x^2 - 2a\dot{a}xx + \dot{a}yx + \dot{a}xy - 3\dot{y}x^2 = 0.$$

Otro método similar, utilizado por NEWTON, aplica el paso al límite, sirviéndose de series infinitas. Así NEWTON obtiene del fluente, las fluxiones, estudiando también el problema inverso: de las fluxiones calcular el fluente. Se ve aquí que las bases del cálculo diferencial e integral ya están fundadas totalmente, haciendo, claro es, caso omiso de ciertos conceptos lógicos (en tal sentido una crítica muy provechosa será hecha casi medio siglo después, en el *Analyst*, 1743, del deán, luego obispo, GEORGE BERKELEY (1685-1753) y de otras dificultades (¿existe, por ejemplo, la derivada que se busca?) que no serán resueltas sino a fines del siglo XIX). Aparte de consideraciones y aplicaciones aparecidas en otras obras de NEWTON, éste escribió tres monografías sobre las fluxiones: *De analysi per equationes numero terminorum infinitas*, escrita en 1666 y enviada a BARROW; *Method of fluxions and infinite series*, escrita en 1671; y *Tractatus de quadratura curvarum* escrita probablemente en 1676. Pero por la desgraciada manía de NEWTON de publicar sus escritos siempre con gran atraso, la última monografía no fué publicada sino en 1704; la primera en 1711 y la segunda, póstuma, en 1736. Este hecho no sólo contribuyó a facilitar las polémicas de prioridad de las cuales hablaremos en seguida, sino también a dificultar en Inglaterra

el conocimiento de las teorías de NEWTON y a abrir, en cambio, el camino a las de LEIBNIZ.

LEIBNIZ nació el 1º de julio de 1646 en Leipzig y fué, desde sus primeros años, un niño prodigio que a los ocho años leía corrientemente el latín, poco después el griego, y conocía una infinidad de cosas. En su vida, también, se ocupó de todo: doctor en derecho, se ocupó de política siendo funcionario, primero del elector de Mainz y luego bibliotecario de los duques de Wolfenbüttel-Braunschweig, residiendo entonces principalmente en Hannover, donde murió el 14 de noviembre de 1716, amargado por las largas polémicas, por el hecho que su señor, habiendo llegado a rey de Inglaterra, no le llevó consigo, y casi abandonado y olvidado por los demás. Recordemos, como uno de sus méritos, el haber fundado en 1700 la Akademie der Wissenschaften de Berlín. Pero la actividad literaria de LEIBNIZ, muy extensa, tiene puntos de contacto con la de los maniáticos y especialmente afectados por una manía de enciclopedismo. Quería unir católicos y protestantes; inventar máquinas de calcular; se ocupó de alquimia con los Rosacruces; escribió sobre los *Principes de la nature et de la grâce*. También su filosofía, que muchos estiman de gran valor, es una secuela de divagaciones inconcluyentes, donde juegan un papel principal sus "monades" de naturaleza desconcertante. Mejores frutos dió su actividad como histórico (político). Todas las ciencias lo ocuparon y lo preocuparon, pero, si bien se encuentran aquí y allí intuiciones interesantes, (destaquemos su concepción acerca de la fuerza viva  $\frac{m v^2}{2}$  que, como veremos más adelante, constituyó el concepto fundamental de energía en mecánica), en ninguna logró nuevos y efectivos resultados, excepto en la matemática. Pero muy tarde se ocupó de ella: en 1672, cuando residió en París por algún tiempo, trabó relaciones con HUYGENS, enterándose por su intermedio de la literatura y de los problemas matemáticos contemporáneos; algo más tarde estuvo en London y allí conoció lo que habían hecho BARROW y NEWTON. Todo esto hizo dirigir su aten-

ción hacia el nuevo cálculo infinitesimal. Su genialidad le hizo seguir un camino más fecundo que el de sus dos predecesores ingleses; en este sentido él fué el creador de la simbólica y del espíritu del cálculo diferencial e integral. A él se debe la introducción de los símbolos tan cómodos de  $dx$ ,  $dy$ ,  $dt$ , etc. considerando las fracciones  $dy/dx$ ,  $dx/dt$ . etc. (que por mucho tiempo fueron consideradas siempre como tales, empleándose las sin discriminación para multiplicar o dividir); y también el signo  $\int$ , que deriva de la grafía de la  $s$  antigua (como inicial de la sumación). Añadamos que en esta época se precisó el concepto de integral indefinida (hasta entonces sólo se habían considerado las integrales definidas), lo que constituyó un progreso decisivo en la estructuración del nuevo cálculo infinitesimal. Publicó su método en 1684 y 1686 en los *Acta Eruditorum*, de Leipzig; pero parece que ya en 1677 su método estaba completamente desarrollado. No podemos entrar en detalles, que llevarían a exposiciones demasiado técnicas, sólo observaremos que LEIBNIZ ya en 1694 había expuesto el desarrollo en serie, que hoy se conoce bajo el nombre de TAYLOR. Estos descubrimientos de LEIBNIZ condujeron a una de las más venenosas discusiones de la historia, entre los partidarios de LEIBNIZ y los de NEWTON. Sin entrar en el tema, sólo diremos que en esta discusión participó oficialmente la Royal Society y que en un cierto momento casi se convirtió en una cuestión diplomática. La lucha continuó todavía después de la muerte de LEIBNIZ, convirtiéndose paulatinamente en una discusión más serena, pasando de las susceptibilidades personales a un examen más pragmático de las teorías. No obstante, la lucha había durado demasiado tiempo y envenenado los ánimos, sin ventaja alguna para la ciencia.

El nuevo cálculo infinitesimal (en su forma primitiva, que debía más tarde ser renovado casi completamente en sus bases lógicas y en sus fundamentos, pero que todavía se usa en su formulación y desarrollo en los casos en que las funciones que intervienen se presenten en una forma simple, como en las funciones continuas, etc.) obtuvo su coordinador y ex-

positor en JOHAN (I) BERNOULLI (1667-1748), un miembro de aquella familia de Basel que nos dió tantas generaciones de matemáticos de primer orden. En 1691/2 este valiente matemático, siguiendo las directivas de LEIBNIZ, dictó cursos y escribió, pero no publicó, un tratado completo de cálculo diferencial e integral, pero no obtuvo con él un éxito personal afortunado. En 1696, el marqués GUILLAUME FRANÇOIS DE L'HOSPITAL (1661-1704) publicó bajo su propio nombre un *Analyse des infiniment petits* que no contiene acerca del cálculo diferencial, sino lo que él oyó en Basel en los cursillos de BERNOULLI. No se comprende bien la reticencia de éste en reclamar la prioridad, quizá se debe al deseo de no crearse un enemigo en el marqués y, a la muerte de éste, al temor de no ser creído. Sus *Lectiones de calculo differentialium*, no fueron publicadas sino en 1922, tomándolas del manuscrito original. Por otra parte las citadas lecciones de cálculo integral fueron, sí, publicadas por el autor, pero sólo en 1742.

56. — Le *Traité de la lumière* (1690) de HUYGENS y la *Opticks* (1704) de NEWTON.

Hemos visto como se desarrolló la óptica geométrica en la antigüedad, y con IBN AL-HAYTAM, entre los árabes. Es la misma que encontramos, además, en ROGER BACON y en WITELLO, y que, de una manera mucho más perfeccionada, aparece en el Cinquecento en los escritos tan valiosos del messinese FRANCESCO MAUROLICO (1494-1575). La nueva óptica, sin embargo, considera cuestiones mucho más amplias. Con GALILEO se planteó el problema de la velocidad de la luz: si ésta se propagaba con velocidad infinita o con velocidad finita, aunque muy grande. Las experiencias de GALILEO, realizadas entre distancias terrestres, relativamente cortas, no alcanzaron resultados seguros; pero poco después debió reconocerse que esa velocidad no es instantánea. Fué OLAF RÖMER (1644-1710) que dió en este sentido el paso decisivo, cuando en el Observatorio de Paris, reconoció algunas (aparentes) irregularidades en el movimien-

to de los satélites de Júpiter: parecía que cuando el planeta se alejaba de la Tierra, los satélites retardaban su curso y, por el contrario, lo adelantaban, al aproximarse el planeta a ella. En oposición a CASSINI, que pensaba en una verdadera variación de la velocidad de los satélites, RÖMER (1676) reconoció que ello se debía a la velocidad de la luz, que empleaba mayor tiempo en llegar cuando la tierra estaba más lejos, y llegó a calcular esta velocidad, que, como escribe HUYGENS, (quien reconoció y aceptó pronto esos resultados), "pour traverser tout le diamètre de l'orbe annuel, qui est le double de la distance d'icy au soleil, la lumière a besoin d' environ 22 minutes de temps". Otros acontecimientos importantes fueron: el reconocimiento por WILLEBRORD SNELL de la ley de los senos en la refracción; la observación (1669) de ERASMUS BARTHOLINUS (1625-1698), un coterráneo y un amigo de STEENSEN, de la doble refracción del espató de Islandia; y finalmente el descubrimiento de la "difracción" por el padre FRANCESCO MARIA GRIMALDI (1618-1663) cuya obra *Physico-mathesis de lumine*, fué publicada en 1665 por sus cofrades. Podemos agregar que su explicación de la radiación: "Dice iterum, hanc luminis radiationem ideo esse, quia illustratus aer tanquam novum luminosum, suam activitatis sphaeram instituit, ideoque lumen aliquod secundarium ab ipse produci multipliciter quidem, et per plures illas series", aparte el *aer*, es la concepción actual, pero que fué establecida sólo un siglo y medio después de GRIMALDI; no podemos, sin embargo, detenernos aquí en sus experiencias y teorías que hicieron adelantar mucho el desarrollo de la óptica, aunque GRIMALDI se detuvo largamente en la discusión (medieval) acerca de si la luz es una "substantia" o un "accidens". También la investigación de la trasmisión del sonido tuvo influencia sobre el estudio acerca la naturaleza de la luz. Aunque ya en la antigüedad se encuentra el sonido ligado a movimientos del aire; que STRATON, según ALEXANDROS de APROPDISIA, puede decirse que imaginó para él vibraciones longitudinales ("por el movimiento, como cuando el aire se compri-

me y luego se expande”); que se sabía que en el vacío el sonido no se trasmite (recuérdese las primeras experiencias realizadas en Roma con una campanilla, alrededor de 1640, entre el vacío que después se llamó torricelliano); aunque el padre MERSENNE se ocupase extensamente de música y del sonido y llegase a una medida aproximada de su velocidad (en el aire); es con NEWTON y HUYGENS, independientemente uno de otro, que se llegó a establecer una teoría del movimiento vibratorio y se reconoció de manera perfecta el fenómeno de las vibraciones longitudinales que producen en nuestros oídos la sensación de sonido. Pero si el sabio neerlandés, apoyándose en esta teoría, imaginó una teoría análoga en la óptica, el sabio inglés, después de un período de incertidumbre, volvióse a una doctrina diferente: la de la emisión (corpúscular). Estas dos teorías, oportunamente perfeccionadas, pero incompatibles entre sí, han dominado, ya una, ya la otra, hasta nuestros días; siendo ambas incapaces de explicar la totalidad de los fenómenos ópticos. ¿Lograrán las novísimas doctrinas de la actualidad superarlas a ambas con una fórmula única que pueda explicar todos los fenómenos de la óptica? Quizás es aún prematuro contestar en forma afirmativa.

La obra maestra de HUYGENS en la óptica es el *Traité de la lumière, où sont expliquées les causes de ce qui luy arrive dans la reflexion, & dans la refraction, et particulièrement dans l'etrange refraction du cristal d'Islande, avec un Discours de la cause de la pesanteur*, publicada en Leiden en 1690. Pero en su casi totalidad, la obra estaba ya lista en 1678, siendo leída en la Académie des sciences en julio de 1679. Él había “tant tardé à mettre au jour cet ouvrage” y “la raison est que je l'avois escrit assez negligemment en la Langue où on le voit, avec intention de le traduire en latin, faisant ainsi pour avoir plus d'attention aux choses”. Pero habiendo por eso y otras razones tanto demorado, optó por publicar de inmediato su escrito, con muy pocas modificaciones sobre la redacción primitiva. Con todo, sus estudios remontaban a muchos años antes de su comunicación a la Académie des sciences.



ces. Podemos además considerar al *Traité de la lumière* como la exposición casi completa de la teoría "ondulatoria" (como se la llamó después) propuesta por el sabio neerlandés y que fué pronto olvidada, hasta ser retomada y desarrollada nuevamente a principios del siglo XIX por THOMAS YOUNG (1773-1829) y AUGUSTIN FRESNEL (1788-1827), dominando esta nueva forma durante todo el siglo XIX. El *Traité de la lumière* se compone de seis capítulos. El primero, *Des rayons directement étendus*, considera a la luz como un movimiento, comparable al del sonido (que también estudia), pero que se realiza en un medio diferente: el sonido en el aire y la luz en una materia extremadamente sutil, pero de una dureza sin par y de una elasticidad perfecta: el (problemático) éter. Este éter será el fundamento y, al mismo tiempo, el punto débil y enigmático de todas las teorías ondulatorias. En él se propagan las ondas esferoidales secundarias y sus envolventes. El segundo capítulo trata de la reflexión y el tercero de la refracción, que se explican ambas perfectamente con su teoría, en especial la segunda mediante la diferencia de velocidades en medios distintos. El cuarto se ocupa de un tema muy importante, en especial para la astronomía: la refracción en el aire. El quinto de la doble refracción, de la cual da una explicación que es una verdadera obra maestra. "Quand j'ai vu que la supposition des ondes sphéroïdales", escribe LEIBNIZ a HUYGENS en octubre de 1690, "vous sert avec la même facilité à résoudre les phénomènes de la refraction disdiaclastique du cristal d'Islande, j'ay passé de l'estime à l'admiration". El sexto capítulo está dedicado a cuestiones de óptica práctica: *Des figures des corps diaphanes qui servent à la refraction et à la reflexion*. HUYGENS habría podido también ocuparse, mediante su teoría, de la difracción, mas no lo hizo; como tampoco tomó deliberadamente en consideración otras cuestiones, como la de los colores, que antes se conceptuaban como manifestaciones independientes de la naturaleza de la luz, pero acerca de las cuales ya HOOKE había realizado algunos estudios y que, como pronto veremos, NEWTON resolvió

de una manera simple y evidente. La razón por la que HUYGENS no desarrolló más su teoría, cosa que tampoco hicieron sus sucesores, fué quizá la carencia en esa época de un mayor desarrollo matemático de la cinemática y dinámica de los movimientos ondulatorios.

NEWTON, que ya se había ocupado en la construcción de telescopios y había perfeccionado el de reflexión inventado por JAMES GREGORY (1638-1675), se ocupó extensamente de óptica, experimental y teóricamente, a partir de 1670 aproximadamente. En 1672 publicó su primera memoria sobre la dispersión, pero el desarrollo completo de sus resultados se encuentra en la obra, *Opticks, or a Treatise on the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, publicada sólo en 1704; se dice que este atraso se debió a que él esperaba la muerte de HOOKE, quien, habiéndose también ocupado de óptica, habría podido reivindicar, como en otros casos, derechos de prioridad, dando lugar a polémicas que NEWTON aborrecía, aunque en verdad, aparte de algunas notables observaciones, las cuestiones discutibles no comprendían verdaderamente las novedades de NEWTON. Si bien algunas cuestiones de óptica se encuentran también en sus *Principia*, en especial el intento de someter los "corpúsculos" de la luz a la acción de la gravitación universal; de hecho los primeros y más importantes descubrimientos de NEWTON fueron los del espectro o dispersión de la luz. Con experiencias magistrales, empleando prismas convenientes y utilizando además los prismas "cruzados", observa que un rayo solar de luz blanca, es dispersado en varios (que él y comunmente se dicen: siete) rayos coloreados, es decir, en rayos que tiñen con esos colores a los objetos sobre los que inciden; y que estos rayos monocromáticos ya no sufren una nueva dispersión cuando atraviesan otro prisma. Además, con un experimento bien conocido, muestra como la luz blanca puede obtenerse por la síntesis de sus "siete" componentes. En el primer libro de su *Opticks*, NEWTON examina extensamente las cuestiones mencionadas. Este libro empieza con una declaración, parecida a la ya citada

de los *Principia*, que él no quiere hacer hipótesis, sino comprobar las propiedades de la luz con la experiencia y el raciocinio. Desgraciadamente (y ésta como otras observaciones similares en nada disminuyen el gran valor histórico y pragmático de la óptica de NEWTON), ya en la primera definición: “Por rayos de luz, entiendo sus partes mínimas, ya las que se suceden en las mismas líneas, ya las que son contemporáneas en líneas distintas”, y más todavía en la explicación adjunta, se revela la íntima convicción de NEWTON de ser la luz un fenómeno de naturaleza corpuscular. Después de las definiciones y de los 8 axiomas, que casi resumen lo que se sabía hasta entonces, empieza su admirable obra en el estudio del fenómeno de la dispersión, con el examen del problema de los colores; pero se encuentra con la dificultad, que solo roza, de los colores que no dependen, él dice, de la luz y que están en los cuerpos. Esta parte que considera a los colores, quizás la más valiosa de la *Opticks*, fué también la que hizo mayor impresión en el público científico en general. Pero tampoco en esto NEWTON logró dar cuenta de todo, y es famosa su afirmación, conocida como “el error de Newton” que la dispersión es proporcional a la refracción, error que implícitamente llevaba a afirmar que no era posible desacromatizar los telescopios, posibilidad que fué mucho más tarde (1757) prácticamente probada por el constructor londinense de instrumentos ópticos, el célebre JOHN DOLLAND y doce años después teóricamente por EULER. Otro error que se perpetuó por siglos fué el de suponer que la luz tenía mayor velocidad en los cuerpos más densos. En el segundo libro NEWTON comunica un nuevo y gran descubrimiento experimental (ya en parte e insuficientemente observado por HOOKE): la formación de anillos coloreados en estratos extremadamente pequeños (sirviéndose del contacto entre la superficie de un cuerpo diáfano plano y una esfera de radio muy grande, lo que le permitía calcular la microdistancia que había entre ambas superficies y su relación con cada anillo, coloreado u obscuro); él hizo también experiencias con luz blanca

y con luz monocromática, observando los anillos por reflexión y por transparencia. Midió cuidadosamente las leyes de la formación de estos anillos y observó fenómenos similares también en láminas muy delgadas (pompas de jabón); pero la teoría que él deduce, basada sobre la reflexión (en particular la reflexión total) y la refracción, no sólo no satisface, sino, en parte y por obra de NEWTON mismo, viene a contradecir su doctrina corpuscular. El fenómeno de la interferencia no fué explicado sino un siglo y medio más tarde por THOMAS YOUNG. Peor todavía, por su interpretación, son los fenómenos estudiados en el tercer libro: los de la difracción, ya descubiertos por el P. GRIMALDI y que NEWTON no quiere llamar con el nombre que le había dado su descubridor (y esto, quizá, por razones teóricas). Estos son fenómenos que contradicen el fundamento básico de toda la óptica geométrica: que los rayos luminosos siguen trayectorias rectilíneas (¡se había querido hasta definir la línea recta partiendo de un rayo de luz!). NEWTON continúa y extiende las experiencias del P. GRIMALDI; sin embargo trata de explicar su causa con la reflexión, imaginando una "inflexión" motivada por la atracción, por ejemplo, de las láminas de cuchillo o de otros cuerpos muy próximos entre sí, a través de los cuales pasa el rayo de luz. Cosa verdaderamente extraña, ¡esta atracción debía ejercerse no sólo cuando la luz pasaba por la fisura, sino todavía después! Es sólo al final del libro, en un largo resumen de los resultados logrados, que NEWTON menciona muy de paso a la doble refracción, donde (¡oh contradicción con la antigua óptica!) se encuentran también rayos refractados según una dirección que no pertenece al plano formado por el ángulo del rayo incidente y la perpendicular al plano (tangente) en el punto de incidencia. En esto también un progreso sólo se encuentra en ETIENNE LOUIS MALUS (1810), un corpusculista al cual debemos el nombre de luz polarizada y finalmente, con su explicación teórica completa (desde el punto de vista ondulatorio) en la obra sobresaliente de AUGUSTIN FRESNEL, al cual dedicaremos el número 88 de este *Sumario*.

Hemos dicho que NEWTON no afirmó explícitamente una teoría corpuscular. Por el contrario, quizás inconscientemente, quizás contra su voluntad, proporcionó todos los elementos para destruirla. Sin embargo él combatió ásperamente la teoría ondulatoria de HUYGENS. Pero los físicos del siglo que siguió al de la publicación de la *Opticks*, fueron más newtonianos que NEWTON y así, exceptuado un pequeño número de especialistas, que no podían ocultar sus dudas, la teoría pareció obtener una victoria indiscutida. Más adelante, al estudiar el surgimiento de la nueva óptica, deberemos estudiar estos acontecimientos. Observemos aquí solamente como esta teoría corpuscular ejerció su influencia sobre la química; con ella la luz no sólo era un "elemento", como lo encontramos en la tabla establecida por LAVOISIER, sino que también podía considerarse como un factor material en las reacciones químicas, formando verdaderos nuevos "compuestos" con las diferentes sustancias.

57.—El cometa de HALLEY (1680-82) y el movimiento de las estrellas fijas.

El "vir acutissimus et in omni literarum genere eruditissimus" (como se expresa NEWTON acerca de HALLEY), sin el cual puede decirse sin exageración, los *Principia Mathematica* quizás no hubiesen aparecido, tiene en la ciencia su nombre ligado al cometa que apareció en 1680 y que él, al regreso de una visita a Danzig al gran observador JOHANNES HEVELIUS (1611-1687), observó en París en el observatorio dirigido entonces por GIAN DOMENICO CASSINI (1625-1712). No es sólo por haberlo observado que HALLEY ligó su nombre a este extraño miembro del sistema solar; en 1705 él publicó *A Synopsis of Cometary Astronomy*, donde no solamente estudia y calcula las órbitas de 24 cometas, sino que reconoce que el cometa que llevará su nombre es el mismo que fué visto alrededor de la Pascua de 1305, que reapareció en el verano de 1456, fué observado por APIAN en 1531 y cuidadosamente

descripto por KEPLER y LONGOMONTANUS en 1607. Reaparecerá, ¡atención, astrónomos!, en 1758; efectivamente se le observó nuevamente a fines de 1758 y principios de 1759; después en 1835/6 y en 1909/10. Este cometa es el primero del cual se comprobó su órbita elíptica, calculándose la exactamente, y como está muy influenciada por Júpiter y Saturno, ha ofrecido así una de las más hermosas comprobaciones de la gravitación universal de NEWTON. Pero HALLEY no merece ser citado únicamente por su cometa, por su libro sobre los cometas y por la publicación de los *Principia*.

EDMUND HALLEY nació en London el 29 de octubre (8 de noviembre, n.e.) de 1656, y estudió en Oxford. Conocedor perfecto de muchos idiomas antiguos, se apasionó extraordinariamente por la astronomía. Conociendo el catálogo de estrellas de TYCHO BRAHE y sabiendo que JOHN FLAMSTEED (1646-1719) (precisamente designado en 1674 director del recién fundado Observatorio de Greenwich) preparaba una revisión de las posiciones de las estrellas observadas por aquél, decidió determinar las latitudes y longitudes de las estrellas del hemisferio austral, y, con la protección del rey y la ayuda financiera de su propio padre, pudo ir a Santa Helena, llevando consigo un gran telescopio, un gran sextante y muchos otros instrumentos astronómicos. No fué afortunado el año que permaneció allí (1676/7) por las malas condiciones meteorológicas de la isla; no obstante midió las posiciones de 341 estrellas australes, y pudo así en 1678 publicar el primer catálogo de estrellas medidas con el telescopio y pertenecientes a una zona aún no tomada en consideración. En 1698/1700 HALLEY se dirigió nuevamente hacia el hemisferio austral, y esta vez este hombre de tierra adentro desempeñó, con gran sorpresa, la función de capitán de navío, tarea que desempeñó brillantemente no obstante el mal humor y cierta sorda maledvolencia de sus oficiales, viejos lobos de mar. Sus campañas fueron dos y tenían el propósito de estudiar las variaciones magnéticas en el Atlántico, lo que le llevó a publicar, entre otras obras, una importante "Chart of the Variation". Él

hizo también otras observaciones y descubrimientos, llegando hasta el gran banco de hielo del Sur (a 52°30' de latitud) en busca de la Terra australis incognita; recorrió también las costas del Brasil, estuvo en Santa Helena, las islas del Cabo Verde, etc. Un nuevo crucero en 1701, más cerca de Inglaterra, tuvo el propósito de estudiar las leyes de las mareas y las variaciones geográficas de éstas. Sin poder detenernos tampoco en las más importantes obras científicas de HALLEY, recordemos que en 1718 comunicó a la Royal Society un trabajo de importancia extraordinaria: se anunciaba en él la "proper motion" de las estrellas fijas. Cuidadosas observaciones y comparaciones con medidas antiguas, le mostraron que Aldebarán, Sirio, Arturo y Betelgeuza, habían indudablemente cambiado de posición desde los tiempos de PTOLEMAIOS, hasta el suyo propio. En el caso de Sirio las variaciones eran ya perceptibles comparando con las medidas desde el tiempo de TYCHO BRAHE.

HALLEY tradujo en latín, además de algunas obras menores, los cuatro libros griegos de las *Cónicas* de APOLLONIOS, añadiendo comentarios y ampliaciones propias; los tres siguientes (desde el V hasta el VII) que nos han quedado sólo en traducción árabe, los tradujo de este idioma; y del último, el VIII, que parece irremediablemente perdido, hizo una inteligente reconstrucción, utilizando las pocas indicaciones que de él quedan todavía. Tradujo además otros matemáticos griegos. Por último HALLEY jugó un importante papel en la lucha por la prioridad del cálculo infinitesimal.

HALLEY fué miembro muy activo de la Royal Society, de la cual por muchos años fué además "clerk"; en 1703, a la muerte de JOHN WALLIS, fué nombrado en la Savilian Chair de astronomía de Oxford, ocupada antes por aquél; y por último, a la muerte de FLAMSTEED obtuvo la dirección del observatorio de Greenwich, que ocupó efectivamente desde mayo de 1621. En este cargo trabajó aún con entusiasmo juvenil, continuando la obra de FLAMSTEED que había elevado ese observatorio al primer rango entre sus contemporá-

neos. Tal categoría fué mantenida y aumentada por HALLEY, así como por su sucesor, el afamado JAMES BRADLEY (1693-1762), el descubridor de la aberración de la luz y de la nutación del eje terrestre, quien contribuyó mucho al desarrollo del observatorio y a la fama de Greenwich. HALLEY falleció en Greenwich el 14 de enero 1741/2 (n.e. 25 de enero 1742).

58.—El sexo de las plantas: R. J. CAMERARIUS (1694).

En un conocido bajorrelieve asirio, del siglo IX antes de nuestra era, vemos a un hombre que esparce sobre una palmera de dátiles hembras, el polen de las flores masculinas. Quince siglos más tarde, siempre en Oriente, MUHAMMAD habiendo visto a algunos árabes hacer la misma operación, la prohibió, diciendo que debía dejarse obrar a Dios, pero como ese año las palmeras no dieron frutos, el Profeta revocó su orden diciendo: "Vosotros sabéis mejor que yo, lo que conviene a vuestros intereses terrenales". Parecería por esto, que los botánicos debieran conocer desde entonces la sexualidad de las plantas, tanto más que además de las palmeras, en Oriente se practicaba la "caprificación" de las higueras. Encontramos en TEOPRASTOS una vaga mención a estas prácticas (en sus *Investigaciones sobre las plantas* = *Historia plantarum*, II, 6) donde habla de plantas "masculinas" y "femeninas", haciendo también referencia a las higueras; además en un pasaje interesante de PLINIUS (*Historia naturalis*, XIII, 4), tomado quien sabe de donde por el cuidadoso polígrafo romano, el concepto de sexualidad es aún más marcado: "Además se afirma que en un bosque (de palmeras) nacido naturalmente, las hembras no engendran sin los machos; alrededor de cada uno de los cuales se inclinan numerosas sobre él (el macho) con sus flexibles copas. Él, en cambio, irguiéndose con la suya, con el aliento y hasta con la vista y también con el polvo, se desposa con ellas. Si se corta este árbol, las hembras enviudadas se tornan estéri-



les. A tal punto llega la atracción amorosa que el hombre ha ideado hasta un coito artificial esparciendo a las hembras con las flores y la peluza de los machos, y a veces también con el polvo''; pero no se prosiguió más adelante y durante el Renacimiento las ideas son, en este sentido, menos desarrolladas, quizás porque en la Europa septentrional no crecían las palmeras, ni las higueras. Lo que encontramos en CESALPINO y en CLUSIUS, dista mucho de ser una concepción de la sexualidad; y MALPIGHI, a pesar del cuidadoso examen del desarrollo de la semilla, no tiene ninguna sospecha acerca de una posible fecundación. Sólo en GREW (y en MILLINGTON) y en RAY hay vagas menciones a una similitud entre plantas y animales; pero es recién RUDOLPH JACOB CAMERARIUS (1665-1721) quien comprendió de manera perfecta el nuevo problema, demostró experimentalmente la sexualidad de las plantas e identificó sus órganos sexuales. El resultado de sus estudios se encuentra en una monografía *De sexu plantarum epistola* que él dirigió en 1694 a VALENTINI profesor de botánica en Giessen. CAMERARIUS empieza por un examen de las flores, y particularmente de los estambres, de los cuales considera cuidadosamente (también con el microscopio) los vasos polínicos que, al madurar, dejan salir el polen. En las flores más comunes éste se vierte sobre el pistilo que se encuentra entre los estambres. Luego las hojas y los estambres se desprenden y caen mientras la parte debajo del pistilo empieza a hincharse y más o menos tarde produce el fruto. La manera como el polen penetra en el pistilo y lo fecunda, eso lo deja CAMERARIUS a sus sucesores. En algunas plantas (las monoicas y las dioicas) los estambres están tan lejos de los órganos que producen el fruto, que forman flores separadas. Son estas plantas las que CAMERARIUS observa con más cuidado y sobre ellas hace sus experiencias, impidiendo de varias maneras la fecundación, o utilizando la fecundación artificial. Uno de sus continuadores, JOHANN GOTTLIB GLEDITSCH (1714-1786) llegó a fecundar en Berlín (1751) una planta femenina de *Chamaerops humilis* con polen traído

de Leipzig, después de nueve días de viaje. CAMERARIUS experimentó principalmente con maíz, varios abedules, robles, alisos, moreros, ricino, etc.

LINNÉ aceptó totalmente la teoría de la sexualidad de las plantas y es sobre los órganos sexuales de éstas que él edificó su celebrada clasificación. Sin embargo él no contribuyó mucho al estudio directo de la sexualidad, si se exceptúa el trabajo *Sponsalia plantarum* que hizo publicar como disertación (1746) por su discípulo JOH. GUST. WAHLBOOM, y el trabajo propio *Disquisitio de sexu plantarum* que fué publicado en 1760 en las "Amaenitates academicae" de la Academia imperial de Petersburg. Quien, por el contrario, contribuyó a ilustrar ampliamente la cuestión de la sexualidad, fué, mucho más tarde, JOSEPH GOTTLIEB KÖLREUTER (1733-1806) con sus estudios sobre los híbridos y particularmente con su *Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen*, aparecida en 1761-1766.

59.—La idea de especie en los seres vivos, la búsqueda de clasificaciones naturales y las obras de JOHN RAY.

Ya en ARISTOTELES, en el estudio de los animales, aunque el propósito no aparezca directamente desarrollado, se puede reconocer una clasificación racional de los animales. Los históricos modernos han podido reconstruir así una tabla que muestra claramente el pensamiento de ARISTOTELES en ese sentido; puede verse esa tabla en mi *Histoire des sciences. Antiquité*, p. 278-280. Por razones inherentes al tema tratado, la clasificación botánica de TEOPRASTOS no pudo alcanzar un desarrollo similar, aunque pueden indicarse noticias concernientes a grupos de plantas que reunimos actualmente en familias. Sin embargo estas clasificaciones se fueron perdiendo, asumiendo un carácter clasificatorio principal, o las condiciones ecológicas, o las propiedades farmaco-

lógicas, u otras, hasta reducirse al simple orden alfabético de los nombres. En los primeros tiempos del Renacimiento, a parte del examen de las propiedades farmacológicas, el interés mayor se concentró en reconocer tanto en la naturaleza como en el lenguaje común, las plantas descritas por DIOSKYRIDES o por PLINIUS. Pero el gran número de nuevos animales y de nuevas plantas descubiertas con los viajes al Nuevo mundo y en los países orientales, hizo sentir la necesidad de recurrir a un orden sistemático y racional. Hemos visto ya como CESALPINO estableció una clasificación artificial, prelujiando en particular a la obra de LINNÉ. Pero deseábase también lograr una clasificación natural, según la cual las plantas (y los animales) estuviesen agrupados de acuerdo a su verdadera afinidad. Esto se realizó especialmente y previamente para los vegetales. A KASPAR BAUHIN (1550-1624) de Basel y desde 1588 profesor en aquella universidad, debemos un notable progreso en ese sentido. Sus obras *Phytopinax* (1596) y *Pinax theatri botanici* (1623) comprenden la descripción de más de 6000 *species* de plantas, que BAUHIN tiende a agrupar en *genera*. Es muy difícil, y aún no definitivamente resuelto en la hora actual, decir qué es un *genus*. Un criterio, establecido mucho más tarde que BAUHIN, afirma que animales o plantas de una misma especie engendran siempre seres de la misma especie; mientras que del acoplamiento de seres del mismo género pueden nacer híbridos, generalmente estériles. Así del caballo, del asno y de la cebra pueden obtenerse tales híbridos, mientras que de animales de género diferente, aunque muy semejantes (por ejemplo, caballos y tapires) en la gran mayoría de los casos no pueden engendrarse híbridos. Hoy se trata de explicar este hecho con la teoría de los cromosomas. K. BAUHIN vislumbró esta distinción entre especie y género, y así introduce, aunque no sistemáticamente, una nomenclatura binaria; que después será desarrollada e implantada definitivamente por LINNÉ. Un sabio, interesante por diferentes aspectos y actividades, fué JOACHIM JUNGIUS (o JUNG) (1587-1657) de Lübeck y muer-

to en Hamburg. Nada publicó en vida; algunos de sus manuscritos sólo fueron publicados en estos últimos tiempos y otros lo fueron poco después de su muerte, como *Doxoscopiae* (1662) y *Isagoge phytoscopica* (1670), obras que fueron siempre muy raras. Afortunadamente RAY cerca de 1660 pudo obtener un manuscrito de estas dos obras que lo impresionaron fuertemente; a través de él las ideas de JUNGIVS llegaron a LINNÉ. JUNGIVS es un verdadero genio clasificatorio, que usa ya una especie de nomenclatura binaria y toma los caracteres de las flores como criterio fundamental. Tiene también ideas claras sobre lo que hoy llamamos morfología, fisiología y ecología de las plantas.

De todos estos naturalistas el más importante fué JOHN RAY (quien hasta 1670 se firmaba WRAY). Nació en Black Notley (Essex) en 1627. Su padre era un simple herrero; probablemente su inteligencia precoz y sus rápidos progresos determinaron su envío, primero a escuelas superiores a las comunes, y luego, a cargo de un benefactor, a la universidad de Cambridge, donde obtuvo muy pronto la posibilidad de enseñar y así de inspirar a muchos de sus discípulos el amor por las ciencias naturales. Ahí conoció y trabó amistad con FRANCIS WILLUGHBY (1635-1672), en colaboración con el cual se propuso escribir una gran historia natural: la parte zoológica a cargo de WILLUGHBY, la botánica a cargo de él. Para este propósito ambos amigos hicieron largos viajes, no sólo por las islas británicas, sino también por todo el continente, corriendo los gastos por cuenta de WILLUGHBY, quien estaba en muy buenas condiciones financieras. En 1660 RAY publicó su primer trabajo: *Catalogus plantarum circa Cantabrigiam nascentium*, la primera "flora" con este significado. Más tarde tomó las órdenes religiosas, pero al aparecer (1662) el Act of University, RAY, disconforme, fué separado de la universidad y de la iglesia, retirándose a vivir muy humildemente, conformándose con la renta que, muriendo, WILLUGHBY le había dejado, pero trabajando incesantemente. Murió el 17 de enero 1705.

La muerte temprana de WILLUGHBY impidió a éste completar sus obras *Ornithologiae libri tres, De historia piscium libri quattuor, Historia insectorum*. Fué RAY quien las publicó (la primera también en inglés) completándolas y agregando notables observaciones y comentarios propios (la primera en 1676 y 1678, en este último año en inglés; la segunda en 1686; la tercera fué publicada después de su muerte en 1710). De sus estudios particulares poseemos *Synopsis methodica animalium quadrupedum et serpentini generis* (1693), *Synopsis methodica avium et piscium* (póstuma, 1713), *Methodus plantarum nova* (1682), su muy extensa *Historia plantarum* en tres volúmenes (1686-1704) *Synopsis methodica stirpium britannicarum* (2ª ed., 1696). Además de otras obras distintas, en su *Wisdom of God manifested in the work of the creation*, hizo dar un paso importante en la concepción de los fósiles como restos petrificados de especies ahora extinguidas. Es en todas estas obras, importantes también bajo otros puntos de vista, que encontramos muy desarrollada la tendencia de reunir las especies en grupos naturales, más o menos extensos. Así en la *Historia* encontramos las diferentes especies mencionadas (cerca de 18.600) agrupadas en 129 "secciones". En esta tarea RAY manifiesta que para obtener grupos naturales, no se debe tomar en consideración las propiedades de un sólo órgano, por ejemplo la flor o el fruto, sino todos los órganos en su conjunto. Un defecto de la clasificación de RAY fué mantener la distinción entre árboles e hierbas. Pero en las hierbas distinguió cuidadosamente, y a él se debe la introducción de estos nuevos términos, las monocotiledoneas y las dicotiledoneas; reconociendo además esta distinción también en los árboles, donde las palmeras y las dracenas representan las primeras. Entre las hierbas, pero con caracteres distintos, enumera las plantas "imperfectae" o (más tarde) "inferioris ordinis", entre las que se encuentran las algas, hongos, musgos, helechos, etc. También son notables sus clasificaciones en el reino animal. Se puede decir que encontramos aquí la primera y verdadera clasificación de los

vertebrados, basada principalmente sobre los dedos y los dientes. Mientras el naturalista inglés tuvo una gran influencia sobre LINNÉ, aunque éste marchó en una dirección algo diferente; en cambio determinó sin duda el rumbo que más tarde se liga con el nombre de ANTOINE LAURENT DE JUSSIEU (1748-1836).

60.—HERMAN BOERHAAVE; sus *Institutiones medicae* (1708), y su tratado de química. La universidad de Leiden hacia 1700.

Mientras en Inglaterra en las postrimerías del siglo XVIII y en los primeros decenios del nuevo siglo florecía, alrededor de la Royal Society, una brillante pléyade de sabios de magnitud extraordinaria, en el pequeño país nerlandés se desarrollaba una vida científica no menos intensa y grande, cuya influencia se extendía a toda Europa y más allá de ella. Hemos ya hablado de la portentosa figura de HUYGENS y de los geniales microscopistas de ese país, hablaremos más adelante de sus físicos de esa época y particularmente del papel ejercido por ellos en los progresos de la electrostática. El centro fulgurante y el foco de esos sabios fué entonces la universidad de Leiden, ya desde hacía mucho tiempo una de las más afamadas del mundo; su más genuino representante fué HERMAN BOERHAAVE. Hijo de un pastor protestante establecido en Voorhout, pequeño pueblo no muy alejado de Leiden, BOERHAAVE nació en él el 31 de diciembre de 1668. Después de iniciar sus estudios (especialmente en los idiomas clásicos) bajo la guía paterna, los continuó en Leiden, en escuelas secundarias y en la universidad. Él debía seguir la profesión paterna, pero interesándose mucho por la medicina, por la química y por la botánica, dió otro rumbo a su porvenir y, no sabemos con precisión por que, en vez de laurearse de médico en Leiden, ciudad en la que era favorablemente conocido, se doctoró el 13 de julio de 1693 en Harderwijk, Gelderland. Seguramente fué éste el único viaje, no muy extenso, que hizo

en su vida. Regresado después a Leiden para ejercer prácticamente su profesión, no se alejó más de ella, sino para dirigirse a su casa de campo en las cercanías de la ciudad, y es en Leiden que murió el 23 de setiembre de 1738. El curso exterior de su vida se narra en pocas palabras: en mayo de 1701 fué nombrado lector de medicina en la Universidad, en 1703 habiendo rechazado el ofrecimiento de una cátedra en la universidad de Groningen, las autoridades de la universidad leiden- se le aseguraron el nombramiento como profesor en la primera cátedra que quedara vacante, y así en 1709 obtuvo la de medicina y botánica; en 1718 ocupó también la de química; en 1729, después de varios períodos de enfermedad, debió abandonar, por esa causa, las cátedras de química y de botánica, hasta que, en 1737, después de otras interrupciones por enfermedad, tuvo que abandonar definitivamente la enseñanza, muriendo el año siguiente.

No se deben a BOERHAAVE nuevos descubrimientos en las ciencias por él profesadas, no obstante su influencia fué enorme y su valor, singular. Mucho de esto se debe a su carácter personal, de una simpática atracción ejercida sobre los demás, y a su habilidad didáctica verdaderamente extraordinaria. Además su ojo clínico y su comportamiento en la cabecera del enfermo tenían tal grado de excelencia que puede afirmarse que él es un renovador de la clínica médica. De todas partes de Europa acudían enfermos a consultarlo y como un siglo antes los estudiantes se dirigían hacia Padova a escuchar los grandes maestros de su universidad, así en los primeros decenios del siglo XVIII, todos los jóvenes que “prometían” acudían a Leiden para instruirse bajo la guía de un sabio tan celebrado y de algunos de sus colegas muy doctos como el anatómico BERNHARD SEGFRIED ALBINUS. No se exagera diciendo que BOERHAAVE fué “*communis totius Europae praeceptor*”. No nos extraña así que los médicos y naturalistas más afamados de la generación siguiente fuesen sus discípulos: ALBRECHT VON HALLER (1708-1777), GERHARD VAN SWIETEN (1700-1772), ANTON DE HAEN (1704-1776) HYERONIMUS DAVID GAUB (1705-

1780), JOHN PRINGLE (1707-1782), etc. Por intermedio de VAN SWIETEN, BOERHAAVE fué el verdadero padre de la escuela médica de Wien, que por mucho tiempo se convertiría en una de los más celebrados y eficaces centros de Europa; por intermedio del suizo HALLER su influencia se ejercería en Göttingen y en Suiza y siguiendo las huellas del maestro leidense se fundaría la nueva fisiología; otra escuela médica de alcances notables se constituyó en Edinburgh por colegas y discípulos de BOERHAAVE; la influencia de éste se ejerció también en Turquía; y, como muestra SIGERIST, fué preponderante en el desarrollo de la medicina norteamericana. Entre sus méritos no debe olvidarse la exhumación y publicación, ya citadas, de los escritos de SWAMMERDAM, la reimpresión de las obras de VÉSALE, y el apoyo que prestó el joven LINNÉ y que quizá determinó la vocación de éste y sus éxitos futuros.

BOERHAAVE fué un eclético, que tomó de todas partes lo que le pareció bueno, imprimiéndole un sello personal. Él deriva directamente de las tendencias y doctrinas del antiguo ἹΠΠΟΚΡΑΤΗΣ, y de las del "nuevo Ἱπποκράτης" como sus contemporáneos llamaron a THOMAS SYDENHAM (1624-1689), el eminente clínico y clasificador de las enfermedades. En la química sufrió la influencia de la obra y del espíritu de ROBERT BOYLE, y en parte también la de VAN HELMONT. En botánica conoció muy bien los escritos de RAY y continuó los esfuerzos de éste hacia una clasificación natural.

Sus escritos tienen un notable valor desde muchos puntos de vista. Llamado a dirigir el jardín botánico de Leiden, lo amplió e hizo de él uno de los más ricos de su época; para facilitar a sus discípulos el estudio, un año después de su nombramiento de profesor de botánica (1710) publicó una especie de manual: *Index plantarum, quae in horto academico Lugduno-batavo reperiuntur*, un pequeño opúsculo de 78 páginas; diez años más tarde (1720) encontramos un *Index alter plantarum quae in horto academico Lugduno-batavo aluntur*, con el que la primitiva obra se había transformado en un extenso libro de más de 600 páginas, en el que el autor consi-



dera particularmente la sistemática y cataloga 5800 especies, agrupadas en "familiae" y "gentes". Los méritos de BOERHAAVE, en botánica, no se limitan a esto, pero no podemos entrar aquí en más detalles. Muy extraño es el origen de su gran tratado *Elementa chemiae*, cuya primera edición es de 1732 y que después obtuvo muchas otras ediciones (sin variaciones) y traducciones. Con apuntes tomados en las lecciones de sus cursos en esta ciencia, un editor publicó, sin autorización, un volumen lleno de errores y deficiencias. Ante eso, BOERHAAVE se decidió a escribir y publicar un tratado que, como dice v. LIPPMANN, es la mejor y la más extensa (aproximadamente 1500 páginas en 4º) obra de esta naturaleza publicada hasta esa época. Tampoco aquí podemos entrar en detalles. Con sus *Institutiones medicae*, aparecidas por primera vez en 1708, BOERHAAVE no sólo crea el término *physiologica*, sino ofrece la primera exposición completa de esta ciencia, sacándola, como dice FULTON, de la nebulosa esfera de los aficionados para elevarla a la dignidad de una disciplina académica. Este mismo autor nos informa, dando todas las indicaciones bibliográficas, que estas *Institutiones* obtuvieron en el siglo XVIII 24 ediciones latinas y 11, en conjunto, en inglés, francés, alemán y neerlandés. Agrega que es probable que haya otras, pero que él no ha podido verlas. Un éxito no menor obtuvieron sus *Aphorismi*. Pero más que en obras impresas la obra médica de BOERHAAVE se manifestó en el hospital de Santa Cecilia, en sus lecciones clínicas en la cabecera del enfermo y en la sala de disección. Gran interés tienen también los numerosos discursos que pronunció en reuniones académicas solemnes.

Volviendo a lo que dije al principio de este número, repetimos que, a pesar de no haber hecho descubrimientos particularmente importantes, por su vasta cultura, por su mente clara y sistemática, por su eficacia como maestro, por su influencia sobre todo el mundo contemporáneo, en muchas ciencias y en sus aplicaciones, BOERHAAVE señala el final de una época y el principio de una nueva era.

ALDO MIELI

