RELACIONES CIENTÍFICAS ENTRE ESPAÑA Y AMÉRICA

José Luis Martínez Sanz

COLECCIONES MAPFRE 1492

La civilización indígena de América se deriva del tronco de las culturas del extremo oriente asiático; la española era heredera –a través de la grecolatina– de la cultura mesopotámica. Sin embargo, la ciencia y los conocimientos de los españoles les habían permitido cruzar el Atlántico, gesta imposible entonces para los amerindios. España, que había recibido y contribuido a la ciencia europea, fue la transmisora de las interrelaciones científicas entre el Viejo y el Nuevo Mundo. Desde el siglo XV al XIX, las ciencias más desarrolladas fueron las de la naturaleza; por eso, tras el descubrimiento de aquellas tierras se pasó a su exploración, descripción y clasificación, tarea en la que la contribución de los españoles fue muy importante. José Luis Martínez Sanz enfoca el estudio de las ciencias no como mero apéndice cultural, sino insertas en el desarrollo diacrónico de la Historia, y desde este planteamiento ofrece al lector una panorámica de las interrelaciones científicas entre España y América.

José Luis Martínez Sanz (Madrid). Doctor en Filosofía y Letras. Profesor Titular de Historia Contemporánea de la Universidad Complutense de Madrid. Obras: *Medio siglo de ciencia española: la Real Sociedad Española de Historia Natural, 1871-1921* (1982). «El enfrentamiento Romanones-Ratibor» en *Hispania* (1983), *La Comisión de Reformas Sociales* (colaborador).

Colección Relaciones entre España y América

RELACIONES CIENTÍFICAS ENTRE ESPAÑA Y AMÉRICA

Director coordinador: José Andrés-Gallego
Diseño de cubierta: José Crespo

© 1992, José Luis Martínez Sanz
© 1992, Fundación MAPFRE América
© 1992, Editorial MAPFRE, S. A.
Paseo de Recoletos, 25 - 28004 Madrid
ISBN: 84-7100-542-5 (rústica)
Depósito legal: M. 26948-1992
Compuesto por Composiciones RALI, S. A.
Particular de Costa, 12-14 - Bilbao
Impreso en los talleres de Mateu Cromo Artes Gráficas, S. A.
Carretera de Pinto a Fuenlabrada, s/n., km 20,800 (Madrid)
Impreso en España-Printed in Spain

JOSÉ LUIS MARTÍNEZ SANZ

RELACIONES CIENTÍFICAS ENTRE ESPAÑA Y AMÉRICA

EDITORIAL
MAPFRE

RELACIONES
CIENTÍFICAS
ENTRE ESPAÑA
Y AMÉRICA

ÍNDICE

Introducción 9

A modo de analogía 9
Objetivo y marcos referenciales de este libro 11
Significado y contenidos del concepto «ciencia» 17
Papel condicionante y manifestador de la ciencia 20
Periodización de la cultura amerindia 23
Periodización de la cultura hispana 27

Capítulo I. Ciencia y tecnología en España y América durante el siglo xv 31

Origen y evolución de la ciencia y la tecnología europeas del siglo xv 31
Origen, desarrollo y estado de la ciencia en la España del siglo xv .. 36
Inicio y desarrollo de la cultura y la ciencia en América 41
Estado de las ciencias en la América del siglo xv 48

Capítulo II. El siglo xvi: impacto del descubrimiento en Europa y América 57

Entre la leyenda y la realidad: llegadas precolombinas 57
La sorpresa de los descubridores 61
El impacto en América de la llegada de los europeos 66
La noticia del descubrimiento en España y en el Occidente cristiano 69
La ciencia en América y su influjo en Europa 77
La «ciencia nueva» y los cambios culturales y mentales en el siglo xvi 81
El trasplante de la ciencia europea a América 86

Capítulo III. La «revolución científica» del siglo xvii 97
Características del proceso de cambio en la ciencia y las mentalidades 97
Panorama científico de Europa en el siglo xvii 103
Los instrumentos materiales de la ciencia: la tecnología 113
Las sociedades científicas 116
Ciencia y tecnología en la España del siglo xvii 119
Las ciencias en América y su interrelación con Europa 129
Estelas en la mar 134

Capítulo IV. El «siglo de las luces» 141
Las «luces» del siglo xviii 141
Panorama de las ciencias en la Europa del siglo xviii 148
Técnica y tecnologías 163
Reformas y mentalidades en la España de los Borbones 171
Ciencia y tecnología en España 185
Reflejo en América de la ciencia hispanoeuropea 201

Capítulo V. Las grandes expediciones españolas 207
Situación de los territorios europeos en América 207
Ciencias, esperanzas e intereses 211
Grandes viajes y exploraciones 219
Las expediciones españolas 230
Análisis y valoración de las expediciones españolas 265

Capítulo VI. De las juntas y la independencia al «desastre del 98» .. 271
El siglo del progreso: pensamiento y mentalidades 271
Avances de la ciencia en el siglo xix 275
Industria y tecnología decimonónicas 292
Ciencia y técnica en España 297
Nuevas orientaciones en la ciencia hispanoamericana 317
Expediciones y viajes 322
Entre dos siglos: el inicio de la revolución científica actual 333

Apéndices 339

Bibliografía 341

Índice onomástico 359
Índice toponímico 371

INTRODUCCIÓN

A MODO DE ANALOGÍA

La literatura de ciencia-ficción es un género que no ha sido inventado en nuestro siglo, pues es conocido que Julio Verne lo utilizó en la pasada centuria y otros autores en tiempos pretéritos; pero es en nuestros días cuando más auge social ha encontrado, hasta el punto de convertirse en uno de los géneros más cultivados en el cine, la radio, la televisión, la novela e incluso en los tebeos infantiles, ahora llamados comics.

Entre los temas típicos de este género literario hay uno muchas veces repetido: el de la llegada de extraterrestres a nuestro planeta, ya sea en forma pacífica de contacto, ya sea en forma agresiva de invasión; a este respecto, es bien conocido el impacto que produjo la famosa emisión de Orson Welles [1]. Siempre que se habla de este tema, tanto si es para rechazarlo por imposible como si es para especular sobre él, el gran público y los científicos coinciden en que tal presencia

[1] En los comienzos de su carrera, el famoso actor y director cinematográfico G. Orson Welles (1915-1985) tuvo que dedicarse a la radio, que utilizó —con su singular genio— como un medio de expresión de su arte. Alrededor de 1939 realizó una emisión radiofónica sobre *La guerra de los mundos*, de H. G. Wells, con tal realismo que parecía transmitir en directo la invasión de la Tierra por naves extraterrestres; su genio y la verosimilitud que imprimió a aquella retransmisión provocó una ola de pánico en los EE.UU.: en varias ciudades, la calles quedaron colapsadas durante horas por un público enloquecido que huía de lo que consideraba un desastre nacional y planetario. A pesar de las protestas y las numerosas críticas que aquel hecho recibió, fue el origen y base de su posterior fama de narrador, actor y director de cine.

supondría una civilización muy adelantada y superior a la que hoy tienen las naciones más avanzadas de nuestro planeta: un viaje de estas características implicaría superar barreras y problemas que, hasta ahora, la ciencia humana considera insalvables o, al menos, no está en condiciones de superar ni resolver. Justamente lo que ocurrió hace cinco siglos fue algo análogo o similar a lo que los ufólogos denominan como «encuentros en la tercera fase».

En 1492, unos seres extraños, a los que —por si fuera poco— los incas de Perú tomaron como *viracochas* o los esperados *dioses hijos del Sol*, llegaron a unas costas —también para ellos desconocidas— y produjeron el encuentro de dos civilizaciones, de dos sociedades que mutuamente se desconocían. Lucena Salmoral lo ha descrito [2] espléndidamente:

> El 12 de octubre de 1492 se realizó en la isla de Guanahaní o San Salvador el encuentro de dos culturas, pertenecientes a complejos evolutivos diferentes. Una de ellas era la cultura española, eslabón occidental del viejo tronco euroasiático-africano. La otra era una cultura formativa de las Lucayas, jirón oriental del bloque amerindio. Los hombres de una y otra cultura se contemplaron asombrados, anotando diferencias en sus cuerpos, en sus lenguas y en sus objetos. Los indígenas miraban las barbas de los españoles y pasaban sus manos por los filos de las espadas de acero, produciéndose cortaduras. Los españoles observaban aquellos cuerpos desnudos y pintados, pasando sus manos por los cabellos de los naturales, que les parecían colas de caballo [3].

En efecto. La civilización indígena de las Lucayas (y de toda América) era una cultura formativa amerindia, y se derivaba del fecundo tronco de las culturas del extremo oriente asiático; por su lado, la es-

[2] Véase la conferencia de M. Lucena Salmoral, «Las culturas precolombinas», en *Descubrimiento y fundación de los reinos de Indias (1475-1560)*, Madrid, Colegio de Doctores y Licenciados, 1988, p. 97 y ss. El párrafo escogido es, a su vez, una cita de «La evolución del mundo indígena», introducción que dicho autor escribió para uno de los tomos de la *Historia General de España y América*, que editó la editorial madrileña Rialp.

[3] Las mutuas impresiones que se causaron españoles y nativos, los primeros momentos de contacto, y la descripción de las vivencias de aquellos asombrados indios, están reflejados de forma bella y expresiva —aunque con precisión y exactitud— en la novela de E. René, *Inca. Las alas rotas del cóndor*, Barcelona, Ed. Martínez Roca, 1982.

pañola era heredera (a través de la grecolatina) de la vieja cultura mesopotámica. Pero, evidentemente, unos y otros tuvieron algo claro desde su encuentro: la civilización que llegaba (la hispana) era superior a la autóctona (la amerindia). No se trataba sólo de las extrañas armas, la ruidosa pólvora y los desconocidos caballos: la ciencia y los conocimientos de los españoles habían permitido a éstos cruzar el Atlántico de este a oeste. Aquella gesta o aventura era imposible entonces para los amerindios.

Y así, desde el inicio de la presencia europea en América, quedó marcada la principal característica cultural de la mutua relación entre ambas sociedades, la *descubierta* y la *descubridora* que, además, se iba a instalar allí durante 300 años: ésta se mostraba superior —incluso la cultura autóctona así lo admitía— y se proponía apoderarse, conocer y estudiar el nuevo mundo recién descubierto, así como evangelizar a sus gentes. Es evidente que el fenómeno religioso de la *evangelización* conllevaba como consecuencia el fenómeno supuestamente civilizador de la *aculturación*, que es como se denomina la recepción por un pueblo o grupo social (que se supone «inferior») de formas culturales procedentes de otro (presuntamente «superior»), que sustituyen de un modo más o menos completo a las propias.

Realmente, y hablando con más precisión y propiedad, no puede decirse que la sociedad española ni su cultura fueran totalmente superiores, ni las amerindias absolutamente inferiores: simplemente eran *distintas*. En realidad, unos y otros tenían ciertos conocimientos, características y limitaciones: sólo que no eran los mismos para ambos. Así, por ejemplo, los aztecas superaban a los españoles en astronomía, mientras que éstos sobrepasaban a aquéllos en otras ciencias y tecnologías. Pero los hechos posteriores no se desarrollaron de acuerdo con estas premisas culturales, sino con las señaladas en el párrafo anterior, más cercanas al sistema de legitimación proveniente del «derecho de conquista» medieval.

Objetivo y marcos referenciales de este libro

El propósito de este libro es exponer la ciencia hispánica y mostrar las mutuas relaciones científicas y técnicas entre ambas sociedades, la peninsular y la americana. Para ello debemos delimitar los cuatro

marcos básicos de referencia: el lugar, el tiempo, la temática y la actitud metodológica que van a reflejarse aquí. Respecto al ámbito espacial, nos fijaremos, por un lado, en la sociedad española dentro de su contexto cultural y científico de la Europa occidental; por otro lado, trataremos de las sociedades amerindias e iberoamericanas, ya que las francesas y anglosajonas del norte siguieron otros rumbos culturales y políticos totalmente distintos. A pesar de esto, mencionaremos sus hechos más destacados porque, al fin y al cabo, forman parte del mismo tronco y espacio americano.

En lo tocante al ámbito temporal, estudiaremos aquí la interrelación científica y tecnológica de ambas sociedades desde el momento de su encuentro hasta 1898, año en que, oficial y diplomáticamente, desaparece la presencia española en aquel continente. Otro libro de esta colección tratará de la nueva presencia científica española desde 1939, tras nuestra guerra civil, que prolonga hasta tiempos muy recientes nuestra presencia cultural en América y la relación entre las sociedades —y las culturas— iberoamericanas e hispana. Este interesante tema, con tantas imbricaciones propagandísticas, doctrinales y políticas, es objeto de otro estudio, por lo que aquí debe quedar orillado. Por ello, nuestro límite queda situado en 1898.

En lo que al ámbito temático se refiere, haremos un breve repaso de la cultura, la ciencia y la tecnología de cada una de las dos sociedades, así como de la difusión de la ciencia europea en América, y del influjo que América y su naturaleza ejerció en la ciencia europea, incluida la española naturalmente. La cuestión planteada es precisar qué ciencias y técnicas, entre todo el complejo entramado de saberes que denominamos «ciencia», son las que aquí debemos estudiar.

La cuestión más espinosa para un historiador español es la actitud metodológica con la que abordar la ciencia española y su repercusión en América, y hacer sobre ella una síntesis seria y concisa, a la vez que escrita con precisión, en la que se exponga sistemáticamente lo que en el campo de las ciencias han realizado los españoles, tanto en relación con Europa como con América. Exactamente eso es lo que en este libro se pretende. Por ello recogemos en esta exposición, y lo hacemos constar para mejor información del lector, una recomendación metodológica que a los historiadores de la ciencia ha ofrecido el profesor López Piñero:

> ...La polémica en torno a la llamada «cuestión de la ciencia española» puede entenderse como una toma de conciencia por parte de distintas minorías en tres momentos clave: la Ilustración, la segunda mitad del siglo XIX y el período de entreguerras. La polarización de las posturas adoptadas responde a la proyección de imágenes *a priori* procedentes de ideologías bien conocidas; y a veces se olvida que, por razones opuestas, ambas posturas han significado un grave obstáculo para el desarrollo de la investigación histórica sobre la ciencia en España:
>
> — La postura «panegirista» trata de justificar las mismas estructuras e ideas que la pesimista intenta invalidar. La principal arma utilizada por ella ha sido, casi siempre, la acumulación de autores y de obras al margen de toda crítica, llevando la interpretación histórica a los más pintorescos excesos.
>
> — La postura «pesimista», aparentemente más crítica, se ha limitado de hecho a entonar lamentaciones de todos los matices, sin realizar el menor esfuerzo por aclarar la realidad histórica y objetiva, cuyo desconocimiento ha sido su gran argumento.
>
> — La postura hoy vigente, por el contrario, exige una prolongada tarea de investigación realizada desde los supuestos y los métodos de la historia social de la ciencia. Es ineludible estudiar los materiales reunidos anteriormente... aunque procedan de la metodología panegirista de las «grandes figuras».

La advertencia de este maestro debe ser tenida muy en cuenta por quienes hacen historia de la ciencia o son aficionados a ella. Sus palabras exponen claramente la situación de los estudios sobre historia de la ciencia que se hacen en España, aunque esta clasificación o diferenciación de posturas se haga exagerando las características de cada una de ellas. Esto mismo permitiría hacer alguna aclaración a sus afirmaciones que, por lo demás, son totalmente acertadas; pero no es éste (un volumen de divulgación) el lugar más indicado para establecer una polémica ni hacer precisiones metodológicas o valoraciones críticas sobre este asunto.

Ciertamente hay autores que, por circunstancias personales o de convicción política, han tomado posición en una de las dos primeras líneas. Los «pesimistas» proclaman las carencias y casi inexistencia de la ciencia en España, contribuyendo así a ese infundado y absurdo complejo de inferioridad nacional; por su lado, los «panegiristas» exa-

geran la realidad y pretenden convertir a su patria en la fuente de todos los adelantos; y entre los que siguen la tercera vía, hay algunos tan desorientados e ineptos que confunden lo que recomienda el insigne profesor valenciano («hacer historia de la ciencia con los métodos de la historia social de la ciencia») con hacer historia de la ciencia con la ideología partidista de la *Historia social de la ciencia* de J. Bernal (quien, fuera de su ideología economicista, es un gran autor).

Pero, además de esos tipos de autores hay otros. El primero lo forman los incoherentes: aquellos que dicen seguir una metodología histórica con seriedad, sin posiciones extremadas (ni panegirismo ni pesimismo), pero cuyos escritos rebosan pesimismo y descalificaciones para todo lo que sea español, así como elogios a todo lo foráneo. Son los que dicen una cosa, pero de hecho hacen otra: «No es lo mismo predicar que dar trigo», que dicen los campesinos. El segundo tipo está compuesto por aquellos que conocen los temas científicos, pero no saben historia: aunque la leen, no la *aprehenden*. Estos autores, cuando intentan hacer historia de la ciencia, se dedican a ubicar ciertos hechos científicos en el tiempo; siguen la documentación y son fieles a la letra sin conocer el espíritu y mentalidad que hay detrás, ubican pero no sitúan, no pueden interpretar ni valorar porque no comprenden la situación histórica objetiva. Creen hacer historia de la ciencia, pero acaban haciendo historieta. Y es lógico: no es lo suyo.

Por eso tiene razón López Piñero: hay que hacer historia de la ciencia con metodología histórica, teniendo en cuenta que la historia es una ciencia social por su misma esencia. Y hay que hacerla sin prejuicios ni posturas previas, con seriedad, honradez y objetividad. Los campesinos, que conservan entre sus conceptos y refranes la vieja sabiduría nacida del sentido común, dicen que hay dos clases de hombres: situados ante un vaso al que se ha echado un líquido hasta la mitad, hay hombres que dicen que «está medio lleno», y hay otros que dicen que «está medio vacío». Sin embargo, los dos ven lo mismo aunque adopten distinta posición. A muchos historiadores de la ciencia, la política, las ideas y la economía se les podría aplicar eso mismo con toda justicia.

En este libro, sólo se pretende exponer y sintetizar lo que en muchos libros y artículos se da por sabido, pero que —en realidad— sólo es conocido por unos pocos: los orígenes, contenidos, influencias y estado de la ciencia española en cada época, estudiándola en su contexto

europeo y mostrando su proyección en América. Y se ha intentado hacerlo de forma breve y concisa, pero sistemáticamente y con precisión, usando un lenguaje sencillo y comprensible para todos, ya sean historiadores y universitarios, ya sean aficionados y público culto en general. Por eso, en estas páginas se ha buscado expresamente seguir la recomendación de López Piñero, con tal objetividad y seriedad que, ante el vaso antes mencionado, aquí sólo se diga sencillamente que su nivel está por la mitad.

Además de esos cuatro marcos de referencia, es necesario hacer algunas matizaciones más para mejor entender los objetivos y contenidos de estas páginas. Ciertamente, el problema real de este tema es que España no es un país al que se le pueda considerar modelo difusor de ciencia (aunque sí de una peculiar cultura), ni tampoco tiene una tradición científica propia y claramente diferenciada. Por el contrario, fuera del pensamiento especulativo de los siglos XV y XVI, España ha bebido, y a la vez también ha contribuido con su aportación, en las fuentes de la ciencia europea. ¿Puede, entonces, hablarse de «interrelaciones científicas entre España y América»? Parece más lógico y apropiado matizarlo mejor hablando de interrelaciones científicas entre el Viejo y el Nuevo Mundo a través de España.

Por otra parte, una segunda matización debería recordar que España conoció en el siglo XIX, con repercusiones en el XX, una polémica sobre la ciencia española, que ha hecho correr mucha tinta y levantado actitudes muy apasionadas. La idea hasta ahora más general es que el balance final de la aportación española a la ciencia ha sido, si no negativo, sí poco relevante; esta valoración peyorativa, aparecida durante el siglo XIX en Centroeuropa [4], ha calado en los mismos españoles. Sin

[4] Una muestra de esa actitud centroeuropea que minusvalora la aportación española a la ciencia en los tiempos modernos, puede verse en una serie de conferencias del filólogo e hispanista alemán, K. Vossler (1872-1949), estudioso de las vidas y obras de Lope de Vega y fray Luis de León. Estas conferencias, tituladas «Trascendencia en Europa de la cultura española», fueron publicadas en 1930, en el vol. 8 de la *Deutsche Vierteljahrschrift für Literaturwissenschaft und Geitesgeschichte*. En una de ellas decía: «Lo mismo que ante la antigüedad y ante la lengua, España mantiene también ante la Naturaleza su vieja actitud prudente y desconfiada, y la defiende con redobladas fuerzas. En el resto de Europa, desde finales de la Edad Media, todo movimiento nuevo se iniciaba con una vuelta a la Naturaleza... España siguió sólo estas huellas de una manera retardataria, pues su especial manera de ser y su propia grandeza no residen en esto. Cuando los españoles, como el cosmógrafo Alonso de Santa Cruz, el botánico Cavanilles, el viajero e in-

embargo, no es exacta, por lo que debería ser revisada y matizada, dando mayor publicidad a lo que muy pocos conocen, y distinguiendo entre los ámbitos científicos en los que la aportación española sí ha sido más escasa, y aquellos otros en los que fue mucho más relevante y produjo consecuencias de mayor entidad.

Existe, además, un factor condicionante de tipo temporal. La presencia española en Hispanoamérica abarca desde el siglo XV al XIX; en esos siglos, las ciencias que lógicamente más se desarrollaron fueron las de la Naturaleza en todos sus ámbitos (astronómicos, naturalistas, médicos, zoológicos y botánicos). Por eso, tras el descubrimiento de aquellas tierras nuevas, se pasó a su exploración, descripción y clasificación; estas labores taxonómicas son sólo básicas en la ciencia, y es en ellas donde la contribución de los españoles de la Península y de América fue verdaderamente importante durante todo ese período.

Una cuarta matización es no olvidar que, tras la culminación en el siglo XIX de las ciencias naturales con la teoría de la evolución de Darwin, el mundo entraba decididamente en otra etapa científica: en ella, el predominio iba a corresponder a la física y la química. Nuestra civilización actual se funda en los descubrimientos de ese período, y a ellos poco ha podido aportar España; por otro lado, en ese período ya no existe apenas presencia española en América. De estas circunstancias se deduce que, respecto a la temática de este libro, podremos fijarnos en las ciencias generales y en las relacionadas con la Naturaleza: al conocimiento que sobre las tierras del Nuevo Mundo adquirieron los españoles y a lo que ese conocimiento aportó a la ciencia europea de ese ámbito. Otros ámbitos científicos y técnicos más recientes quedan ya fuera de contexto.

Hay una matización o advertencia más a tener en cuenta. Este libro ha sido escrito no sólo para lectores españoles e hispanoamerica-

vestigador Antonio de Ulloa y el neurólogo Ramón y Cajal se distinguen en sus especialidades, no son más que brillantes excepciones que vienen a confirmarnos la regla de que el español trata mejor con Dios y con sus semejantes, en lugar de confiarse a la Naturaleza, y de que sabe mejor dominar que obedecer; pensar, soñar y escribir que investigar la callada evolución de la Naturaleza y sus secretos. Y también que, en la Naturaleza, lo que más le interesa es lo maravilloso que hay en ella, mucho más que lo natural». Frente a esta actitud, López Piñero aconseja seriedad y profesionalidad, exenta de actitudes panegiristas o sistemáticamente negativas, en el estudio de la historia de la ciencia española: *Historia y sociología de la ciencia en España*, Madrid, Alianza, 1979, p. 14.

nos, sino también para otros lectores poco conocedores de la cultura hispana. Por ello, se recogen y tratan en él algunos precedentes y aspectos que quizá resulten conocidos a un sector de lectores, pero que es necesario tratarlos porque son poco conocidos —o incluso ignorados— por el público más numeroso. Además, los destinatarios de esta colección no son únicamente los estudiosos y especialistas, sino también el público culto, poseedor en nuestros días de una curiosidad mayor y unos conocimientos más extensos y profundos que antes: nuestra civilización, en la que tanta importancia han tomado los diferentes medios de información audiovisuales, ha conseguido multiplicar el volumen y la calidad de nuestros conocimientos. Por eso se han procurado explicar los diferentes aspectos y contenidos científicos con un lenguaje sencillo, claro y fácilmente comprensible, dada la aridez del tema científico para los no especialistas.

Finalmente, alguien podría cuestionarse la relación entre la ciencia y las conmemoraciones del V Centenario del descubrimiento de América, así como preguntarse sobre la influencia de la ciencia en la historia y en las sociedades humanas, puesto que ésta es una colección de historia y cultura. Por ello, es necesario y oportuno hacer ahora algunas precisiones o matizaciones antes de que el contenido mismo del libro evidencie la importancia, trascendencia e influjo que América y su rica naturaleza han ejercido en la historia de la ciencia.

Significado y contenidos del concepto «ciencia»

Habitualmente definimos la ciencia como el conocimiento de un tipo de fenómenos junto con el de las causas que los han originado. Respecto a los fenómenos que producen admiración, es sabido que, desde los inicios de la Humanidad, lo que despertó la curiosidad de los primeros hombres (y aún hoy sigue despertando las primeras curiosidades de nuestros niños) fueron los fenómenos o manifestaciones de la Naturaleza; y no sólo los espectaculares y extraños, sino también los más normales y cotidianos.

Los escolásticos medievales definieron la ciencia como «el conocimiento cierto de las cosas a través de sus causas o principios». Esta visión causal suponía la existencia de unas leyes a las que cualquier fenómeno concreto, la cosa estudiada, estaba sujeto. Como postulado

o axioma decían que esas leyes eran inmutables, puesto que habían sido establecidas por Dios al crear el mundo: por ello, conociendo las causas de un fenómeno, se tenía la certeza de poseer la ciencia de aquella disciplina o tipo de fenómenos. Este tipo de conocimiento científico se adquiría, normalmente, por la observación y experimentación de las supuestas causas, y producía una certeza basada en el principio lógico de no-contradicción: una cosa no puede ser algo y su contrario al mismo tiempo y bajo el mismo aspecto.

En nuestros días, aunque pueda discutirse el significado y los contenidos del concepto «ciencia», lo que sí es claro —y así es aceptado por todos— es que la base del conocimiento científico descansa en el principio de verificación: una teoría o ley científica es válida en tanto en cuanto funcione como tal, y así es mantenida y usada hasta que otra teoría o ley científica venga a sustituirla, mejorarla o mostrarse más operativa.

Por ello, es inútil hacer una definición de la ciencia. Es tan antigua, ha sufrido tantos cambios y malos entendidos a lo largo de la historia, está tan encadenada en cada época al resto de las actividades sociales, que cualquier tentativa de definición —y ha habido muchas— sólo podría expresar inadecuadamente uno de sus muchos aspectos. El propio Einstein lo señaló hace ya muchos años:

> La ciencia, como algo existente y complejo, es la cosa más objetiva que puede conocer el hombre. Pero la ciencia en su hacerse, la ciencia como un fin que debe ser perseguido, es algo tan subjetivo y condicionado psicológicamente como cualquier otro aspecto del esfuerzo humano, de modo que la pregunta ¿cuál es el objetivo y significado de la ciencia? recibe respuestas muy diferentes según las diversas épocas y los grupos de personas que respondan [5].

La ciencia, pues, puede describirse y estudiarse como institución, como método, como una tradición acumulativa de conocimientos, como agente decisivo en el mantenimiento y desarrollo de la producción, y como uno de los factores más influyentes en la configuración de las creencias y las actitudes hacia el universo y hacia el hombre. En

[5] A. Einstein, *Cómo veo al mundo*. Aunque está editado en Buenos Aires por la editorial Siglo XXI, este libro es una traducción del original, que fue publicado en inglés en 1935.

nuestros días, la ciencia aparece para el vulgo como una actividad extraña y cerrada, altamente especializada, llevada a cabo por una clase también especial de personas: los científicos. Bernal [6] nos recuerda que este término no es demasiado viejo, pues ya fue usado por Whewell, en 1840, en su *Philosophy of Inductive Sciences*: «Realmente —decía— necesitamos un nombre para designar al cultivador de la ciencia en general. Yo me inclinaría a llamarle científico».

Lo que sí hemos de subrayar aquí es que, de hecho, la ciencia y la sociedad actúan recíprocamente, una sobre otra, de muchos y muy diversos modos. La tendencia a cargar el acento en una u otra ha suscitado recientemente discusiones sobre sus mutuas relaciones. Así, para estudiar la influencia de la ciencia en la sociedad, es corriente empezar fijándonos en descubrimientos importantes; recordemos, como ejemplo, el hallazgo de las ondas electromagnéticas: primero fueron previstas teórica o hipotéticamente, luego se verificaron en los laboratorios científicos, a continuación se experimentaron técnicamente y, finalmente, pasaron a formar parte en nuestra vida diaria en forma de aparato de radio. Pero éste no es el único modo en que la ciencia se desarrolla y afecta a la sociedad; ni siquiera es el más importante.

En realidad, lo habitual es que el científico comience advirtiendo el éxito o fracaso de algún artificio práctico; luego, deseando mejorarlo, investigará en él descubriendo a veces cómo hacerlo funcionar mejor, o encontrando algo distinto a lo que esperaba. De hecho, así se ha llegado a múltiples inventos, e incluso a crear nuevas ramas de la ciencia: así, por ejemplo, la termodinámica nació del estudio de la máquina de vapor. Por ello, lo importante es que la experiencia práctica común funciona como un motor de interés científico, de modo que puede seguirse el proceso de la ciencia en términos de los campos de interés general técnico y económico sucesivamente cambiantes.

Ciertamente, en el pasado se han olvidado o descuidado mucho en los libros de historia los efectos de la ciencia en la sociedad, en la vida humana; incluso todavía en nuestros días son tratados de modo superficial o erróneo. Esta aberrante situación se debe a que la mayor

[6] Bernal, John D., *Historia social de la ciencia*, 2 vols., Barcelona, Península, 1967. La edición original inglesa de esta obra fue publicada en 1954, y corregida y aumentada en la de 1964: esta última es la que ha sido traducida y editada en España. Véase el vol. 1, pp. 28 y ss.

parte de los historiadores profesionales no han tenido casi nunca la aptitud o la cualificación necesaria para explicar (o, al menos, dar noticia de ellas) las contribuciones e influjos de la ciencia en la historia social; por su parte, los científicos que han escrito la historia de su disciplina se han ocupado muy poco de las grandes consecuencias histórico-sociales del desarrollo de esa disciplina.

En los libros de historia [7] ha existido siempre, y todavía se da en nuestros días, una tendencia a considerar el estado de la ciencia al mismo nivel notificador que el de la literatura o el del arte, tratándolo como una especie de apéndice cultural del enfoque político, sociológico o —como todavía se sigue haciendo— económico de cada período histórico. Por el contrario, se necesita una reflexión y constatación sobre las aportaciones de la ciencia a la técnica y al pensamiento, lo cual mostraría plenamente justificada su inserción en el desarrollo diacrónico de la historia.

En la medida en que aún no se ha llegado a ello, el carácter histórico esencial —su elemento evolutivo e irrepetible— de la ciencia está ausente en casi todos los libros o exposiciones históricas. Y dado que estas características claramente progresivas no pueden ocultarse, el historiador se encuentra ante varias alternativas: puede negarse de plano a explicarlas, puede dar una explicación mística basada en la divina providencia, o en una presunta ley del desarrollo y decadencia de la civilización del tipo sugerido por Spengler y Toynbee. Sólo a la luz de la ciencia podremos comprender el carácter irreversible y generador de novedad que tienen los sucesivos pasos hacia adelante típicamente históricos, esos pasos que conocemos con el nombre de «progreso».

Papel condicionante y manifestador de la ciencia

Como ha señalado J. Bernal [8], la ciencia influye en la historia de dos maneras. La primera es originando cambios en los medios y mé-

[7] Una agradable excepción a este desafortunado vacío científico en los libros de historia la ha marcado desde antiguo el maestro de historiadores, hoy ya emérito, V. Palacio Atard. En este sentido, véanse sus obras *Edad moderna* y *Edad contemporánea*, vols. III y IV respectivamente del *Manual de Historia Universal*, Madrid, Espasa- Calpe, 1959 y 1960.

[8] Bernal, *op. cit.*, p. 54.

todos de producción. Así, partiendo de una técnica rudimentaria, se llegó al nacimiento de la ciencia: una vez que se ha encontrado un modo de mejorar las técnicas, mediante la utilización de un pensamiento organizado, ordenado por la lógica y verificado por la experimentación, queda abierto el camino para una influencia indefinida de la ciencia en los métodos de producción. Éstos, a su vez, afectarán a las relaciones entre los productores, teniendo por ello una enorme influencia en los acontecimientos sociales, económicos y políticos.

La segunda manera es mediante el impacto de los descubrimientos, ideas y postulados científicos en la ideología de la época, en las mentalidades de las gentes. Este influjo viene desde antiguo porque, una vez que han sido formuladas, las ideas científicas se integran en el fondo común del pensamiento humano. Así, los grandes cambios que han tenido lugar en la Antigüedad, en el Renacimiento y la Época Moderna sobre la concepción humana del universo, y sobre el lugar y función que en él corresponde al hombre, se han debido casi exclusivamente a la ciencia.

Por ello, el nuevo «reino de la ley natural» inaugurado por Galileo y Newton parecía justificar, al mismo tiempo, el retorno a un simple deísmo en materia religiosa, el *laissez faire* económico, y el liberalismo político. La selección natural de Darwin, pese a haberse originado a partir de esa ideología liberal, fue utilizada a su vez para justificar la más cruda explotación y sujeción racial [9], según el principio de «supervivencia del más fuerte». Por el contrario, una comprensión más profunda de la evolución ha servido para hacer claro el camino por el cual, a través de la sociedad, el hombre puede trascender los límites biológicos de la evolución animal y lograr una evolución social más profunda, dirigida conscientemente.

A este respecto conviene recordar que la humanidad ha tenido siempre lo que Bernal llama una «Gran Tradición»: este concepto abarca más de lo que nosotros definimos como historia, y constituye la base desde la que las diferentes generaciones han intentado discernir los principios de las creencias acertadas y las rectas conductas. Forma-

[9] Este hecho, de todos conocido, ha quedado bien reflejado en muchos escritos. Entre otros, puede ser fácilmente consultado el libro de A. Mayer, *La persistencia del Antiguo régimen*, Madrid, Alianza, 1984; en él destaca a este respecto, concretamente, el cap. 5.º, titulado «Visión del mundo: socialdarwinismo, Nietzsche, la guerra».

da desde la oscuridad de los tiempos prehistóricos, esa tradición es esencialmente unitaria; sin embargo, pueden distinguirse ramas en ella: de ello pasaremos a ocuparnos en los siguientes epígrafes.

Finalmente, y en orden a la mejor explicación o justificación de una obra sobre ciencia en una colección de historia, recordemos la extraordinaria importancia —no siempre reconocida— que la ciencia tiene en la historia. Refería Pierre Vilar [10] que, en 1950, al llegar la Humanidad a la mitad del siglo xx, el diario *Le Monde* buscó un historiador que trazase en un artículo el balance de lo que había sido esa primera mitad de nuestro siglo. El periódico parisino estuvo muy acertado al encargar de tal menester a Lucien Febvre: éste, voluntariamente rebelde a lo que el público esperaba, y además para dar una gran lección de historia, no habló en su artículo ni de la guerra de 1914, ni de la revolución de 1917, ni de la crisis de 1929, ni del nazismo, ni de la Segunda Guerra mundial, ni del triunfo de Mao en China. Por el contrario, habló de Einstein, de los quanta, del átomo y de la revolución científica y tecnológica recién iniciada entonces.

No es difícil ver cuál fue la intención de Febvre: demostrar que dentro de 200 años, si el mundo experimenta un cambio radical respecto a nuestro tiempo, se lo deberá a la revolución científica. Al lado de semejante factor, ¿qué importancia habrán podido tener las revoluciones y las guerras? Hoy mismo, en 1990, las dos guerras mundiales están, si no olvidadas, entrevistas en una cierta lejanía; por otro lado, los acontecimientos del cambio profundo que se ha operado en los países antes comunistas de Europa oriental nos muestran lo endeble de otra gran obra humana, como fue la revolución bolchevique, y su aplicación o desarrollo.

A la larga, concluía P. Vilar, lo que transforma al mundo es la ciencia, la tecnología, el dominio de la Naturaleza por el hombre. Incluso Marx podría estar de acuerdo con esta observación fundamental. Lo que Febvre se propuso con su artículo era mostrar lo absurdo de una forma de hacer historia tradicional de tipo exclusivamente político, o férreamente socio-económico, que da más importancia a una revolución o cambio de gobierno que a la labor de Einstein y la era es-

[10] Las palabras de P. Vilar están recogidas en un folletito, a modo de *separata*, que contiene la conferencia que pronunció en 1968 en la «Casa de Velázquez» de Madrid.

pacial que ha conllevado. Por ello quiso producir un choque en el público y en muchos intelectuales, todavía habituados a pensar así la historia: mostraba que la influencia de la ciencia y de su aplicación tecnológica en la sociedad humana es superior al influjo mismo de las ideologías y de su aplicación revolucionaria o política. Y esto es algo que, todavía hoy, sigue desconociendo el gran público... e incluso algunos historiadores y pseudointelectuales.

Periodización de la cultura amerindia

Lucena Salmoral señala como techo de la antigüedad de las culturas amerindias unos 47.000 años aproximadamente, aunque apunta que otros científicos tienden a rebajar esa cifra [11], ya que aún se discute si los hallazgos arqueológicos más antiguos son producto humano o han sido hechos por la Naturaleza. Lucena divide el pasado cultural de los americanos precolombinos en varios períodos:

Período de nódulos y lascas (47000-15000 a. C.)

Etapa oscura de poblamiento del continente, aún en discusión: R. Schiller y J. Bada atribuyen a un cráneo humano del Museo de S. Diego, encontrado en Del Mar (California), una datación de 48.000 años; y L. Leakey, el famoso explorador de Tanganika, atribuyó 100.000 años a unos utensilios de piedra hallados en el desierto de Mojave. Pero otros arqueólogos y antropólogos discuten o niegan las pruebas aducidas. Los hombres de este período vivían como depredadores, y dejaron restos líticos en Lewisville (Texas), y otros lugares de EE. UU., así como en la Cueva de la Pulga, de Ayacucho (Perú).

Período paleoindio (15000-6000 a. C.)

Otra oleada humana procedente de Asia llega, nuevamente, a través del gran puente formado por el estrecho de Bering, entonces seco

[11] Lucena Salmoral, *op. cit.*, pp. 98 y ss.

a causa del descenso del nivel de los océanos debido a la glaciación de Winsconsin (o Würm en Europa). Cultura propia de cazadores, sus restos más evidentes son las puntas lítica de proyectil o flecha que utilizaban, toscas y grandes al principio, más elaboradas y ligeras después.

Los hombres tenían que desplazarse continuamente en busca de alimentos, lo cual no permitía grupos numerosos ni una estructura social: las bandas de cazadores no podían, pues, sobrepasar los 25 individuos. Estas gentes vieron cómo, al final de la glaciación, empezaba a desaparecer la megalofauna pleistocénica que les servía de alimento, lo que les obligó a cambiar de dieta o a extinguirse.

Período arcaico (6000-1200 a. C.)

Cultura propia de recolectores de bayas y frutos silvestres, y de recogedores de moluscos que dejaron importantes concheros. El descubrimiento del cultivo inició la agricultura en Méjico (y luego en Perú) entre el 5000 y el 4000. Todo ello supuso una mayor posibilidad y estabilidad en la alimentación; esto permitió que las bandas recolectoras alcanzaran fácilmente los 50 individuos.

Período formativo (1200 a. C.-200 d. C.)

Equivale a nuestro neolítico: la agricultura se generalizó en toda América, permitiendo a aquellas sociedades pasar de la economía de recolección a la de producción. Al revés que los europeos, tuvieron poca ganadería, pero ampliaron los cultivos vegetales. Esto supuso un aumento demográfico importante, así como una estructuración de estas sociedades en unidades tribales de asentamiento agrícola dirigidas por un jefe o *cacique*. Los cacicazgos durarían hasta la llegada de los españoles.

Período clásico (siglos III-XIV)

De la agricultura primitiva (tala y quema) se pasó luego en Mesoamérica y los Andes a otra intensiva, con gran aumento de los rendi-

mientos: esto permitió una población mucho mayor, con la formación de verdaderas ciudades que se alimentaban de sus numerosos excendentes agrícolas y ganaderos.

Estas culturas urbanas se caracterizaron por la confederación de cacicazgos, denominadas reinos por los españoles, desde el centro de Méjico a Costa Rica —Mesoamérica—, y en los Andes centrales —sierra y costa de Perú.

Período expansionista (siglos XV-XVI)

Aunque fruto de un movimiento cultural superior, se caracteriza por las grandes conquistas militares realizadas por algunos pueblos, que consiguieron reunir varias confederaciones tribales bajo un solo cetro, siendo denominadas imperios por los españoles.

Cuando Colón llegó a las islas Lucayas encontró allí culturas formativas, lo que le supuso una profunda desilusión respecto a lo que él esperaba hallar en la India (especias, seda, perfumes, piedras preciosas, perlas): allí no había siquiera alimento abundante. Sin embargo, a principios del siglo siguiente, Cortés y Pizarro encontrarían en Méjico y Perú dos sociedades muy evolucionadas, de organización piramidal: en las culturas formativas había que conquistar cada cacicazgo, mientras que en las de organización piramidal bastaba con apoderarse del vértice o cabeza de la misma. Es por eso por lo que no puede hablarse de *una* cultura amerindia: entre los indios de América, a la llegada de los españoles, existían simultáneamente varias culturas indígenas que, además, se hallaban en diferentes estadios o fases.

No es posible, pues, tratar unitariamente la evolución de la cultura amerindia, puesto que —desde sus orígenes— siguió cauces o procesos diferenciados. Lucena y otros autores coinciden en que, después de cruzar el estrecho de Bering y vivir de la caza en el paleoindio, se produjo en el arcaico un despoblamiento del interior para dirigirse a una periferia donde poder recolectar mariscos: esos hombres recolectores —no agricultores— inventaron la cerámica, crearon las primeras viviendas clavadas en los concheros, y descubrieron la agricultura. Estas características y trayectoria propias les diferencian de los euroasiáticos, que siguieron distintos procesos.

Las primeras experiencias agrícolas parecen haberse producido en Méjico alrededor del 7000 a. C., en idéntica fecha a la comúnmente admitida para Asia. Tras algunas vicisitudes, en el formativo surgieron sociedades en las que, frente a la anterior búsqueda de comida, aparecían la diversificación de actividades y el ocio. En ese momento aparecen dos grandes culturas: la olmeca (Méjico) y la de Chavín (Perú). En ambas, una religión de dioses masculinos va a determinar la presencia y hegemonía social de sacerdotes-reyes.

Mientras toda América vive en el formativo, en Mesoamérica y los Andes se pasa al clásico, período culminante cuya característica típica es la urbanización: Teotihuacán (en Méjico) y Chanchán (en Perú) son las dos ciudades representativas. Para asegurarse su avituallamiento, pronto acuden a guerras imperialistas de conquista y sojuzgamiento.

En el área de Mesoamérica, mientras tanto, se produjo otra oleada migratoria: pueblos más pobres (toltecas, chichimecas, aztecas) fueron llegando en busca de tierras, y al entrar en contacto con estas avanzadas civilizaciones urbanas se aculturaron con ellas. Sin embargo, estos recién llegados tenían una mejor organización militar, por lo que se impusieron en el valle de Méjico: así se fundó el imperio azteca.

En el área de los Andes, fundada alrededor del año 1100, los incas de Cuzco iniciaron desde 1438 su expansión fuera de su ciudad. Tras destruir el imperio chimú —y su capital, Chanchán— alrededor de 1467, se apoderaron de un enorme territorio, al que los indios denominaron Tahuantinsuyo y los españoles describieron como el imperio inca: a su llegada —1532— se extendía 4.000 km., desde Colombia, al norte, hasta la mitad de la costa de Chile, y se adentraba en el este de Bolivia y el norte de Argentina.

Éstas son las dos grandes formaciones político-estatales que vieron los españoles a su llegada a América. Lucena Salmoral lo ha descrito magistralmente:

> Todo este mundo indígena, fabricado a lo largo de milenos, desfiló por los ojos de los españoles en sólo los 40 años transcurridos entre 1492 y 1532. Fueron de sorpresa en sorpresa, sin alcanzar a comprender por qué era tan variado, tan desemejante entre sí. Acostumbrados al mundo europeo, no podían entender que unos pueblos tuvieran una cultura exquisita, mientras que otros rebasaban los linderos más elementales de la manutención. Colón los llamó a todos «indios», sin

poder intuir la variedad cultural de ese maravilloso orbe prehistórico [12].

Periodización de la cultura hispana

Los europeos que en 1492 arribaron a las costas americanas, dirigidos por Colón, lo hacían bajo los auspicios de la Corona de Castilla, como una contraposición hacia el oeste de la ruta que —hacia el este— habían seguido sus vecinos y rivales portugueses. Estos dos pueblos peninsulares tenían, un activo comercio exterior; por ello, su actividad marinera era notoria e importante en la escala que entonces tenía la economía europea.

Ambos pueblos tenían un origen común en el tiempo más remoto. Es conocida la presencia de pitecantrópidos —*Homo presapiens* de Atapuerca (Burgos)— y neandertales —los cazadores de Torralba y Ambrona (Soria)— en la Península. De estos últimos, que forman el paleolítico inferior (100000-35000 a. C.), se sospecha que creían en un más allá, como parece demostrarlo la sepultura del hombre de Morín, Santander [13]. El paleolítico superior (35000-8000 a. C.) es la época del *Homo sapiens*, cazador y artista —el pintor de la cueva de Altamira—, no muy diferente del tipo humano actual. Dice Jordá que, durante este período, la semejanza de las culturas peninsulares con las del resto de Europa occidental es patente, creándose una especie de «comunidad atlántica», en cuyo proceso histórico quedó incluida la Península [14].

La revolución neolítica llega a España alrededor del 4500 a. C. [15]: en ella destacan las culturas de Almería y de los sepulcros de fosa (Cataluña). La Edad de los Metales se inicia con el eneolítico [16] o calcolíti-

[12] *Ibidem*, p. 104.

[13] M. Tarradell, «Primeras culturas», en *Historia de España*, Barcelona, Labor, 1980. Véase el vol. I, p. 57.

[14] F. Jordá, «La España de los tiempos paleolíticos», en *Las raíces de España*, Madrid, 1967, p. 13.

[15] A pesar del predominio de la ganadería sobre la agricultura, el cultivo de cereales está probado: el análisis con carbono 14 de granos de trigo y cebada hallados en la *Cova de l'Or* de Beniarrés (Alicante) arrojó fechas en torno al 4500 a. C., cronología coherente con otras pruebas realizadas en el conjunto del Mediterráneo occidental.

[16] M. Tarradell, *op. cit.*, p. 77, avisa al lector no especialista que, por la influencia de los investigadores británicos y centroeuropeos, desde hace casi 50 años se está aban-

co —la época del cobre puro que descubriera Juan Vilanova y Piera en el siglo pasado—, en el que destacan las culturas de Los Millares, la megalítica portuguesa y la de Cataluña; sigue con la del Bronce, en la que brilla la de El Argar (Almería) —definida por L. Pericot como «la primera cultura urbana de Ocidente»—, y culmina con la del Hierro, cuando España es invadida en el primer milenio a. C. por pueblos indogermanos: los celtas e iberos de los que habla la tradición grecorromana.

La Península Ibérica entra en la historia aproximadamente alrededor del año 1100 a. C., en el que suele situarse la fundación de Gadir (Cádiz) por los fenicios: paralelamente a las invasiones indoeuropeas por el norte, las colonizaciones griega —por rodios y focenses— y púnica —por fenicios y cartagineses— introducen en la Península el hierro, la escritura, la moneda y las relaciones comerciales, especialmente con la ya avanzada Tartessos. Todos ellos serán barridos en el siglo III a. C. por los romanos; éstos luchan contra Cartago —segunda guerra púnica— desde el 219, tras la conquista de Sagunto, ciudad aliada de Roma, por el cartaginés Aníbal.

Los romanos desembarcaron en España el 218 a. C., y estuvieron conquistándola durante 200 años. Tras las guerras lusitanas y celtíberas (muerte de Viriato, caída de Termancia, Uxama y Numancia —133 a. C.—), el reflejo en la Península de las luchas entre Mario y Sila, César y Pompeyo, y el fin de las guerras cántabro-astures —dominadas por Augusto el 19 a. C.—, sirvieron de primera unificación de lo que desde entonces se llamó *Hispania*. Durante 500 años España formó parte del Imperio Romano, con el que se fundió étnica y moralmente, y del que adoptó su cultura, lengua, urbanización e instituciones.

La llegada en el 409 a la Península de pueblos germanos —en especial, los visigodos desde el 414— y la caída del Imperio Romano el

donando el término *Eneolítico*, y todas las etapas se han unificado bajo la etiqueta de «Edad del Bronce»:

Eneolítico	*Bronce I*	(2700-1700 a. C.) ?
Edad del Bronce	*Bronce II*	(1700-1300 a. C.) ?
Bronce final	*Bronce III*	(1300-900 a. C.) ?

Las fechas aquí establecidas lo han sido con arreglo a los artículos de G. Delibes, R. de Balbín-Behrmann, y M. Almagro-Gorbea en *C-14 y Prehistoria de la Península Ibérica*, Madrid, Fundación Juan March, 1978, así como a lo que M. Tarradell Mateu señala en la p. 90 de su obra antes citada.

472 fraccionaron Europa y separaron España del tronco común. El reino visigodo de Toledo, a su vez, fue barrido el 711 por la invasión musulmana, alcanzando el Islam en aquellos tiempos su máxima extensión. Pero el Califato andalusí de Córdoba se encontró pronto con la oposición de varios núcleos hispanovisigodos (el asturleonés, el navarro, el aragonés, y el francocatalán), que durante los 1.000 años de Edad Media se convertirían en los poderosos reinos cristianos de Castilla, Aragón y Navarra.

De este modo, durante 800 años convivieron en España, nuevamente dividida, dos sociedades y dos culturas. Por un lado, Al-andalus, Califato disgregado desde el siglo XI en reinos diversos, a pesar de las invasiones unificadoras de almorávides y almohades. Por otro, una serie de reinos cristianos: León, Castilla (unidos ya en el año 1035, y definitivamente desde 1230), Aragón (con Cataluña desde 1137), Portugal (escindido de Castilla y León desde 1126) y Navarra, que en 1512 sería conquistada e incorporada por la Corona de Castilla.

Culturalmente hay algo muy importante. Mientras que toda la Europa cristiana vivía de forma salvaje, dispersa en feudalismo rural, con analfabetismo y en estado permanente de lucha, el islâmico Al-andalus conocía el esplendor de una civilización urbana, el refinamiento del mundo musulmán, la presencia de un comercio activo a escala intercontinental, y una cultura procedente del Oriente remoto. Así, en torno al año 1000 —época de oscuridad y milenarismo entre los cristianos europeos e hispanos—, casi todos los niños andalusíes recibían enseñanza en torno al Corán, y en su Academia (Universidad) de Córdoba se cursaban medicina, farmacia, filosofía, matemáticas y geometría, literatura y música: los saberes de las culturas helenística, oriental e hindú pasaron a Europa a través de los musulmanes de Al-andalus.

Sin embargo, desde el siglo XIII, gracias a la evolución económica experimentada por las sociedades cristianas de Europa, por el influjo de la escolástica, y por el cambio en las mentalidades sociales, así como por la división y decadencia del Islam, la relación entre ambos mundos —el islámico y el cristiano en España— se invierte. Una pujante sociedad castellana, enfrentándose a los retos de su tiempo, se lanzará a una aventura que culminaría el 12 de octubre de 1492. En aquel momento, era la hispanocristiana —no la islámica— la que poseía los medios, la ciencia y la técnica adecuados para tan gran empresa.

Capítulo I

CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN ESPAÑA Y AMÉRICA DURANTE EL SIGLO XV

Origen y evolución de la ciencia y la tecnología europeas del siglo XV

El siglo XV es, en la historia, una época-bisagra, puesto que supone el final de la Edad Media y el inicio de la llamada Edad Moderna. Es necesario acabar con la concepción negativa de los humanistas, desgraciadamente muy extendida, que juzga al mundo medieval como una época oscura, carente de ciencia y dominada exclusivamente por la intransigencia de una Iglesia dogmática. Este panorama antagónico, de contraposición entre sombras y luces, no se corresponde con la realidad. Indudablemente, en la Edad Media hubo dogmatismo e intransigencia por parte de la Iglesia, pero —como en toda época humana— también en sus 1.000 años se desarrollaron notoriamente las ciencias y el pensamiento. De ahí que la contribución de la cristiandad medieval a la ciencia haya sido injustamente ignorada o concebida en el pasado, aunque, como dice Bernal, de igual modo ha de evitarse exagerar ahora su importancia [1].

En la Europa cristiana, la decadencia de las ciudades, originada desde el siglo III, culminó con las llamadas «invasiones de los bárbaros» y la caída del Imperio Romano en el siglo V, que inauguraba una época de demografía y sociedad dispersa y ruralizada, preocupada por sobrevivir. La construcción de poderosos reinos desde la época de Car-

[1] Así lo advierte con indudable acierto J. Bernal, *Historia social de la ciencia*, 2 vols. Barcelona, Península, 1967, en el vol. I, p. 255.

lomagno (siglo IX) y las especiales circunstancias del monacato, permitieron el mantenimiento de la cultura antigua en los monasterios, pero no como un saber, sino como una tradición que había que cuidar y transmitir aunque fuese desconocida incluso para los mismos monjes que la custodiaban; por eso, cuando un códice se deterioraba, ellos se apresuraban a hacer nuevas copias. Por desdicha, también ocurrieron catástrofes culturales: hubo códices, de importante contenido, a los que sus poco preparados custodios —los monjes— transformaron, borrando o raspando su contenido anterior para sobreescribir en ellos sermonarios o escritos devocionales. Es el caso de los famosos palimpsestos.

Mientras tanto, fueron surgiendo Escuelas (monásticas, episcopales o palatinas), de las que se ocupaban hasta los Concilios [2], y Estudios adscritos a ellas. En ambos se enseñaban las siete artes liberales: el *trivium* (gramática, retórica y dialéctica) y el *quadrivium* (aritmética, astronomía, geometría y música). A este respecto, es necesario matizar que no era exactamente esto lo que se hacía en la llamada escuela de traductores de Toledo, establecida desde que la ciudad fuera tomada por Alfonso VI en 1085: allí sólo se limitaron a traducir —no a debatir ni enseñar— las obras escritas en árabe de autores tanto orientales como griegos [3].

Fue así como el contacto con los musulmanes españoles estimuló a los cristianos para crear centros avanzados donde se estudiase todo el universo de los saberes humanos y divinos: de este modo surgieron las universidades entre los siglos XII y XIII. Las primeras que aparecen documentadas son las de Salerno, Bolonia, París y Oxford; en España, las más antiguas fueron la de Palencia (1212) y la de Salamanca (1226?). A partir del nacimiento de las universidades se produjo en Europa la sistematización científica de los conocimientos humanos, provocando gran efervescencia intelectual y científica, que se extendió a todos los países y puso los fundamentos de la civilización moderna.

[2] A este respecto, el III Concilio de Letrán (1179) manda que en las escuelas episcopales se pongan maestros competentes, a fin de que mejore la instrucción del clero. Precisamente en ese momento, las escuelas monacales decayeron bastante, ya que Cluny no se preocupaba mucho de la ciencia y el Císter no quería crear escuelas para otros que no fueran sus propios monjes. Al lector español le será fácilmente asequible la obra de Bernardino Llorca, *Historia de la Iglesia católica*, 4 vols., Madrid, BAC, 1958; sobre este asunto, en concreto, puede consultarse el cap. XV del vol. II, titulado «La ciencia cristiana».

[3] En este punto, véase el juicio de Juan Vernet Ginés en su obra *Historia de la ciencia española*, Madrid, Instituto de España, 1975, especialmente lo señalado en la p. 74.

Por otro lado, desde el siglo XIII fue aumentando en Europa la importancia de las ciudades y del comercio, adquiriendo mayor entidad el grupo socioeconómico de los mercaderes; muchos de ellos vivían fuera de las protectoras murallas de las ciudades, en los cercanos burgos: por ello empezaron a ser llamados burgueses. Todo ello trajo, también, un aumento de la población urbana, aunque éste es un dato que conviene matizar: en los países más urbanizados (Flandes, península italiana), la población urbana era sólo el 5 % del total. Lo importante del hecho radica en que esa población será el motor de una nueva ciencia, más utilitaria [4]. El quebrantamiento progresivo del sistema feudal iba aparejado con una mayor producción de alimentos y de otros bienes (artesanales, textiles, etc.), lo que impulsó cambios técnicos en las manufacturas y los transportes.

En aquel mundo urbano y mercantil en evolución, las universidades nacieron como el foco de la vida intelectual europea, absorbiendo muchas de las ideas del mundo clásico —hasta entonces sólo conservadas, pero no asimiladas— y dieron bastante importancia a los temas científicos, según el modelo árabe seguido en la Academia de Córdoba. Sin embargo, el rígido sistema de la lógica y metodología escolástica fue poco a poco transformando las universidades en guardianes del saber establecido y en barreras para el progreso científico: esto se debió a que el saber de la época se basaba en el principio de autoridad —lo que dicen los maestros—, en vez de fundamentarse en el principio de experimentación —comprobar en la práctica lo que se afirma en la teoría—. Eso es lo que explica la reacción y crítica virulenta, señalada al principio de este epígrafe, de los humanistas del Renacimiento contra el sistema escolástico.

A pesar de sus limitaciones, la ciencia medieval —tanto su visión científica del mundo y la naturaleza, como su técnica o aplicación de la ciencia a la producción y la vida— se desarrolló debido a dos factores: el intrínseco, producido a partir de la herencia del mundo antiguo y logrado por la evolución y esfuerzo de sus propios miembros, y el extrínseco, fruto de la convivencia con el mundo musulmán (es el caso de España y los europeos que aquí vinieron para aprenderlo) y de otras formas de contacto (las Cruzadas al Oriente islámico y grecobizantino) a través de obras, personas y doctrinas exógenas.

[4] Bernal, *op. cit.*, vol. I, p. 243.

Los autores medievales creían que el principal fin de la ciencia era servir de apoyo a la revelación: la ciencia estaba al servicio de la fe (*Philosophia, ancilla Theologiae*, se decía). Hubo excepciones, como Roger Bacon quien se diferenció de los demás por buscar ese apoyo en la experiencia, y no en la razón, como hacían los demás. Los medievales eran hombres muy competentes para razonar, y también para idear y ejecutar experimentos, pero —en opinión de Bernal— no hicieron uso de sus métodos para investigar la Naturaleza, y menos aún para dominarla, pues carecían de incentivos para ello. Además, casi todos eran hombres de la Iglesia: a ella dedicaban su esfuerzo y su tiempo, y sólo hacían ciencia en sus ratos libres [5].

A pesar de ello, obtuvieron importantes logros en los diversos campos de la ciencia y la técnica: evidentemente, esos logros fueron lo suficientemente notables y valiosos como para que aquellos hombres se arriesgasen a un viaje, aparentemente sin destino, como fue el del descubrimiento de América en 1492. Destaquemos brevemente algunas de las conquistas alcanzadas hasta entonces:

En el ámbito de las ciencias especulativas, es de destacar el hecho de que, en el siglo XIII, Fibonacci —así era conocido Leonardo de Pisa— introdujo en Europa los números árabes, en realidad indios, y el álgebra; pero no dejó escuela, y no hubo progreso alguno hasta el Renacimiento.

En el ámbito de las ciencias de la naturaleza, deben destacarse algunos escritos de S. Alberto Magno sobre la historia natural y los minerales, y diversos tratados sobre cetrería —aves de presa—. Respecto a la física, en mecánica, la teoría de la palanca recibió el principio de la igualdad del trabajo realizado por una máquina y el que se ejerce sobre ella, enunciado por Jordanus Nemorianus (siglo XIII), pero que no produjo consecuencias debido al estado de la mecánica en aquella época; por su parte, Oresme y Buridán (siglo XIV) escribieron sobre la teoría de Aristóteles acerca del movimiento. En óptica, la de Alhacén fue mejorada por Witelo y Dietrich de Friburgo que, ya entonces, daban una explicación al fenómeno del arco iris.

Más importante fue que, en astronomía, Gerardo de Cremona (siglo XII) viniera a España a traducir del árabe el *Almagesto* de Tolomeo;

[5] *Ibidem*, p. 252. Su exposición, precisa y exacta, de la ciencia medieval es la que seguimos en este epígrafe.

su estudio y las *Tablas* de Alfonso X el Sabio continuaron en la Edad Media la astronomía helenística. Sin embargo, Alberto de Sajonia, Oresme y Nicolás de Cusa se atrevieron a sugerir que era la Tierra —no el Sol ni los cielos— la que giraba cada día.

Con todo, no olvidemos que las astronomías islámica y cristiana tenían la gran tarea de mostrar —¿justificar?— el orden divino del universo, cuyas características habían sido reveladas por Dios; de ahí que las *Tablas* de Maragha (siglo XIII) y Ulugh Bey (siglo XV) fueran las mejores hasta el Renacimiento. Además, los cálculos astronómicos se utilizaban no solamente para el cómputo del calendario, sino también para astrología (entonces considerada como una verdadera ciencia).

En el ámbito de las ciencias aplicadas, el avance de la astronomía trajo consigo mejoras en la trigonometría y la construcción de instrumentos. Así, el provenzal Levi ben Gerson (siglo XIV) transformó la escuadra de agrimensor en un sextante primitivo, utilizado por los navegantes en los siglos XV y XVI. Por su parte, el inglés Geoffry Chaucer (siglo XIV) redactó un *Tratado sobre el astrolabio* y describió un aparato mecánico que predecía las posiciones planetarias.

En el libro de notas de Villard de Honnecourt, maestro albañil del siglo XIII, hay explicaciones y esbozos de varios inventos mecánicos, especialmente grúas; precisamente la arquitectura gótica es la mejor expresión de la técnica medieval, aunque apenas contribuyera al progreso de la ciencia.

Sin embargo, debemos recordar lo que Joseph Needham señaló ya en 1954: fue en China, y no en la Europa feudal, donde surgieron los inventos más decisivos para el progreso técnico. Desconocemos aún la forma de transmisión, pero la antigüedad de su invención china sobre su aparición en Europa está probada. De este modo, los transportes y el comercio de excedentes agrícolas se beneficiaron de la collera para los caballos y animales de tiro: las carretas de bueyes fueron sustituidas por carros de caballos. La aceña o molino de agua (conocido por los romanos), así como el de viento (llega de Persia en el siglo XII), se utilizaron ampliamente en el medievo, convirtiéndose en un elemento característico de la economía feudal y abriendo el camino al empleo generalizado de la energía. La mecánica recibió el aporte de los engranajes del reloj mecánico, ya conocido en Grecia y China. La navegación me-

joró gracias a la difusión de la brújula y del timón de codaste vertical, permitiendo [6] navegar por mar abierto (en vez de hacerlo paralelamente a la costa). En el siglo XIV, la vida mejoró con la transformación de las lentes en gafas que, desde 1608, se convertirían en anteojos y desde 1608 en telescopios. A su vez, la pólvora y el cañón cambiaron decisivamente la guerra, volviendo inútiles castillos y murallas; sin embargo, la obtención del nitrato potásico para fabricar pólvora desarrolló la química medieval, y la fue separando de la alquimia; de igual modo, la trayectoria de la bala en el aire inspiró el estudio de la dinámica. Por último, el papel y la imprenta trastocarían decisivamente la difusión de las ideas.

Origen, desarrollo y estado de la ciencia en la España del siglo XV

Quizá para alguien pueda parecer erróneo hablar de España en el siglo XV, pero no es así. El término *España*, acuñado por los romanos y mantenido por los visigodos, se pierde en la Edad Media como concepto de contenido político al dividirse la Península en varios reinos o Estados, tanto cristianos como musulmanes; no obstante, sí se mantuvo con un contenido meramente geográfico, y así fue empleado por Alfonso X el Sabio. Fue de nuevo utilizado por los monarcas españoles de la Casa de Borbón en el siglo XVIII. Sin embargo, sí podemos hablar de *España* desde el siglo XV: los Reyes Católicos, Isabel I —reina de Castilla y León, y conquistadora de Granada, último reino andalusí— y Fernando II —rey de Aragón, Cataluña, Valencia y Baleares—, establecieron en 1479, por la Concordia de Segovia, la igualdad de poderes —mancomunada o indivi-

[6] Respecto a la importancia de estos inventos en el arte de navegar, así como los problemas que los marinos tenían en tiempos de Colón con las *agujas de marear* —nombre que designaba la brújula—, concretamente, el fenómeno de la declinación magnética, observado por Colón en su *Diario*, son enormemente útiles dos trabajos: el primero es el de Ricardo Cerezo Martínez titulado «Las Cartas de navegación y los conocimientos náuticos», en *Descubrimiento y fundación de los Reinos de Indias (1475-1560)*, Madrid, Col. Doctores y Licenciados, 1988. El segundo es el de Pablo E. Pérez-Mallaina Bueno, «Los libros de náutica españoles del siglo XVI y su influencia en el descubrimiento y conquista de los océanos», en *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica*, 3 vols., Madrid, C.S.I.C., 1989; el trabajo se halla en el vol. 3, pp. 457 y ss.

dualmente– de ambos en todos sus reinos (*Tanto monta, monta tanto Isabel como Fernando*). Esta unión en las personas de sus monarcas (*unión personal*) equivalía a una unión política entre Castilla y Aragón sin modificar realmente las estructuras de ninguno de los dos reinos. Por eso podemos hablar –con ciertos matices– de unidad peninsular, de España.

La España del siglo xv, la España de los Reyes Católicos y del descubrimiento, estaba inmersa en el entramado social, político y económico de la Europa del momento: la Península Ibérica no era una excepción a las circunstancias, problemas y situaciones que se daban en aquel tiempo.

Esta afirmación es igualmente válida en lo referente al ámbito científico y cultural, precisamente en un momento caracterizado por el declive progresivo de la visión teológica o religiosa del mundo y de la vida, y por la aparición –y extensión– de una nueva visión: la del humanismo renacentista.

Propiamente, la ciencia de los españoles del siglo xv tiene su origen en la convivencia que en su suelo tuvieron con los musulmanes andalusíes más que en los códices romanos y helenísticos de sus monasterios, donde sólo se conservaban sin apenas estudiarse ni difundirse. Esto ya fue observado por el teólogo y apologista mozárabe Paulo Álvaro de Córdoba († 861):

> Muchos de mis hermanos leen las poesías y los cuentos de los árabes, y estudian los escritos de los alfaquíes y pensadores mahometanos, pero no para refutarlos, sino para aprender cómo han de expresarse en lengua arábiga con más elegancia y corrección. ¡Ay!: todos los jóvenes cristianos que destacan por su talento sólo saben la lengua y la literatura de los árabes, estudian y leen celosamente libros arábigos, forman con ellos grandes bibliotecas a costa de enormes fortunas, y por doquier proclaman en voz alta que esta literatura es digna de admiración [7].

[7] La cita está tomada de su obra *Luminosus indiculus*, vehemente apología de los mártires cordobeses. Véanse los libros de J. Madoz titulados *Epistolario de Álvaro de Córdoba*, publicado en Madrid, 1947, en la colección *Monumenta Hispaniae Sacra*, y *El mundo mozárabe*, en la *Historia de las literaturas hispánicas* dirigida por G. Díaz-Plaja, Barcelona, 1949. También, en J. Ribera, «Bibliófilos y bibliotecas en la España musulmana», en *Disertaciones y opúsculos*, n.º 1, Madrid, 1928, p. 201.

No es, pues, de extrañar que George Sarton [8] dijera que la España andalusí era el más importante centro cultural del mundo en la Edad Media. De este modo, en los siglos IX y X fueron también llegando a España productos como el azúcar de caña —que sustituyó al hidromiel—, el algodón, el arroz, el azafrán, etc.; como estos cultivos necesitan agua, los andalusíes construyeron *viajes* o traídas subterráneas de agua, así como un sistema de acequias. También entonces llegaron las industrias de la seda (el gusano parece traído por Al-Gazal) y del papel.

La época del Califato de Córdoba (929-1035) inaugura una era de tres siglos de apogeo cultural andalusí, alimentado por la Biblioteca de Córdoba, a la que Vernet [9] calcula 400.000 volúmenes. De su estudio científico sobre medicina y ciencias de la Naturaleza dan muestra sus importantes escritos acerca de medicamentos, baños, botánica y agricultura, así como la existencia de parques zoológicos, jardines botánicos, tablas de cálculo astronómico —válidas tanto para cálculos como para predicciones astrológicas, en las que destacó extraordinariamente Ahmad ben Saffar—, astrolabios o azafeas, etc. El saber andalusí alcanza su culmen en el siglo XII con Avempace (Ibn Bayya), Ibn Tufail, Avenzoar, Averroes (el sabio andalusí que más influyó en toda Europa), el geógrafo El Idrisí, y Maimónides; a partir de ese momento se quebró la continuidad de la cultura hispanoárabe, iniciándose su decadencia y la emigración de sus sabios a África ante el empuje conquistador de los reinos cristianos españoles.

Por su parte, en la España cristiana, con la excepción de San Isidoro (siglo VI), la herencia científica de la antigüedad grecorromana ejerció escaso influjo directo en los cristianos medievales, a juicio de Vernet [10]. Así, la cartografía de los *beatos* realizados en los siglos VIII-X por mozárabes y asturleoneses se basaba aún en el *De natura rerum* isidoriano, cuya concepción cosmogónica y geográfica está tomada del

[8] George Sarton es uno de los más importantes historiadores de la ciencia que han escrito en nuestro siglo. A este respecto, son particularmente interesantes sus artículos publicados en las revistas *Isis* (entre los que destacó «Introduction to the History and Philosophy of Science», en el n.º 4 —1921-1922—, pp. 23-31) y *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, así como su obra *A guide to the History of Science*. La afirmación de Sarton citada en el texto está tomada del vol. 2, p. 50 de su *Introduction to the History of Science*, 5 vols., Baltimore, 1927-1948.

[9] Vernet, *op. cit.*, p. 59.

[10] *Ibidem*, p. 71.

De astronomia del hispano Cayo Julio Higinio (siglo I); en estos «mapas en T», inscritos en un círculo, un trazo vertical representaba al mar Mediterráneo y otro horizontal a los mares Rojo y Negro. Esta forma perdurará hasta el siglo XIII (*Mapamundi* de Ebstorf), aunque la traducción de obras árabes al latín en los monasterios fronterizos —que se produce desde el siglo X— pone al alcance de los científicos cristianos (tanto españoles como europeos) la cultura musulmana, un saber que procedía de China y la India, de Arabia y del Norte de África, y se extendía hasta la Península Ibérica.

Esas traducciones, y algunos elementos culturales (por ejemplo, la numeración árabe, el papel, el juego del ajedrez) muestran la evidente superioridad cultural de los monasterios españoles sobre los del resto de Europa, así como la difusión de la ciencia matemática, de ignorados sistemas de cálculo, y de nuevos instumentos (como el astrolabio). Esta labor de traducción, escasa en el siglo XI, culmina en el XII con la erección en Toledo, bajo el patrocinio del arzobispo Raimundo [11], de una institución —luego llamada escuela— de traductores. Sus versiones o traducciones darían a conocer en la Península Ibérica y en toda la Europa cristiana tanto la ciencia oriental como la grecorromana o clásica.

Frente a estas versiones desde el árabe al latín, con Alfonso X el Sabio, rey de Castilla-León (siglo XIII), se empezó a traducir desde el árabe a la lengua romance castellana, con lo que los resultados de su política cultural se reflejarían en toda Europa hasta el siglo XVII. Respecto a las aficiones científicas de nuestros antepasados, Vernet ha confeccionado una escala de materias con arreglo a las traducciones realizadas sobre ellas, lo que vendría a reflejar el interés que entonces suscitaban las diferentes ciencias:

47 %: cálculo y cosmología (matemáticas, astronomía y astrología).
21 %: filosofía.
20 %: medicina.

[11] Sobre el arzobispo de Toledo, don Raimundo de Sauvetat, y su obra, la llamada escuela de traductores de Toledo, véanse las obras de A. González Palencia, *El arzobispo don Raimundo de Toledo*, Barcelona, Labor, 1942, y su *Historia de la literatura arábigo-española*, Barcelona, 1928. También es interesante lo escrito por G. Menéndez Pidal, *La escuela de traductores de Toledo*, en la *Historia de las literaturas hispánicas* dirigida por Díaz Plaja.

8 %: religión, física, ciencias naturales, etc. [12]

4 %: ciencias ocultas y alquimia.

En las ciencias especulativas, la transmisión de los saberes oriental y clásico les permitió un discreto conocimiento de matemáticas y geometría: así, el valor de «pi», el teorema de Herón, las áreas del cono, esfera y triángulo, y un método de raíces cúbicas. Mucho mayor era la calidad del saber astronómico, lo que les permitió la construcción de astrolabios y cuadrantes, y la confección de tablas (las de Alfonso X datan de 1252, y las de Pedro el Ceremonioso de Aragón son de 1360) y almanaques, de los que derivaron los regimientos de navegación de los descubridores. Simultáneamente, se desarrollaba la afición y prestigio de la astrología, aunque algunos eclesiásticos la despreciaban y promovían el estudio de la ciencia astronómica: así hacía, por ejemplo, Pedro Gómez Barroso, quien fuera arzobispo de Sevilla en el siglo XIV.

En esta época descollaron dos grandes figuras: Raimundo Lulio (Ramón Llull), que creó una metodología lógica y científica, y fue un sintetizador y divulgador científico de los conocimientos de los sabios musulmanes y cristianos, y de los cabalistas judíos; y Arnau de Vilanova, que fue un gran cultivador de la medicina, con un buen conocimiento de la alquimia (un equivalente en aquel momento a nuestra ciencia química).

Otros estudiosos fueron más prácticos. Con la excepción del *Lapidario*, mal atribuido a Alfonso X y que contiene bastantes errores, los hombres medievales se preocupaban de la cría de halcones, perros de caza y caballos, por lo que protegían a los veterinarios [13]. En otro ámbito, los médicos, cuyas medicinas o fármacos se preparaban con fórmulas magistrales en las que intervenían minerales y plantas, tradujeron el texto árabe de Dioscórides; sin embargo, el desarrollo de las ciencias naturales entre los cristianos fue casi nulo (o lo desconocemos) en comparación con el fulgor que había tenido en Al-andalus. Sin embargo, a finales del XV encontramos una brillante excepción en el reino de Aragón: en 1491, el farmacéutico aragonés Pedro Benedicto

[12] Vernet, *op. cit.*, p. 77.

[13] En 1500, y a semejanza de lo ya establecido con los médicos, se instituyó la figura (y el tribunal correspondiente) del Protoalbéitar. En este sentido, véase la obra de C. Sanz Egaña, *Historia de la veterinaria española*, Madrid, 1941.

Mateo escribía en romance su *Examen Apothecariorum* sobre la farmacopea de aquella época. Aparte de los valores científico e histórico de la obra, es una de las primeras farmacopeas que se conocen en Europa escritas por un boticario, y muestra que los españoles fueron los primeros que escribieron con profundidad sobre su ciencia. De su importancia dio buena cuenta Kernot quien, en su *Historia de la Farmacia*, señalaba que era «un hecho altamente honroso para España haber establecido Colegios de Farmacia con anterioridad a las Academias científicas de Europa; así, en 1441 la reina doña María de Aragón otorgó el permiso a la Hermandad, y en 1491 P. Benedicto Mateo escribía su libro».

Mejor era el panorama en la ciencia aplicada, donde desarrollaron estudios de artillería y de náutica. En el siglo XIV, la pólvora ya aparece utilizada con fines militares, lo que trajo consigo la fundición de cañones. Por su parte, la náutica mejoró sustancialmente con las aportaciones árabes, tanto las de arquitectura naval —vela latina, timón de codaste— como las astronómicas —determinación de coordenadas— y geográficas —cartas marinas—, que permitían navegar en mar abierto.

Inicio y desarrollo de la cultura y la ciencia en América

Como ya señaló Gordon Childe, los hombres han conocido sólo dos auténticas revoluciones, que han influido en la Humanidad hasta el punto de transformar la sociedad y la vida misma de los seres humanos.

Estas revoluciones han sido la neolítica y la industrial. Concretamente, en América el descubrimiento de la agricultura y la ganadería se produjo poco después de su hallazgo en el Oriente Próximo (Mesopotamia y Egipto): entre el 5000 y el 4000 a. C. aparece en Méjico, y posteriormente llega a Perú.

De esta manera, mientras que los europeos dedicaban su esfuerzo a las mejoras y aumento de la ganadería, en detrimento de la agricultura, los amerindios hacían lo contrario, dando mayor amplitud a los cultivos. Así consiguieron adaptar gran número de vegetales: la batata y la patata eran genuinas de América, al igual que la vainilla, el chile y diversos tubérculos (como la mandioca). Entre las semillas comestibles destacaban la cebolleta, el panizo, el girasol, el quino, el cacao, el

cacahuete, el apazote. Entre los frutos, la piña tropical, el tomate, el calabacín y la calabaza, el aguacate, la guayaba, el saúco, la papaya. Además, no debemos olvidar a dos de los más importantes cultivos americanos: la caña de azúcar y el tabaco. Por otro lado, el maíz indio *(Zea mays)* se empezó a cultivar en América, como grano para la alimentación, alrededor del 3000 a. C.: se conocen más de 150 variedades del mismo en el área que va desde el río San Lorenzo (frontera sur de Canadá) hasta Chile, y constituye el alimento básico de los pueblos amerindios.

En el continente americano, como hemos visto hasta aquí, el estado cultural de los diversos pueblos era muy heterogéneo al final de nuestra época medieval; mientras que unos pueblos disfrutaban de un alto nivel cultural y tecnológico (en pleno período clásico), simultáneamente otros se hallaban mucho más atrasados, viviendo aún en el período formativo. Por eso, más que hablar de la ciencia en América, habría que hablar de los conocimientos científicos en las distintas áreas geográficas.

Por otro lado, hay un problema base acerca de los orígenes de la cultura en América: el hecho, puesto de relieve por Laurette Sejourné, de que los jeroglíficos fundamentales del pensamiento de Quetzalcóatl (el dios mejicano) existan de un extremo a otro del continente. Esta amplia presencia es vinculada por muchos estudiosos con la cuestión de cuál ha sido la cuna de la civilización amerindia. Y así, unos ponen el origen común o centro impulsor en la cultura peruana de Chavín —magistralmente estudiada por Julio Tello—, y otros en la mejicana de La Venta —descubierta por Mathew Sterling—.

Ambos presentan rasgos de originalidad absoluta y, curiosamente, ambos coinciden en que sus edificaciones aparecen construidas en torno a una estructura de carácter simbólico integrada por el jaguar, aves y serpientes humanizados. Pero la ubicación de la cuna primigenia de la cultura de América sigue siendo objeto de polémica y, a la vez, un objetivo por esclarecer.

Algunos etnólogos han propuesto estructurar el continente en zonas no culturales, sino «económicas»: empezando por el norte, el área del caribú (Canadá), la del salmón y el bisonte (sur de Canadá y EE.UU.), la del maíz y la fruta silvestre (Méjico), la de la agricultura intensiva (en el área andina, del sur de Méjico a Chile), la de la mandioca (Brasil), y la del guanaco (Argentina y cono sur). Por lo cual, y

para los lectores no especializados en temas americanistas, parece lógico que la exposición del estado cultural de los amerindios en el siglo xv siga unos criterios geográficos [14], como quedó sugerido anteriormente.

Área de Norteamérica

A partir de los estudios de Pedro Bosch Gimpera, la etnología moderna suele dividir esta amplia área en tres zonas culturales:

1.ª La del sudoeste. En ella, la llamada cultura Cochise realizó algunos avances en la agricultura, y —tras una fase frutícola— introdujo el maíz entre los siglos x-viii a.C.

Surgida de la anterior, hacia el año 100 a.C. aparece la civilización de los cesteros en torno al río Colorado, con centros importantes en Mogollón (suroeste de Nuevo Méjico, con casas-pozo desde el 2300 a.C.), en la «cultura hohokam» (sureste de Arizona y oeste de Nuevo Méjico), y en la anasazi (sur de Utah, desaparecida en el siglo xiii); en sus pequeñas aldeas se desarrolló un tipo de vida tribal, y cultivaban calabazas, frijoles y maíz.

A partir de ambas, se desarrolló en nuestra era la cultura de los indios pueblo, diferenciada por construir con ladrillo las basas o fundamentos de sus casas. Los indios pueblo estaban asentados entre el Río Grande y el Pecos, pero se extendían hacia el norte hasta el Colorado, hacia el este hasta Tejas, y hacia el sur hasta Chihuahua.

2.ª La de las regiones boscosas, un triángulo formado por Nueva Inglaterra (noreste de los EE.UU.), los Grandes Lagos y el río Ohío. Esta cultura sucedió a la de los cazadores; cultivaban cereales, maíz, tabaco y calabaza. Trabajaban el metal (pulimentaban sus hachas) y realizaban su artesanía con mica, cobre y conchas. La aldea de Hunter (Nueva York) dio una datación de 2200 a.C.

La cultura hopewell, etapa que abarca del 300 al 1300, se extendía por los valles de los ríos Illinois y Mississippi. Se caracteriza por los

[14] Para la descripción de las áreas geográficas hemos utilizado diversos atlas históricos. Entre ellos, deben destacarse especialmente el *Grosser Historischer Weltatlas*, Munich, Bayerischer Schulbuch-Verlag, 1962, y el más asequible al lector español: el tomo XIV de la *Historia del mundo moderno* de la Universidad de Cambridge, editado por Sopena, Barcelona, 1980.

enterramientos de sus jefes en elevados montículos funerarios, con tendencia a la estructura piramidal, donde depositaban instrumentos de cobre y otros objetos de ajuar funerario.

3.ª La del noroeste, que abarcaba desde la Columbia británica (suroeste de Canadá) hasta el norte de California, es de las culturas más tardías de América. Con casas de madera, los núcleos indios se dedicaban a la pesca y la recolección, y practicaban el *potlach* [15]. Su artesanía es similar a la de los pueblos polinesios.

Área de Mesoamérica

El concepto de Mesoamérica, creado en 1943 por Paul Kirchhoff, y que así ha pasado definitivamente a la arqueología, abarca desde el río Sinaloa (frente a la Baja California) hasta el sur de Nicaragua. Esta área parece tener mayor importancia cultural que la anterior, y podemos estudiarla utilizando la zona del valle de Tehuacán como modelo para toda la área [16].

— Entre el 12000 y el 7000 a.C., el valle tuvo pocos habitantes, que se dedicaban a la caza de animales (desde aves, tortugas y ratas hasta antílopes) y a la recolección de vegetales silvestres.

— Hacia el 6700 a.C. evolucionaron a una cultura del riego; dejaron sus actividades de tramperos para dedicarse a la alimentación vegetal, y —sin abandonar la recolección de frutos silvestres— empezaron a cultivar frijoles, calabazas y aguacates. A la vez, fabricaban los instrumentos necesarios para machacar los vegetales (morteros, mazos). Esto permitió la sedentarización de numerosos grupos, entre los que ya existían magos o sacerdotes relacionados con el ceremonial y culto a los muertos; parece que, luego, esos jefes religiosos organizaron la sociedad con una rígida jerarquía.

[15] Es una ceremonia social, de tipo ritual, que una tribu hace con otras vecinas o cercanas, invitándolas a un banquete y distribuyendo cuantiosos regalos entre ellas; se utiliza como una forma demostrativa del poder y riqueza de la tribu anfitriona. Una descripción, explicación y estudio etnológico del *potlach* puede verse en la obra de Marvin Harris titulada *Vacas, cerdos, guerras y brujas. Los enigmas de la cultura,* Madrid, Alianza, 1989; a esta curiosa ceremonia dedica el capítulo que abarca de la p. 102 a la 120.

[16] En este punto seguimos las indicaciones de Román Piña Chan, en su obra *Una visión del México prehispánico,* Méjico, UNAM, 1967, pp. 37 y ss.

— Alrededor del 5000 a.C. se detecta un nuevo progreso: en la «cultura Coxcatlán», sólo la quinta parte de su alimentación se obtenía del cultivo: el resto provenía de la caza o la recolección silvestre. Cultivaban el maíz, el zapote, el chile, la calabaza y diversas variedades de judías; sus instrumentos de molturación eran piedras y rodillos muy perfeccionados, y utilizaban vasijas y escudillas de piedra, vaciadas con gran cuidado.

— En torno al 3400 a.C. se produce una revolución sociocultural con el paso a la cultura de las abejas, que viene a ser el cimiento de una verdadera civilización. La agricultura produce el 40 % de los alimentos, y la ganadería evoluciona notablemente (domesticación del perro). Las viviendas son fijas, aunque excavadas en la montaña.

— En el 2300 a.C., en la cultura del Purrón, aparecen la cerámica y el cultivo de diversos géneros de maíz, cereal ya muy extendido y básico en aquel tiempo.

— Desde el 1500 a.C., la cultura Aljapán nos muestra ya un proceso de urbanización en toda la zona, con una vida cultural muy activa y actividades sociales bien diferenciadas. Su cerámica es muy refinada, y las ceremonias religiosas inducen a la producción de figurillas de dioses.

— Hacia el 850 a.C. fue sustituida por la cultura de Santa María, en la que se aprecia un sistema de regadío para el aprovechamiento de las aguas del valle. Esta mejora organizativa y alimentaria conllevó un despegue demográfico y una mayor organización social, lo que se evidencia en la aparición de templos. Además, se experimentan contactos con otras culturas: primero con los olmecas —habitantes de la costa de Veracruz— y, más tarde, con los de Monte Albán y los mixtecas.

— Alrededor del 500 d.C., el sistema de regadío consigue que el 85 % de la alimentación se obtenga de la agricultura. Todo ello permitía un importante comercio de excedentes y otros útiles, así como una organización social superior, dotada de ejército permanente y una religión más compleja.

— Entre los siglos VIII y IX, las influencias de toltecas y aztecas (desde el siglo XIV) sobre este valle se hizo muy fuerte, pasando a integrarse en el imperio dirigido desde Tenochtitlán. Así se mantuvo una gran civilización hasta que la llegada de los españoles acabó con aquel mundo, y transplantó a aquellas tierras un sistema cuasifeudal y los modos de vida europeos.

Al margen de esta zona, en la área mesoamericana otra importante cultura, la de los mayas, estaba asentada en el sureste, en Yucatán, Honduras y Guatemala. Era una cultura urbana de muy alto nivel, con cultivo de plantas alimenticias que arrojaba excedentes, y una artesanía y comercio florecientes. Su sociedad era diferenciada y ordenada jerárquicamente.

Área andina

Abarca desde el norte del subcontinente sudamericano hasta el centro de Chile. En su zona norte, asentados en Colombia, Panamá y Ecuador, los chibchas tenían formaciones políticas firmemente asentadas, pero no formaban un Estado unitario. Su economía se basaba en la agricultura, pero tenían gran destreza en la artesanía del oro.

La formación más importante la constituía el imperio inca. En Perú, algunos tejidos y granos examinados con el carbono 14 han arrojado una datación de 3000 años a.C., lo que demuestra la existencia de agricultores en las costas peruanas. A partir de ese momento, Wendell Bennett ha clasificado en seis los períodos culturales de Perú:

1.° La cultura Chavín, en la Sierra del Norte peruana, marca el primero; iniciada en el 1200 a.C., alcanza su culmen entre 800-500 a.C. Su cerámica es característica por la reiteración del tema del dios-gato. Parece un pueblo intimidado por la religión.

2.° La cultura Paracas (500 a.C.-400 d.C.), al sur de Lima, destaca por sus maravillosos tejidos, bordados con vivos colores y no sobrespasados aún, en los que emergen figuras humanas horizontales que parecen nadar o volar, y de sus bocas —y otras partes— surgen apéndices serpentarios con cabezas de jabalí, de aves, etc. También momificaban a sus muertos, aprovechando la sequedad [17] del ambiente, enterrándolos

[17] La sequedad ambiental en torno a la costa del Perú, y muy especialmente en la zona del lago Titicaca, sorprendía a todos los cronistas: ¿cómo podía darse un clima tan seco a orillas de un mar tropical? La respuesta la dio —a principios del siglo XIX— Alexander von Humboldt al descubrir la acción de la corriente de agua fría que lleva su nombre (que llega a tener hasta 160 kilométros de ancho): al impedir la evaporación de las aguas marinas, priva así a la atmósfera de la humedad necesaria para la formación de nubes.

enpaquetes mortuorios en profundos recintos subterráneos. Su cerámica no es tan perfecta como la de Nazca, aunque esté vinculada a ella.

3.° La cultura Mochica (400 a.C.-1000 d.C.), en el valle del río Moche, logró formar un verdadero imperio. Sus tejidos lograron un gran nivel artesanal, y sus construcciones arquitectónicas eran de gran importancia. Su cerámica se distingue por el huacorretrato (el llamado «retrato hablado») y la escultura en arcilla. En sus vasijas representaban toda la vida tribal: casas, vestidos, prácticas guerreras, dioses, animales, plantas... e incluso sus hábitos sexuales.

Simultáneamente a ella, en este período se da la cultura Ica-Nazca (300 a.C.-1000 d.C.), al sur de Lima, a la que pertenecen los misteriosos trazos del desierto [18]. Su cerámica es de gran colorido, originalidad y variedad, con figuras similares a las dibujadas en el desierto: animales, dioses, demonios, danzantes y personajes antropomórficos.

4.° La cultura de Tiahuanaco (500-1300), en el lago Titicaca, conquistó a los pueblos Ica-Nazca. Su cerámica es de gran fuerza expresiva y emplea una gama de colores; es de origen antiplánico [19] y al final se enlaza con el estilo nazca.

[18] En el árido desierto, descrito en la nota anterior, en el que la inmovilidad es tan absoluta que un papel perdido por una expedición fue encontrado meses después y en el mismo lugar por otra, hay trazos rectilíneos de hasta ocho kilómetros de largo, así como dibujos geométricos —espirales, triángulos, trapecios, cuadriláteros— y de animales, aves, e insectos. A nivel del suelo parecen caminos trazados por el viento, allí casi inexistente; sólo pueden observarse a más de 100 metros de altura, o desde un avión. Fueron descubiertos en 1939, cuando un historiador entrevió la figura de un gran pájaro mientras cartografiaba las antiguas acequias de riego.

Desde entonces los dibujos han sido estudiados por muchos autores: todos han tratado de explicar el *cómo* y el *porqué* de las líneas y dibujos de Nazca. Entre todos, han destacado especialmente tres: Luis Mazotti, astrónomo peruano adscrito al Instituto Geográfico Militar, cree que toda el área representa un gigantesco mapa del cielo, y cada figura indica una constelación; por su parte, la matemática alemana María Reiche, que ha vivido allí 25 años, piensa que el conjunto de líneas y figuras era una especie de calendario para registrar el paso de las estaciones, y predecir eclipses solares y lunares, lo que daría a los sacerdotes-astrónomos un gran prestigio y poder ante el pueblo nazca; finalmente, el americano Gerald Hawkins relaciona esas figuras y dibujos con los que adornaban la característica cerámica de Nazca. Una de las estacas de madera utilizada para el trazado de curvas y espirales, y encontrada allí, arrojó una datación al carbono 14 de 1.500 años: las figuras se trazaron en el siglo v.

[19] El «estilo antiplánico» es llamado así por un poblado Aymará, en Bolivia, cerca del cual se encuentran dos monolitos sagrados antropomórficos, cuyas peculiaridades caracterizan todo el arte que emana de dicha fuente.

5.° La cultura Chimú (1000-1400), con capital en Chan-Chan –al norte de Lima–, absorbió a la Mochica en el norte del Perú, creando un estado imperialista. Su cerámica era negra, y reflejaba también todos los aspectos de la vida; también poseían una notable orfebrería y un singular arte plumario.

6.° A mediados del siglo XV, los incas (1400-1532), desde Cuzco, impusieron su hegemonía en todo lo que hoy es Perú y gran parte de Colombia y Bolivia. Su cerámica es sobria en forma y ornamentos, simétrica, y acorde con su singular arquitectura pétrea.

Estado de las ciencias en la América del siglo XV

Acerca de la ciencia y la tecnología de los indígenas americanos se han dicho muchas cosas, y no siempre acertadas. Así, por ejemplo, en los libros se suele decir que desconocían la rueda, lo cual es falso: en el Museo Nacional de Antropología e Historia, de Méjico, se exhibe una carreta de juguete, de la cultura olmeca (Veracruz), construida hace 1500 años, y que tiene cuatro ruedas que giran sobre sus ejes. Lo que aún sigue siendo un enigma es por qué un invento de tal magnitud, como es la rueda, sólo fue aprovechado en los juguetes de los niños.

Para precisar el estado de la ciencia en la América precolombina nos fijaremos sólo en las grandes culturas que allí se daban en aquellos momentos. Prescindimos de las del resto del continente, porque –según lo hasta hoy hallado– no llegaban al nivel de conocimientos y saberes de las otras aquí reseñadas, y porque sólo repetían las características esenciales de las culturas superiores.

Los mayas llegaron a su región hacia el 1500 a.C., iniciando el proceso de urbanización en torno al siglo I a.C. Su período clásico se inicia con el llamado Imperio antiguo (siglos II-VI d.C.), que tuvo su primera capital en Uaxactún, y cuyas ciudades más importantes eran Tikal, Copán, Piedras Negras, Naranjo y Palenque. Luego abandonaron en el siglo VII esta zona, probablemente a causa del hambre producido por el agotamiento de la tierra, y emigraron hacia el norte, a Yucatán. Allí recibirían la invasión de los itzaes, que ocuparon Chichén, los xius, que se asentaron en Uxmal, y los nahuas, que se establecieron en Mayapán: las tres ciudades formaron una liga dirigida por Mayapán. Así

surge el llamado Imperio nuevo (siglos x-xv), o período postclásico, en el que los xius luchan contra los tiránicos nahuas de Mayapán, a los que derrotaron 60 años antes de que los españoles llegaran a sus tierras.

Su ciencia fue, según los investigadores, un medio para que la casta sacerdotal dominase al resto de la sociedad. A este respecto, su conocimiento de la astronomía era extraordinario: les permitía predecir los eclipses lunares y solares, y trazar el curso de los astros. Su calendario, del siglo v d.C., era tan exacto como el nuestro, aunque tenían dos: el religioso (*Tzolkín*, de 260 días) y el solar (*Haab*, de 365 días). Vernet afirma [20] que conocían la octaérida (ciclo de 2.380 días, en relación con Venus), que también utilizaban los babilonios. Sin embargo, Piña Chan señala que las ruedas calendáricas mayas forman un ciclo de 18.980 días (52 años), en el que vuelven a repetirse las fechas.

Su aritmética, de base vigesimal —similar a la china—, usaba cifras con puntos (valor de uno) y barras (valor de cinco); era tan adelantada que les permitía realizar operaciones con cantidades infinitas; como en la India, los mayas también desarrollaron el concepto matemático del cero. También poseyeron un complejo sistema de escritura, lo que hace que sea una de las culturas americanas con historia propia. Sus códices, entre los que destacan singularmente la tardía recopilación denominada *Chilam Balam* y el *Tro-Cortesiano* —así como el *Popol Vuh* quechua—, están siendo nuevamente estudiados, ya que en ellos se describen algunas técnicas que utilizaban para la fabricación del papel, para la obtención de la metalurgia —utilizaban hierro y cobre, además de oro y plata— y para la confección de sus tejidos.

La arquitectura maya, de piedra a veces recubierta de estuco, nos revela una tecnología utilitaria y capaz, que se evidencia en sus majes-

[20] Vernet, *op. cit.*, p. 30, expone este hecho como muestra de que es posible que un mismo descubrimiento científico se produzca en dos lugares distintos y aislados uno de otro. Sin embargo, en este caso concreto, hay una importante objeción: los babilonios alcanzaron este conocimiento —así como el de la ecuación de segundo grado— en la época paleobabilónica (siglos xviii-xvii a.C.), mientras que los mayas lo poseían en torno a los siglos iii-vi d.C. Esa diferencia de 2.000 años podría ser tomada por algunos autores como una muestra o ejemplo de las tesis «difusionistas», o de las relaciones de Asia con la América precolombina. Sobre los babilonios véase Cassin, Vercoutter y Bottero: *Los imperios del antiguo oriente*, vol. I, Madrid, Siglo xxi, 1972, p. 179. La descripción del calendario que hace Piña Chan se encuentra en la p. 167 de su obra, citada antes.

tuosos templos y palacios de estructura piramidal, tan abundantes que ésta —y no Egipto— debería ser la tierra de las pirámides: sus ciudades eran más bien núcleos religiosos y ceremoniales que núcleos urbanos. Construyeron también baños de vapor, juegos de pelota, plazas rectangulares y calzadas de piedra. Ya en el período clásico, utilizaron el falso arco (bóveda saledizа), la columna monolítica con capitel, los atlantes que soportan los frisos, estelas y jambas con guerreros; se construía con mortero de cal y *sascab* (arenisca), duro y resistente, y piedra cortada regularmente [21].

Su medicina, a veces, sirvió a sus cánones de distinción social: la deformación del cráneo, la mutilación dentaria y el tatuaje. La agricultura era fundamentalmente de milpa, en pequeñas parcelas cultivadas preferentemente con maíz; se venía diciendo que su sistema era el primitivo de «tala y quema», pero en el sur de Yucatán hay pruebas de que los mayas utilizaban complejas técnicas agrícolas (terrazas en laderas de colinas, «campos elevados» artificiales), capaces de proporcionar sustento a sus grandes poblaciones; se estima en 40.000 los habitantes que tuvo Dzibilchaltún en el período postclásico. Su alimentación se completaba con carne proveniente de la caza, con pesca, y con la recolección de miel y tubérculos silvestres.

En contra de su antigua imagen de pueblo pacífico y agrícola, J.W. Ball ha demostrado que formaban un pueblo numeroso, vital y guerrero, que comerciaba y luchaba con ardor. Por eso ofreció una tenaz y organizada resistencia a los conquistadores españoles.

La «región del calendario, los códices y la metalurgia», como Piña Chan denomina a la montañosa región de Oaxaca —en el suroeste de Méjico— fue la cuna de las culturas y civilizaciones de los zapotecas y mixtecas. Durante el formativo, en el preclásico superior (800-300 a.C.), grupos afines a los olmecas y a los mayas penetraron en la zona, dejando cerámicas y figuritas del tipo cara de niño *(baby face)*. Los olmecas que poblaron Monte Albán desarrollaron la escritura, la numeración y el calendario, y poseían técnicas suficientes para edificar templos, palacios y mausoleos, así como variadas artesanías.

En el protoclásico (300 a.C.-100 d.C.) se inició la civilización zapoteca, fruto de la llegada desde el sur de grupos mayas, que conquis-

[21] Piña Chan, *op. cit.*, pp. 147 y ss.

taron y asimilaron a los olmecas. En este período se levantaron importantes edificios: uno de ellos incluso servía para observaciones astronómicas. Surgieron artesanías especializadas, se transformó la estructura social y religiosa —sobrevino una teocracia en la que hay cambios en el culto a los muertos y en sus formas de enterramiento—, se intensificó el comercio y progresaron los conocimientos: se desarrollaron mucho la numeración y el calendario.

En el clásico (110-800 d.C.), el apogeo zapoteca coincide con el esplendor de Teotihuacán, al que los zapotecas no pudieron sustraerse. Monte Albán contó entonces con una gran población —gobernada por un sistema teocrático—, con una sociedad jerarquizada, logrando un desarrollo cultural y científico expansivo a toda aquella área. A partir de entonces iniciaron su decadencia, hasta ser absorbidos y conquistados por los mixtecas (1200-1521).

Los zapotecas obtenían sus alimentos de la agricultura (en milpa, desde la «tala y quema» inicial hasta el sistema de canales), la caza, la pesca y la recolección. Su estratificada sociedad pasó de teocrática a militarista para oponerse a los mixtecas, primero, y luego a los aztecas. Su religión practicaba los sacrificios humanos, así como el culto a los muertos. Su numeración, de base vigesimal, era de puntos y barras; su escritura, ideográfica y fonética. Su desarrollada astronomía les permitía conocer los ciclos solares y lunares, y los equinoccios y solsticios. Conocían profundamente la Naturaleza y sus elementos, que aprovecharon para la curación de enfermedades; llegaron a practicar la trepanación (en Europa había de realizarse desde 1865).

Por su lado, los mixtecas tenían las mismas fuentes alimentarias que los zapotecas, si bien practicaban la caza de manera masiva. Su desarrollada tecnología les permitió elaborar códices, cerámica polícroma, construcciones, orfebrería (incluso de oro). Como los zapotecas, practicaron la deformación craneal y la mutilación dentaria. Su sociedad, esencialmente guerrera, era también estamental.

Sus códices, con conocimientos de astronomía, historia, geografía y aritmética, se hacían con largas tiras de piel de venado, pintadas con una capa de cal o yeso; uno de los más célebres es el *Nuttall*, polícromo, con 44 hojas. Sus números se representaban con puntos —raramente con barras— y contaban con un calendario de 365 días y con el ciclo de 52 años (como los mayas y aztecas). Su medicina usaba preferentemente las plantas, tanto en infusión como en emplastes; cura-

ban dolencias con dietas, sangrías y baños de vapor. Su técnica refinada se evidencia en la orfebrería y en la construcción.

Los aztecas —mexicas— han sido llamados «los romanos de América», porque no tuvieron una civilización original y propia, sino que asimilaron y adaptaron la cultura y conocimientos de los pueblos que sojuzgaron.

Ya en 1911, Franz Boas clasificó millares de cerámicas del valle de Méjico, pertenecientes a los períodos arcaico y formativo, lo que permitió conocer la vida y cultura de las primeras sociedades (El Arbolillo, Zacatenco) asentadas en el valle. En el preclásico medio (1300-800 a.C.), el influjo de los olmecas produjo ciertos cambios: hachas y azuelas para trabajar en los campos, cultivados bajo el sistema de milpa; alimentación basada en la agricultura, pero completada con la caza y la pesca; nuevas materias primas, como jade, cuarzo, turquesa, serpentina, concha, algodón, caolín, etc. Su cerámica y otros productos artesanales llegaban al nivel de productos suntuarios —lo que implica relaciones comerciales— y nos muestran la existencia de una organización social, un culto a los muertos, y unas ideas religiosas y artísticas definidas, que les llevaba a la erección de templos de cierta entidad, base de la futura arquitectura de Teotihuacán.

En los períodos preclásico superior (800-200 a.C.), protoclásico y clásico (200 a.C.-650 d.C.), se aprecia una clara evolución: la asociación de varias aldeas en torno a un centro ceremonial común hace posible la aparición de lugares como Teotihuacán que, hacia el 150 a.C., inicia su proceso de consolidación. Ésta se evidencia en la construcción de las pirámides del Sol (del protoclásico [200 a.C.-100 d.C.], con un perímetro igual que el de la pirámide egipcia de Keops) y de la Luna (primer clásico: 100-300 d.C.); cada período deja su huella en el correspondiente relleno de las pirámides, según el sistema de cuerpos escalonados en talud. El templo de Quetzalcóatl (la tercera pirámide, descubierta por Manuel Gamio en 1919) y la Calle de los Muertos —desde la pirámide del Sol a la de la Luna—, amplia avenida en torno a la que se alzan majestuosas construcciones, anuncian lo que será la época de esplendor (300-650) de la cultura de Teotihuacán. Grupos procedentes de Guanajuato la hundieron, alterando su cultura (650-850).

Esta sociedad poseía una alta técnica que le permitía aquellas imponentes construcciones y la fina artesanía de sus objetos suntuarios.

En aquella sociedad teocrática los sacerdotes tenían funciones religiosas, políticas, administrativas y comerciales, y poseían y enseñaban los conocimientos científicos de su época: el calendario, la numeración, la escritura jeroglífica, la aritmética y la geometría, la astrología, la medicina herbolaria, así como técnicas de urbanización e ingeniería (necesaria ésta, por ejemplo, para el trazado de sus canales de riego).

La ruina de la antigua cultura de Teotihuacán permite que allí mismo [22] surja en el siglo IX la cultura tolteca (de los chichimecas o nahuas), luego transplantada a Tula, en Hidalgo. Con importantes templos o centros ceremoniales, sus conocimientos provienen de teotihuacanos y mayas, aunque algunos elementos toltecas (el *chacmol*, una escultura de guerrero tumbado, con cabeza y rodillas alzadas, y con un lugar de ofrendas en el vientre) pasaran luego a los mayas de Chichén-Itzá a partir de 1100. Los toltecas componían una sociedad militarista, que destacaba en los oficios manuales y mecánicos; adoraban a Quetzalcóatl, Tlaloc y otros dioses; sus médicos «conocían las calidades y virtudes de las hierbas», como dice fray Bernardino de Sahagún; eran hábiles en astrología, poseyendo conocimientos sobre el calendario y la numeración.

Los chichimecas de Xólotl destruyeron Tula en el siglo XIII, asentándose en Tenayuca, de donde pasaron a Texcoco. A su vez, serían conquistados por los aztecas o mexicas que, en 1325, fundaron en un islote de la cuenca de Méjico su capital Tenochtitlán, como —según la leyenda— les había ordenado su dios Huitzilopochtli. Allí establecieron una alianza con Texcoco y Tlacopán (los tepanecas), y crearon una teocracia militar-imperialista.

Los aztecas describieron su religión e historia en el Calendario o *Piedra del Sol*. La falta de un alfabeto fonético no les impidió expresar sus poesías y pensamientos filosóficos; su escritura, inicialmente pictográfica, pasó a ser ideográfica y luego fonética, aunque ésta no se usaba sino mezclada con las otras, según Alfonso Caso [23]. Además del calen-

[22] Tal es la tesis defendida por Piña Chan, pp. 207-211.

[23] Caso, A., *El pueblo del Sol*, Méjico, F.C.E., 1953. Para el tema de la religión azteca, además de obras clásicas como la de Piña Chan, es útil la interpretación de Marvin Harris en *Introducción a la Antropología general*, Madrid, Alianza, 1984, 5.ª ed., pp. 428 y ss. Por otro lado, y en lo relativo a los calendarios, debe consultarse el encomiable trabajo de Alfonso Caso, *Los calendarios prehispánicos*, Méjico, U.N.A.M., 1967.

dario (tenían uno solar, de 365 días, y otro religioso, con 260), tenían una numeración de tipo vigesimal. Sus jardines botánicos y zoológicos muestran gran afición al estudio de la Naturaleza (especialmente útil en el caso de yerbas medicinales), así como al de la medicina: Sahagún decía que sus médicos podían «concertar los huesos, purgar, sangrar, sajar al enfermo y dar puntos».

Los incas formaron un imperio tras someter a los distintos pueblos de la área andina, precoces conocedores de la agricultura [24]. Poblada y urbanizada en torno al año 3000 a.C. por pueblos agrícolas, conoció varias fases y culturas. Una de las más antiguas fue la de Chavín (1200-500 a.C.), que no figura en las crónicas de los españoles, y que nos es conocida por los vestigios arqueológicos y arquitectónicos que nos ha dejado en la sierra y costa peruanas. Floreció en los siglos IV y V d.C.; son pocas las informaciones que nos proporcionan su templo de muros ciclópeos —estudiado por Julio Tello—, así como sus esculturas o relieves, con monstruos geométricos. Su orfebrería también muestra esos monstruos antropomorfos, que nos llevan a identificarlos con amuletos en los que representarían a sus dioses: quizá sean la muestra de una religión intimidatoria, impuesta por un grupo sacerdotal con ansias de poder.

Tras su desaparición surgen diversas culturas regionales, entre las que deben mencionarse las de Recuay (en la Sierra del Norte), Pucara (cerca de Tiahuanaco), Paracas (al sur de Lima) y Chancay (en la costa

[24] Marvin Harris, *op. cit.*, p. 188, dice que la agricultura andina se inició al mismo tiempo que en Mesoamérica (o quizás antes): dos tipos de judías cultivadas, encontradas en Callejón de Huaylas (Perú) se dataron con el carbono 14 entre 7680 y 10000 a.C., y el maíz más antiguo de Sudamérica lo encontró Mc Neish en Ayacucho: 6300 a 4800 a.C. De la antigüedad de la civilización andina, cuyo inicio se estima en torno al 3000 a.C., se siguen encontrando vestigios arqueológicos. En nuestros días, la prensa se ha hecho eco de lo que en este libro se evidencia y afirma: como señala el doctor Richard Burger, de la Universidad de Yale, «hay que comenzar a revisar la idea de que el Viejo mundo comenzó a desarrollarse mucho antes que el Nuevo mundo». Esta rotunda afirmación viene a propósito del hallazgo, en la Pampa de las Lamas-Moxelte (al norte de Lima), de una civilización urbana con grandes edificaciones, organización, y transacciones comerciales. Esto supone que el área andina comenzó a desarrollarse 1000 años antes que la mesoamericana (contra lo que hasta ahora se pensaba), y simultáneamente a las de Mesopotamia y Egipto. El reportaje del hallazgo realizado por los profesores de la Universidad Panamericana de Edimburgo (Tejas) apareció en el diario *El País*, el jueves 5 de octubre de 1989, en su p. 44.

del norte de Lima). Sus características generales muestran una transición hacia dos civilizaciones de mayor entidad cultural: la moche y la nazca.

La cultura mochica floreció desde el 300 a.C. hasta el 1000 d.C., en la región del río Moche, al norte de Perú; allí erigieron una de las estructuras más gigantescas construidas por el hombre: una pirámide de 300 metros de longitud por 160 de ancho, en la que emplearon cerca de 140 millones de ladrillos de arcilla; tenía 30 metros de altura, y estaba recubierta de vistosos murales. Es especialmente destacable su cerámica, de gran belleza y expresividad, en la que sobresalen los huacorretratos: en ellos aparecen nobles, mendigos y hombres sin nariz (no cortada en castigo por algún crimen, como siempre se decía, sino extirpada para evitar los efectos de la infecciosa *uta*), así como guerreros, y correos o mensajeros; es conocido su gran realismo, pues representa todas las actividades de la vida ordinaria, incluso las sexuales [25]. También deben destacarse sus tejidos, brocados y tapices, minuciosamente bordados con oro, turquesa y plumas entretejidos en la tela, y de los que se estima contenían hasta casi 200 matices de color.

Contemporánea y paralela a ella, en el desierto entre Nazca e Ica (al sur de Lima), existía la cultura nazca (300 a.C.-1000 d.C.), ya antes mencionada. Recordemos que las gigantescas figuras que dibujaron en aquel desierto evidencian importantes conocimientos geométricos (y quizás astronómicos), aunque no tenían escritura. Su cerámica es de las más notables por su colorido, originalidad y variedad, así como por su expresividad y realismo. Tuvo fructíferos contactos con los huari de Ayacucho.

La cultura aymará de Tiahuanaco (500-1300) fue la de una sociedad teocrática formada en la ribera boliviana del lago Titicaca. Se erigió como un importante centro ceremonial, en el que destacaba el *Acapana* —una pirámide escalonada con 210 metros de lado— y la *Puerta del Sol*, y demográfico: tuvo cerca de 15.000 habitantes durante los 500 años de su época de esplendor (siglos VI-XI). Sus tejidos y cerámica

[25] Al lector español le será fácil encontrar el interesante artículo que, sobre sexo y erotismo en la cerámica preincaica, escribieron Inma Sánchez Montañés y Germán Vázquez Chamorro en *Historia 16*, n.° 32, 1978; en el caso mochica, este erotismo era un elemento religioso de su cultura, puesto que su deidad principal era la Luna. Sobre los mochicas, véanse la obra de L. Larco Hoyle: *Los mochicas*, en 2 vols., Lima, 1939, y la de F. Cossio del Pomar, *Arte del Perú precolombino*, Méjico, F.C.E., 1949.

muestran sus contactos con la cultura nazca, a la que absorbió. Conocían la metalurgia, y fabricaban bronce.

El imperio chimú (1000-1400) surgió en la costa norte del Perú; su capital, Chanchán, de 21 kilómetros cuadrados, fue una de las ciudades más grandes y ricas del mundo en esta época, cuando Europa era aún el pobre escenario rural de luchas entre nobles feudales que se disputaban tierras y coronas. Conocían la escritura —según el padre F. Montesinos—, pero no nos queda ningún resto de ella. Utilizaban el correo de postas para la transmisión de mensajes oficiales, que debieron tomar de los mochicas —a los que conquistaron— y transmitir posteriormente a los incas. Los dibujos de sus tejidos y cerámicas —muy realistas en éstas—, y las ruinas de su capital, tomada por los incas en 1467, nos revelan una civilización muy avanzada.

Finalmente, los incas (Cuzco parece fundarse hacia el año 1100), después de luchar contra sus vecinos y ampliar su territorio, iniciaron en torno a 1438 su expansión, bajo el mando de Pachacútec. Sus conocimientos científicos y tecnológicos eran altos: el *Templo del Sol* en Cuzco era no sólo el lugar central del imperio, sino un buen ejemplar de su técnica arquitectónica y el exponente de sus conocimientos astronómicos. A este respecto, su astronomía era aún mediocre por no haberse liberado de su carga mítica [26]; pero tenían un calendario adelantado, como el nuestro actual, que les permitía el control de las tareas agrícolas. En lo que a medicina se refiere, algunas enfermedades europeas (rubeola, escarlatina) eran desconocidas allí; sin embargo, causaban estragos —y a veces la muerte— otras, como la verruga, la *uta* y la sífilis. Los remedios habituales eran dietas, purgas, emplastos, sangrías y farmacopea vegetal, especialmente la coca. Parece que su numeración era decimal, utilizando para la contabilidad —y quizá como escritura— un sistema de *quipus*, a base de cordones, de diversos colores, con nudos. Lo realmente sorprendente para un occidental es la habilidad de sus cirujanos, que desde antiguo practicaban la trepanación: se han encontrado cráneos con muestras de haberla sufrido hasta cinco veces.

[26] Tal es la opinión de I. Baundin en *La vida cotidiana en el tiempo de los últimos incas*, B. Aires, Hachette, 1958, pp. 187 y ss. Por su parte, el etnólogo Marvin Harris, en su obra citada, toca el tema de las mentalidades en el Tahuantinsuyo o imperio inca: véanse sus pp. 129 y ss.

Capítulo II

EL SIGLO XVI: IMPACTO DEL DESCUBRIMIENTO EN EUROPA Y AMÉRICA

Entre la leyenda y la realidad: llegadas precolombinas

Que Colón no fue el primer navegante que, procedente de Eurasia, llegó a América, es algo ya admitido. Lo que es indudable es que sí fue el primero en comunicar al resto del mundo su descubrimiento: había una nueva ruta, la occidental, que llevaba a las Indias (la oriental era ya utilizada por los portugueses, enemigos y rivales de Castilla). Más tarde, éstas resultarían ser unas tierras diferentes a las que se creía, y se las denominaría *América*. Pero, a finales del siglo xv, aquel comunicado conmocionó a los europeos; a los geógrafos y navegantes, porque les obligaba a replantearse su concepción del mundo y de las rutas; a los monarcas y políticos, porque abría un camino de expansión a sus reinos feudales; a las gentes en general, porque el asombroso mundo descrito en el siglo xvi por Marco Polo se volvía más cercano para todos. Un espíritu de codicia se adueñó de toda Europa.

Desde entonces se ha debatido mucho si Cristóbal Colón conocía previamente la existencia de aquellas tierras al final de la ruta del oeste, si otros habían llegado a ellas antes que él, y si éstos lo habían comunicado de alguna forma a otros navegantes. Son muchos los interrogantes que se han ido planteando hasta hoy; pero aún no pueden darse respuestas precisas y científicamente probadas. Lo que sí es cierto es que Colón realizó lo que el romano-cordobés Séneca había escrito en su tragedia *Medea* durante el siglo i d.C.: «Con el transcurso de los perezosos años, vendrán siglos en que el Océano rompa sus cadenas y aparezca, ingente, la superficie de la Tierra; en que Tetis descubra nuevos orbes y no sea Tule el término del mundo».

Tetis era la diosa griega del mar, madre de las Oceánidas, y Océano, el mayor de los Titanes e hijo de Urano y de Gea, era el dios del mar; con estas alegorías de la mitología helenística quería Séneca decir que llegaría un día en que los intrépidos hombres de aquella Europa (entonces romana) irían más allá de Thule y podrían conocer toda la superficie de la Tierra; en aquel momento, y debido al sistema de navegación costanera (navegación paralela a tierra, cuya vista no debía perderse desde el barco), el trazado de la superficie de la tierra era totalmente desconocido, aunque el área de su superficie como tal ya hubiera sido calculada por Eratóstenes en el siglo III a.C. Tule o Thule era Islandia, situada en medio del Atlántico norte, entre el Viejo y el Nuevo continente, tan equidistante de ambos que es difícil asignarle cuál es el suyo; si se la considera europea no es por razones geográficas, sino porque sus habitantes llegaron de Europa desde la antigüedad: allí arribaron el griego Piteas en el siglo IV a.C. y los monjes irlandeses en el siglo VI d.C., siendo luego repoblada por los normandos, y pasando a pertenecer a Dinamarca desde el siglo XV hasta su independencia en 1944.

Sobre posibles llegadas a América antes de Colón, ha señalado Th. Fleming [1] que un barco fenicio de Sidón, en el 531 a.C., debió alcanzar la desembocadura del río Paraíba do Sul, a 250 kilómetros al norte de Río de Janeiro. Al desembarcar, grabaron un mensaje en una piedra manifestando que habían salido del mar Rojo el «decimonoveno año de nuestro poderoso rey Hiram», y que ellos habían sido apartados «por la mano de Baal» del resto de su flota, que circunnavegaba África. Cuando esa piedra se encontró hace ahora casi 100 años, el Instituto Histórico de Brasil la remitió a la mayor autoridad existente entonces en lenguas semíticas: Ernest Renan. Pero éste la calificó de falsa porque interpretó mal el texto.

[1] Respecto a llegadas a América anteriores a la de Colón, han aparecido muchas noticias y artículos de gran divulgación entre el público. Así, por ejemplo, en 1965 saltaba a las primeras planas de todos los periódicos del mundo la adquisición —hallazgo para otros— por parte de la universidad norteamericana de Yale de un mapa medieval que probaba el conocimiento de América por los vikingos de Erik el Rojo, que la habían denominado *Vinland* (traducida por algunos como *Tierra del Vino*). En esta línea estaría el libro *Viking America*, de James Enterline. Al margen de sensacionalismos, ha habido trabajos serios de alta divulgación —por ejemplo, el de Thomas Fleming— y libros como el de Cyrus Gordon, titulado *Before Columbus* y editado en 1968.

En Guatemala se ha encontrado un incensario, con una cabeza de hombre esculpida, cuyos rasgos, nariz y barba parecen identificables claramente con los de un semita; y, sin embargo, fue realizada por los mayas del período clásico alrededor del año 500 d.C. ¿Podría suponer una presencia o contacto comercial entre Mesoamérica y árabes de Asia o África? Igualmente, cita Fleming a Hoei-shin, un monje budista que afirmaba en el año 449 haber viajado a China desde una tierra a 20.000 leguas chinas hacia el este; en su relato, describía costumbres de las civilizaciones mesoamericanas, singularmente las de los mayas Itzá.

De idéntico modo, repetidamente se ha aludido al mapa del almirante turco Piri Reis: sabemos que fue trazado en 1513. Pero, según algunos autores, este mapa era copia de otro anterior que —a su vez— había reproducido uno de la Biblioteca de Alejandría, destruida alrededor del 640 por el Califa Omar. En él se describía la costa oriental de América del Sur, la cual ya era conocida en 1513; pero también describía el norte de la Antártida, situando ambas a una distancia correcta de África, lo que ni Colón ni su generación podían calcular con sus todavía imprecisos instrumentos.

En 1961 se descubrió, en una pirámide de Calixtlahuaca (Méjico), un busto que parece datar del año 200 de nuestra era y ser de origen romano. De idéntico modo, el hierro trabajado encontrado en tierras de Virginia (EE.UU.) tiene una semejanza casi total con el que se fabricaba en Grecia y Roma; copas de bronce halladas bajo los restos de hierro son notoriamente similares a las encontradas en las ruinas de Pompeya. En principio, esto no debería resultarnos extraño, sobre todo si tenemos en cuenta que hubo naves romanas —y chinas— mucho mayores que la *Santa María*. Tales navíos podrían haber cruzado, azarosamente en principio, el Atlántico... o el Pacífico. Además, el navegante Thor Heyerdahl, con sus balsas *Kon-Tiki* y *Ra*, afirma haber probado que el Pacífico podía salvarse usando sólo la fuerza del viento y las corrientes marinas [2].

[2] La tesis primitiva de Thor Heyerdahl era la de una posible comunicación mutua entre polinesios y amerindios; actualmente está desestimada porque los científicos admiten la posibilidad de que los polinesios navegaran hasta América (lo que estaría en relación con los enigmas planteados por las estatuas de la Isla de Pascua), pero no que los amerindios pudieran haber llegado a Polinesia. En lo referente a la supuesta llegada de polinesios a Perú, véase lo recogido por el padre J. Anello Oliva, cuya cita y explica-

Finalmente, es ya sabido [3] que los vikingos noruegos —los normandos— empezaron en el siglo IX su expansión, estableciéndose en Islandia (la antigua Thule) desde el año 874. Así, navegando hacia el noreste llegaron a las islas Spitzberg, que pronto fueron abandonadas; hacia el oeste arribaron a una isla más extensa que fue denominada *Groenlandia*, en la que se establecieron. Explorada por Eirik Thorvaldsson Rauda, *Erik el Rojo*, éste convenció a sus compañeros alrededor del año 985 de que las colinas y valles —entonces ricos en hierba y flores— del extremo sur de la isla les permitirían establecer granjas similares a las de Islandia o a las de su lejana Noruega.

Desde estas colonias vikingas de Groenlandia, el hijo de Erik, Leif *el Afortunado*, partió con rumbo al oeste. Según cuentan sus sagas y tradiciones —puestas por escrito en Islandia dos siglos después— descubrió hacia el año 1000 Helluland, Markland y Vinland. Helluland *(llanura rocosa)* ha sido identificada con la isla de Baffin, vecina de Groenlandia hacia el oeste; Markland *(tierra de maderas)*, con la cercana península del Labrador, llena de bosques. El problema lo plantea Vinland (que suele traducirse como *tierra de vino)*; J. Enterline traduce como *tierra de pastos*, lo que le permite ubicarla en algún punto de la bahía de Quebec, mientras que otros autores la sitúan en la cercana isla de Terranova, o en la de Nueva Escocia.

Aquellas gestas se esfumaron y el mundo no tuvo noticia cierta de ellas, conservándose su recuerdo sólo en las poesías de las Sagas y en los escritos de algún historiador antiguo, como Adam de Bremen.

ciones están en la obra de Luis Baudin, *La vida cotidiana en el tiempo de los últimos incas*, Buenos Aires, Hachette, 1958; singularmente, las pp. 31-35.

[3] Está demostrada la presencia vikinga en Groenlandia por restos encontrados en excavaciones, algunos de los cuales estaban en tierras ahora heladas. Respecto a su llegada a Norteamérica, parece probada por lo dicho en la nota n.º 1. El mapa supuestamente precolombino fue objeto de viva polémica en la Universidad de Yale, primero, y entre sus profesores y otros científicos norteamericanos y europeos después. Como en muchas otras cosas, no constituye una prueba terminante que acepten todos, aunque —hablando en general— la hipótesis está admitida como válida en este momento. Sobre las expediciones vikingas, es fácilmente asequible al lector español la obra de René Sedillot, *Historia de las colonizaciones*, Barcelona, Aymá, 1961; en sus pp. 140-145 se trata de las expediciones realizadas hacia el oeste por los hombres del norte (suecos, noruegos y daneses). También es muy interesante el libro *La conquista de la Tierra*, de varios autores, editado en Madrid, 1970, por las ed. Salvat y Alianza, en el n.º 82 de la colección «Libros RTV».

Pero el problema es más complejo aún. El continente americano está bañado por otro inmenso mar: el océano Pacífico. Por allí pudieron llegar en balsas (y seguramente lo hicieron) pobladores primitivos, procedentes de los archipiélagos de Asia u Oceanía, que compartieron aquellas tierras con los que habían entrado en el continente a través del helado estrecho de Bering. Incluso pudieron llegar gentes de países cultos orientales, como los chinos: poseían buques de gran envergadura y calado, la brújula y otro tipo de conocimientos que les capacitaban para una larga travesía oceánica. Sin embargo, sólo aquel puñado de navegantes españoles pudo volver para contar su descubrimiento al resto del mundo.

La consecuencia de todos estos hallazgos arqueológicos ha sido reavivar la vieja polémica sobre el origen del proyecto de Colón: ¿fue una dedución de su experiencia marinera?, ¿o quizás el resultado de la confidencia de algún navegante que conocía la existencia de aquella ruta... o de aquellas tierras?, ¿o el fruto de su exhaustivo estudio de mapas históricos?, ¿o la feliz consecuencia de un presentimiento basado en la experiencia y la lógica? Como quedó señalado arriba, nadie puede dar aún una respuesta convincente y definitiva a estas preguntas. Lo realmente cierto es el hecho de que sólo desde Cristóbal Colón tuvo el mundo conocimiento, probado y demostrado, de la existencia de la ruta occidental y de las tierras situadas al final de esa ruta, que desde el siglo XVI son conocidas con el nombre de América; el mérito de Colón radica en el descubrimiento de la ruta de ida y vuelta, del sistema de vientos alisios y contralisios. Ese hallazgo supuso un profundo impacto en toda Europa.

La sorpresa de los descubridores

Cuando el 12 de octubre desembarcaron los españoles en la isla de Guanahaní vieron «árboles muy verdes y aguas muchas y frutas de diversas maneras», pero lo que les causó sorpresa fue observar que los naturales eran «gente desnuda», lo que les hizo afirmarse en su error de encontrarse en alguna isla de la India, cerca de Cipango (Japón). Colón describió la salvaje belleza de los naturales, y el sistema de intercambio de mercaderías que con ellos hicieron. Se lamenta de no conocer bien las especias entre «las mil maneras de árboles, que tienen

cada uno su fruta, y mil maneras de hierbas», pues uno de los objetivos fundamentales del viaje era buscar las rutas de la especería. Por fin, el 17 de diciembre consigue, en un trueque de mercancías con un cacique de La Española, dos pedazos delgados de oro labrado: era la primera vez que recibía oro americano.

Las páginas del *Diario* [4] de Colón, desde el 12 de octubre de 1492 hasta el 17 de enero siguiente, contienen 65 pasajes sobre el oro. Esta preocupación le parece obsesiva a P. Vilar [5], y es una buena muestra de que en las mentalidades de aquel momento no se hacían las distinciones actuales entre lo espiritual y lo temporal. En realidad, Colón buscaba una ruta hacia China y, a la vez, especias y oro. Por eso, al descubrir islas se preguntaba por el oro en primer lugar, y por otros productos después; no por ello olvidaba que era portador de cartas para el Gran Khan, ni que debía ampliar la cristiandad evangelizando a las gentes que encontrase, así como que el oro que pudiera traer en aquel viaje estaba prometido para la Cruzada contra los turcos [6].

De ahí que, una de sus frases típicas, varias veces repetida a lo largo de su *Diario*, fuese ésta:

> Así que deben Vuestras Altezas determinarse a los hacer cristianos, que creo que si comienzan, en poco tiempo acabará de los haber

[4] Desgraciadamente, los *Diarios* de Colón se han perdido. Sólo disponemos de un extracto hecho por Bartolomé de Las Casas, que fue publicado por Martín Fernández de Navarrete... ¡en 1825!, intercalándolos en su obra *Colección de los viajes y descubrimientos que hicieron por mar los españoles desde fines del siglo xv*. Sin embargo, a fines del siglo pasado, con ocasión del cuarto centenario del descubrimiento, una comisión italiana emprendió la ingente tarea de hacer la *Racolta di documente e studi publicati dalla scoperta dell'America, Scritti di Cristoforo Colombo*, Roma, 1892, en 14 vols., con unos acertados comentarios de De Lollis; esta obra aclara no pocas dudas, vacilaciones y errores. Sin embargo, los textos colombinos aparecidos en España se han limitado, por pereza o rutina, a copiar la edición de Fernández de Navarrete, sin tener en cuenta el trabajo de los italianos. En la editorial Alianza, de Madrid, ha aparecido hace pocos años una edición crítica de los *Textos y documentos completos* de Cristóbal Colón.

[5] Pierre Vilar, *Oro y moneda en la historia (1450-1920)*, Barcelona, Ariel, 1972, 2.ª ed. Véanse las pp. 85 y ss.

[6] El tema de la Cruzada contra los turcos, y de las imbricaciones entre lo espiritual y lo temporal, era algo corriente y normal en la España (y la Europa) de aquel momento concreto. Muestra de ello es que en las Cortes de Monzón —celebradas en 1510 para la Corona de Aragón— los aragoneses votaron 500.000 libras al rey Fernando para que conquistase y anexionase Jerusalén al Reino de Aragón... y concediese a los catalanes el privilegio de comerciar en África.

> convertido a nuestra Santa Fe multidumbre de pueblos, y cobrando grandes señoríos y riquezas allí todos sus pueblos de España. Porque sin duda es en estas tierras grandísimas sumas de oro...

Esto nos lleva a deducir, por sí sólo y sin necesidad de la confirmación de las demás fuentes de que disponemos, que ese era el principal motivo y objetivo de su viaje, tanto para él como para los reyes que se lo habían financiado. Sabemos que en su primer viaje vio muy poco; pero él mantuvo la idea de que había llegado a un mundo fantástico, que él seguía creyendo Asia, haciendo una intensa labor propagandística que le permitió llevar en su segundo viaje 17 barcos y 1.500 hombres (frente a los 3 barcos y 87 hombres del primero). Fue precisamente en este segundo viaje cuando se efectuó, en las Antillas, la primera explotación de oro; recuérdese que, en la obtención inicial del oro americano se empezó por captar el oro de los indios —mediante trueque— y se acabó por buscarlo en los aluviones de los ríos —por el sistema de lavado de sus arenas en bateas—. Earl J. Hamilton afirma que el oro que llegó a España en aquel primer tercio del siglo XVI fue de 4.950 kg. en el período 1503-1510; 9.153 kg. en el de 1511-1520; y 4.889 kg. en el de 1521-1530. La cantidad máxima se alcanzaría en el decenio 1551-1560, con 42.600 kg. de oro.

Esa codiciosa búsqueda del oro llevó a los españoles a crearse mitos y esperanzas extrañas. Los que se adentraron en la zona andina, advirtieron que los chibchas del valle del Cauca (oeste de Colombia) poseían una gran habilidad y destreza en la elaboración de sus aderezos de oro. Tras hacerse con varios de éstos, creyeron estar cerca del país del hombre de oro (El Dorado), donde esperaban hallar ricas minas del precioso metal. La realidad es que el cacique de Guatavita, siguiendo usanzas religiosas, en ciertos días del año se hacía ungir todo el cuerpo que, luego, era espolvoreado con oro; tras ello se bañaba en la laguna sagrada, ofreciendo así el metal áureo a la diosa que moraba en ella [7].

A pesar de todo esto, los documentos de los descubridores y primeros exploradores de América son verdaderos documentos científicos:

[7] Richard Konetzke, *América latina. II: La época colonial*, Madrid, Siglo XXI, 1971, p. 14.

nos describen la Naturaleza —testimonio para el estudio de la historia natural, o ciencias naturales de América— y las realizaciones y conocimientos de sus habitantes, lo que nos da idea de su ciencia y tecnología. Así, en su tercer viaje, el almirante Colón nos proporciona una primera visión de Tierra firme. En todas sus descripciones, así como en las de otros contemporáneos [8], se evidencia la profunda impresión que les causaba el verdor y exuberancia de bosques y campos cultivados —a los que comparaban con las mejores campiñas andaluzas—, la bravura de aquel mar al encresparse, y los extraños animales que se criaban en aquellas tierras, singularmente las aves y peces.

Lo mismo le ocurriría a Amérigo Vespucci años después, y a otros exploradores y cronistas de Indias; todo lo que allí veían les producía asombro: el tabaco —cuyas hojas masticaban los indios—, los alimentos de maíz —«que es grano»— y cazabe o pan de yuca —«que es raíz»—, los animales extraños —peces voladores, pájaros que hablaban, el manatí—, los violentos huracanes y, también, las costumbres, cultura y ciudades de los indígenas. Basta leer las *Relaciones* de Cortés al llegar al Méjico azteca, que bautizó en 1520 como Nueva España por sus mutuas semejanzas en fertilidad, grandeza, ríos, etc., y sus descripciones de Cempoala, Tlaxcala, Cholula y Tenochtitlán. Bernal Díaz del Castillo reflejaba sus impresiones sobre el valle de Méjico diciendo: «Nos quedamos admirados y decíamos que parecía a las cosas de encantamiento que cuentan en el Libro de Amadís».

A medida que los españoles entraban en contacto con los indígenas, se asombraban con aquellas gentes, que por su desnudez les pare-

[8] Entre los primeros cronistas de Indias que describieron a los habitantes (indios, fauna y flora) y el aspecto del nuevo mundo hallado por Colón, además de los *Diarios* mismos del almirante, deben ser mencionados el doctor Diego Álvarez Chanca, médico embarcado en el segundo viaje colombino (1493-1496), que escribió una larga carta o relación descriptiva al cabildo de Sevilla (Colón no escribió *Diario* en esta segunda visita a las islas antillanas); el florentino Amérigo Vespucci, que viajó con Alonso de Ojeda y Juan de la Cosa en 1499; Gonzalo Fernández de Oviedo, con su monumental obra; fray Bartolomé de Las Casas, que escribió una *Historia general de las Indias*; y, finalmente, Hernando Colón, el hijo del almirante. Respecto a esta temática, véase el interesante trabajo de Lourdes Díaz Trechuelo titulado «La primera visión de América en los descubridores y cronistas de Indias», en *Descubrimiento y fundación de los Reinos de Indias (1475-1560)*, Madrid, Col. Doctores y Licenciados, 1988. Una aproximación a los protagonistas de la conquista de América puede hacerse a través de la asequible y ya clásica obra de F.A. Kirkpatrick, *Los conquistadores españoles*, Madrid, Espasa-Calpe, Col. Austral, 1940, varias veces reeditada.

cían salvajes: no conocían el hierro, ni la rueda, ni el torno del alfarero, ni los animales de tiro. Y, sin embargo, tenían hermosas cerámicas, fina orfebrería, y algunos vivían en ciudades mejores o mayores que las que ellos conocían en España y en Europa. ¿Cómo podía explicarse tal contradicción? Cuando comerciaban con ellos, lo hacían por el sistema de trueque; pero cuando comerciaban los indios entre ellos, los españoles observaban que pagaban con *almendras* (debían ser granos de cacao, que se utilizaban como moneda en la zona maya). Por otro lado, conforme pasaba más tiempo, se extendía la convicción de que aquella tierra no era la India ni la China, sino un mundo nuevo, desconocido hasta que ellos lo habían encontrado y descrito. De ahí que se preguntaran con gran intriga qué eran aquellas tierras, quiénes las gentes que las habitaban y cómo habían podido construir aquellas moles inmensas y ricas que eran sus templos.

Los conquistadores que llegaron a la región maya vieron un estilo artístico extraño, pero descubrieron que aquellos hombres eran grandes matemáticos, con un sistema en el que el cero les permitía hacer cálculos exactos en el calendario solar, así como sobre el ciclo venusiano y los eclipses, y cuya alfarería polícroma se reflejaba en sus códices, plegados como biombos. Y en Tenochtitlán admiraron una ciudad cruzada por canales y calzadas —que les recordaba a Venecia—, con acueductos y fuentes públicas, pajareras y jardines botánicos, escuelas y mercados, templos grandiosos y lugares de reunión. Y por doquiera que fuesen, los campos cultivados les mostraban los frutos espléndidos de una tierra feraz que premiaba con exceso el trabajo de sus dueños.

Aquellos sobrios soldados procedentes de Castilla habían vivido la rudeza y aridez de su tierra de origen, los esfuerzos de sus gentes para lograr el pan, las disputas entre pueblos y familias por conseguir un poco de tierra: al contemplar la riqueza natural de las Indias recién descubiertas les parecía haber llegado al Paraíso. Por todo ello, podríamos decir que hay una primera etapa (1492-1502) de asombro y descripción de las Indias, llamadas «occidentales» por la ruta, o «de la Mar Océana» por el medio de llegada. En la segunda etapa (1502-1513) ya se sabe que aquellas tierras no eran Asia, sino un Nuevo Mundo. La tercera (1513-1520) está marcada por la búsqueda del paso al océano Pacífico y Asia, lo que probaría la redondez del orbe: Magallanes encontró el paso del sur en noviembre de 1520, y los ingleses y los noruegos el paso del norte a principios del siglo XX.

El impacto en América de la llegada de los europeos

En los amerindios se produjo un primer impacto de tipo psicológico, de asombro: además de la extrañeza causada por gentes y naves desconocidas, aquellos hombres barbudos traían mercaderías exóticas allí nunca vistas. Por ello, rápidamente se reprodujo el sistema más primitivo de comercio: el trueque o intercambio de objetos. Las resplandecientes armaduras, el sonido metálico de espadas y espuelas, los grandes y ruidosos caballos, el tronar de los cañones y mosquetes, las enormes y altas naves que traían los españoles asustaban a los indios, que confundían a los conquistadores con dioses o seres celestiales. Las actuaciones de éstos, a su vez, hicieron a los indios sospechar que no eran sino hombres venidos de otro lugar. En un lugar lograron los indígenas coger a un español y sumergirle en el río hasta que se ahogó: eso probaba que era un hombre, no un dios. Igual ocurrió con los caballos: de ofrecerles oro para comer, los indios pasaron a cuidarlos —como criados de los españoles— y luego a robarlos, domesticarlos y montarlos.

En las áreas mesoamericana y andina, el impacto inicial tenía bases religiosas o míticas; desde el Oriente donde nace el sol habían llegado a sus tierras unos hombres barbados, cuyos cuerpos brillaban con los rayos del sol que reflejaban sus corazas: la profecía de Quetzalcóatl —Kukulkán para los mayas—, la Serpiente-Emplumada, se había cumplido, y los *teteuh* (dioses) descendientes del dios-sacerdote de piel blanca habían regresado a su tierra, a tomar posesión de lo que era suyo y había sido arrebatado a Quetzalcóatl. Así pensaba Moctezuma II al recibir a Cortés, y algo similar estaba en la mente de las civilizaciones amerindias más importantes, debido a sus elaboradas formulaciones religiosas.

Hubo otro impacto, más negativo, de tipo sociodemográfico. En las Antillas, el deseo de ganancia inmediata de los primeros conquistadores les impulsó a apoderarse del oro existente en aquel territorio. Pierre Chaunu llama «ciclo del oro» al corto período (1494-1525) en el que se explotó el oro de aquellas islas. Primero se empezó comprando (por trueque) el oro de los indios, que lo usaban como adorno, no como moneda; en tres años colectaron el oro que los indios habían producido en los 1.000 años anteriores. Después se empezó a obtener en los *placeres*: el oro de aluvión debía obtenerse lavando y moviendo

la arena en bateas. Para ello utilizaron a los naturales, y esto produjo un desastre: aquella mano de obra forzada no estaba acostumbrada a un trabajo agotador —normal en Castilla, pero no allí—, ni lo resistía con una alimentación de dieta tan pobre como la que ellos tenían; además, restaba brazos para la agricultura local, y suprimía las cosechas de subsistencia. De ahí el hundimiento de la población, que quedó casi aniquilada en Santo Domingo, Puerto Rico y Cuba sucesivamente.

Al margen del debate entre historiadores sobre las cifras, altas o bajas, de la población inicial amerindia, lo cierto es que una acientífica y tergiversada *leyenda negra* ha achacado a España la aniquilación de la población indígena por utilizarla en cuasiesclavitud, y por haber introducido allí enfermedades que causaron un inmenso número de muertes. La falsedad de muchas de estas acusaciones vertidas a lo largo de siglos está siendo demostrada hoy por la paleopatología, disciplina médica con apenas un siglo de existencia. A caballo entre la biología y la arqueología, el análisis de los restos óseos de nuestros antepasados (o de sus restos momificados) permite conocer qué enfermedades tuvieron, y si las superaron o no. Así, por ejemplo, E. Strouhal afirma que la tuberculosis ya existía en América a la llegada de los españoles, pues ha sido diagnosticada en restos pertenecientes a la peruana cultura nazca. En sentido opuesto, la sífilis que llegó a Europa debió ser una cepa microbiana más virulenta, pero ha sido diagnosticada en un cráneo del cuarto milenio a.C. hallado en el Alto Egipto; además, la sífilis fue durante mucho tiempo enmascarada con la lepra: en los siglos XI y XII se aplicaban unciones de mercurio a los leprosos, lo que es inútil para estos enfermos, pero sí sirve para tratar la sífilis [9].

Con todo, debe admitirse que las guerras de conquista causaron muchas víctimas: no sólo hubo muertes producidas por las armas españolas (singularmente, los cañones), sino por las luchas internas de sus aliados indios contra los indios enemigos, como es ya sabido. Pero

[9] Sobre esta temática, la Fundación Caixa de Pensions organizó hace poco un cursillo en Barcelona, coordinado por Domenec Campillo, en el que intervinieron el director del Museo Antropológico de Praga, doctor Eugen Strouhal, y el danés Moeller-Christensen. A la opinión pública española le llegó sólo una breve reseña en los periódicos. A título de ejemplo, véase la de *El País*, el lunes 8 de enero de 1990, p. 23. Un estudio serio de la población amerindia, y de su disminución inicial por contagio con enfermedades nuevas, puede verse en Konetzke, *op. cit.*, pp. 85 y ss.

las luchas militares fueron de corta duración, y la catástrofe poblacional que allí se produjo se debió al traslado masivo de indios a los trabajos forzados en minas y granjas, así como a la aparición de nuevas enfermedades que diezmaron a la población. Konetzke ha dejado señalado que la «mortandad catastrófica de los indios se debió más a causas naturales que a masacres de la conquista».

En esta misma línea, Mario Hernández afirma que la población indígena se hundió por el cambio de alimentación, por el cambio de economía y por las enfermedades. En sus exploraciones y conquistas, los europeos —sin saberlo— llevaron consigo microbios y virus a los que ellos eran inmunes, pero que al infectar a los indígenas resultaron de una virulencia extraordinaria, produciendo un número de muertes a todas luces desproporcionado con los que esas mismas enfermedades causaban en el Viejo Continente. Según este autor, la más mortífera fue la peste porcina, seguida por la viruela, el sarampión y el tifus, hasta que el mestizaje con los españoles favoreció la adaptación biológica e inmunológica de los indios a las enfermedades europeas.

Esta cuestión ha sido de nuevo estudiada recientemente por Francisco Guerra: este médico español ha señalado que hubo un patológico intercambio de enfermedades o epidemias entre ambas comunidades, la española y la indígena. Señala que, a juzgar por los códices aztecas, en el área mesoamericana —por ejemplo— era endémica la fiebre amarilla, siendo corrientes el paludismo (o malaria), la frambesia (las llamadas *bubas*), la pinta (la única treponematosis que sólo se encuentra en América), la sífilis, la tripanosomiasis americana y la verruga peruana. Por el contrario, las principales enfermedades que allí causaron gran mortandad fueron la viruela, el tifus, el sarampión y la gripe: ésta ya había matado en 1530, en La Española, Cuba, Puerto Rico y Jamaica, al 95 % de los indios y a igual proporción de españoles

El indígena americano —concluye F. Guerra— fue masacrado por la enfermedad, no por el español. Lo cual no tiene nada de extraño: cuando los daneses llevaron la viruela a Islandia, en 1707, de sus 50.000 habitantes murieron 18.000. Eso mismo les ocurrió a los españoles que vivían en la capital de la Presidencia de Quito, cuando la peste de 1743: de las 40.000 personas que vivían en la capital, «en una epidemia de fiebre maligna pestilencial que dominó Quito —escribía J. Jussieu— y se llevó más de ocho mil almas», murió el 20 % de los habitantes. Más elocuente es el hecho de que, en nuestro siglo, cuando

la viruela apareció en Groenlandia (1951) contagió a 4.221 habitantes de los 4.458 que tenía un distrito [10].

El impacto cultural fue más profundo, pues inició un proceso de aculturación que destruyó, al menos oficialmente, las preexistentes culturas indígenas: comenzado con la evangelización, prontamente iniciada, culminó con la enseñanza o imposición de la cultura, lengua y mentalidad hispanas —y europeas— a los nuevos súbditos de los reyes. A la vez, los españoles trasplantaron a los indios las mismas formas de trabajo, prestaciones y organización de tipo cuasifeudal que ellos mismos poseían en la Península Ibérica. Esta hispanización mental se tornó igualdad jurídica, especialmente desde que la reina ordenó en su testamento (1504) que sus súbditos indios tuviesen los mismos derechos que sus súbditos españoles, y desde que el papa Paulo III dictaminase, en una bula de 1537, que los indios eran hombres verdaderos, con un alma racional, y podían disponer libremente de sí mismos y de sus propiedades [11].

La noticia del descubrimiento en España y en el Occidente cristiano

Como es lógico, la noticia produjo gran satisfacción, moral y material, en la Corte de los Reyes Católicos; ello supuso la inmediata creación de un esquema organizativo de gobierno y de una política de emigración y colonización, así como serios debates teológico-jurídicos sobre la justificación de la conquista, y acerca de los justos derechos de posesión. Prescindimos aquí de estos aspectos, pues son estudiados en otro volumen de estas colecciones. Recordemos sólo que Colón había ofrecido la empresa del descubrimiento a los reyes como la fuente

[10] Konetzke, *op. cit.*, p. 96; Mario Hernández Sánchez-Barba, «El conocimiento geográfico de América en 1520», en *Descubrimiento y fundación...*, pp. 77 y ss. Es muy interesante, por lo revelador que resulta, el estudio de Francisco Guerra, «El intercambio epidemiológico tras el descubrimiento de América», en *Misterio y realidad. Estudios sobre la enfermedad humana*, Madrid, CSIC, 1988. Respecto a la viruela en Quito, consúltese la correspondencia de J. Jussieu a A. Jussieu (concretamente, la carta enviada desde Quito el 26 de junio de 1744), que se halla en la biblioteca central del Museum d'Histoire Naturelle de Paris (ms. n.º 179).

[11] Konetzke, pp. 154 y ss. y 331 y ss.

económica de una campaña contra los ya poderosos turcos; los reyes, a su vez, vieron en ella una posibilidad de superar el déficit de la Hacienda Real por los gastos efectuados para la toma de Granada. Así pues, desde 1501 puede hablarse ya de la existencia de una verdadera Hacienda Real Indiana, formada por recaudaciones que se lleven a cabo en América con destino a la corona.

Al margen de lo que el descubrimiento supuso como aproximación de España a la riqueza y al poder mediante la ruta de la especería —como se creía al principio— o a través de la captación de oro —como se intentó después—, la realidad es que revolucionó los conocimientos y teorías científicas existentes sobre geografía y arte de navegación, al tratar de situar en aquellos mapas y cartas náuticas las islas y los territorios descubiertos.

En este sentido, hay que reconocer que la navegación del siglo xv inició la proyección de los europeos en todo el mundo. Ya en el siglo anterior, los genoveses habían empezado la búsqueda de rutas productoras de riqueza; así comenzó su acercamiento a las fuentes del oro sahariano, procurando eliminar todo intermediario. Tras el viaje, en 1291, de los hermanos Vivaldi fuera del estrecho de Gibraltar, Lanzarotto Malocello llegó a las islas Canarias a principios del xiv (una de ellas será bautizada con su nombre), y más tarde a la de Madeira (1341). Luego vendría la lenta penetración lusitana y portuguesa en Marruecos, seguida de exploraciones en las costas africanas: las islas Azores (1431), Cabo Bojador (1434), Cabo Verde (1444), Tánger (1471) y la zona ecuatorial (1472-1474); la llegada de Cao a la desembocadura del río Congo se produce en 1482, Días dobla el cabo de Buena Esperanza en 1488, y Vasco de Gama llega a la India en 1498. Al año siguiente, Cabral desembarcaba en Brasil.

España y Portugal se habían repartido el mundo en el Tratado de Tordesillas (1494), con la anuencia del papa Alejandro VI —el español papa Borja—, dejando para Portugal el espacio al este de una línea imaginaria (un meridiano) trazada a 170 leguas al oeste de las Azores, o 370 al oeste de Cabo Verde. Esto rompía lo establecido en 1456 por el papa Calixto III, en cuya bula se concedía a los portugueses el virtual monopolio de los descubrimientos geográficos. Es sabido que, en sus exploraciones, los primeros resultados fueron más favorables a los portugueses que a los españoles, pues aquéllos encontraron antes lo que buscaban: las especias de Oriente. Pero la evolución de los acon-

tecimientos acabó por favorecer a España: durante el siglo XVI vio llegar a sus puertos varias toneladas de oro anuales.

La concepción geográfica o imagen del mundo que tenía Colón, era similar a la de los primeros descubridores, y se basaba en la geografía medieval, entonces renovada por Toscanelli. Además, el genovés Colón leía y glosaba el *Libro de Marco Polo* y las fantasías de Juan de Mandeville; pero, a la vez, leía y anotaba con sumo cuidado la*Historia rerum* de Eneas Silvio Piccolomini (luego, el papa Pío II) y, sobre todo, la *Imago Mundi* del cardenal Pedro de Ailly. Ésta era su obra preferida, y siempre se fijaba en un pasaje: «Dice Aristóteles que el mar es pequeño entre los confines de España y el principio de la India... Además, Séneca, en el libro quinto de las *Cuestiones Naturales*, dice que el mar es navegable en pocos días si el viento es favorable...». Y eso era precisamente lo que él quería hacer: cruzar aquel mar, cuya extensión no era muy grande —según los antiguos—, y llegar a las Indias desde las costas de España.

Lo que los europeos de aquel tiempo pensaban acerca de nuestro planeta azul, cuyo tamaño se desconocía a pesar de haber sido calculado casi exactamente por Eratóstenes en el siglo III a.C., es que la Tierra era esférica, que permanecía inmóvil en el espacio, y que era el centro del universo. Se sabía que no estaba totalmente poblada, y que las tierras habitadas recibían el nombre de *Ecumene* y se dividían en tres partes: Europa, Asia y Libia. De África (Libia) apenas se sabía nada fuera de sus costas, y estaba empezando a ser explorada entonces; de Asia, además de las ideas fantásticas leídas en Marco Polo, se desconocía su extensión y en su litoral oriental se ubicaban los imperios de Catay —China— y Mangui, frente a los que había una gran isla: Cipango (Japón). Desde Cipango a Iberia (Europa) se creía que había otras muchas islas, entre ellas la fabulosa Antilla. Así es como describía Paolo del Pozzo Toscanelli a la Tierra, y así es como la representó Martin Beheim en la esfera que construyera en 1492.

Colón, como Toscanelli, creía que las primeras tierras que se encontrasen en la ruta del oeste por el Atlántico debían ser Cipango (Japón) y Catay (la China del Gran Khan): por eso llevaba una carta de los reyes para el Gran Khan. Era lógico que, siendo la Tierra redonda, pudiera llegarse al Oriente por una ruta hacia el oeste; pero el error de Colón fue atribuir una dimensión menor al grado: se equivocó al calcular la distancia entre España y el Oriente, creyendo que la ruta era

más corta y que Cipango debía encontrarse a la altura del actual Puerto Rico. Eso era lo que discutía con la junta de científicos y expertos, presidida por fray Hernando de Talavera, que los reyes habían nombrado para examinar el proyecto de Colón: como expertos y sabios, éstos negaban la argumentación de Colón a causa de su cálculo erróneo. Y, a pesar de todo, Colón no se desanimaba: durante muchos años había insistido en cuatro cortes de Europa sobre la posibilidad de llegar a la tierra de la especería por la ruta del oeste. ¿Por qué Colón estaba tan convencido de lo que afirmaba?

En nuestros días, Juan Manzano y Manzano ha relanzado una idea que ya apareció en el siglo XVI: el secreto de Colón es que él ya conocía la existencia de unas tierras a 750 leguas al oeste de la costa española (lo que equivalía a 2.760 millas, o 4.416 kilómetros de hoy). Tal conocimiento y convicción, le habría sido comunicado por un protonauta, probablemente su propio suegro [12]. De todos modos, el error de Colón y la creencia general en España y Europa en 1492 fue que se había alcanzado la India, lo cual era muy difícil de admitir para los geógrafos de la época; quienes aceptasen las ideas de Tolomeo no podían creer que Colón hubiera llegado a la India después de sólo 33 días de navegación desde las islas Canarias.

De ahí proviene el término *Nuevo Mundo* que se empezó a usar desde los primeros años del siglo XVI, especialmente desde que el florentino Amérigo Vespucci, luego Piloto Mayor de la Casa de la Contratación de Sevilla, publicara en 1502 su opúsculo *Mundus Novus* [13]. Con verdadero afán científico, Vespucci nos ofrece la primera descripción de la flora y la fauna de las costas de Brasil y Venezuela, así como de sus habitantes. Sin embargo, el florentino miraba más al cielo que a la tierra: como navegante le interesaba observar y describir las nuevas

[12] Además de la obra *El secreto de Colón*, de Juan Manzano y Manzano, editada por Cultura Hispánica, es muy reveladora la conferencia de Francisco Morales Padrón titulada «Los viajes y descubrimientos colombinos», en *Descubrimiento y fundacion...*, pp. 47 y ss.

[13] El impacto que el descubrimiento de aquellas tierras había causado entre los geógrafos, navegantes e intelectuales renacentistas de aquel momento lo evidencia el hecho mismo de que el *Mundus Novus* tuviera 12 ediciones en sólo el año 1504, al ser más conocido y que, entre 1502 y 1504, se editase 22 veces con casi 50 ediciones antes de 1550. Este librito, la obra más veces publicada en el siglo XVI, fue con toda justicia el *best-seller* de su época.

constelaciones en orden a fijar las longitudes. Pero el número y la tipología de los animales salvajes que veía le llevó a pensar que se hallaba en un continente: de ahí el título de su obra, de extraordinaria difusión en el mundo europeo de la época.

El conocimiento científico o geográfico de la existencia de un nuevo continente, una nueva *Tierra Firme*, cuyas costas y contornos se exploraron, describieron y cartografiaron desde el principio, se tradujo en la renovación de los portulanos y cartas náuticas. Así, el primer mapamundi es el de Juan de la Cosa: trazado en 1500, aparece en él la realidad geográfica americana, con el tosco bosquejo de la isla Española hecho por Bartolomé Colón. De 1503 hay un croquis, quizá realizado por el mismo almirante, que se encuentra inserto en el *Códice Albetico*, de Florencia. Finalmente, el Gimnasio Vosgo (comunidad de eruditos protegida por el duque Renato de Lorena), que existía en la pequeña ciudad de Saint Dié, quería reeditar los ocho libros de la *Geografía* de Tolomeo, y encomendó a Martin de Waldseemüller y a Ringmann escribir la introducción. Éstos, que ya conocían las descripciones y mapas contenidos en las dos cartas (1503 y 1504) de Amérigo Vespucci sobre sus viajes y exploraciones en el sur americano, incluyeron en su prólogo *Cosmographiae Introductio* (1507) un mapamundi con el trazado del nuevo continente. Posteriormente, la cartografía de América aparecerá en el discutido mapa de Piri-Reis (1513), y en el globo terráqueo de Schönner, cuya primera edición es la de 1515, aunque la mejor sería la de 1520.

Respecto al nombre del Nuevo Mundo, es sabido que en la mencionada introducción de Waldseemüller hay dos pasajes, ya famosos, en los que estos autores proponían dar el nombre de Amérigo a las tierras descubiertas, «cuarta parte del mundo —decían— que, por haber sido hallada por Amérigo, es posible llamar Ameriguen, o Tierra de Amérigo, o América». Como se ve, en realidad querían designar con este nombre sólo la parte sur del nuevo mundo; pero, como la obra de Tolomeo se siguió imprimiendo, las sucesivas ediciones continuaron dando este nombre a todo el continente. De los libros pasó después a los mapas: en Alemania, Francia, Italia e Inglaterra, todo el nuevo continente era conocido con el nombre de *América*. España, por su parte, seguiría respetando el nombre tradicional de Indias occidentales hasta mediados del siglo XVIII. El nombre *América* se admitiría por vez

primera en España en 1520, en que Pedro Margallo usó ese término, aunque en un nivel intelectual, en su *Phisicae Compendium.*

No debe hacerse aquí una relación de las numerosas exploraciones, tanto marítimas como terrestres, que los españoles realizaron para conocer el nuevo continente recién descubierto, debido a que ése es el tema de otro libro de esta colección. Sin embargo, es necesario que aquí quede constancia de su existencia, así como de la trascendencia de su alcance, especialmente por lo mucho que contribuyeron a las ciencias geográfica y náutica en aquellos primeros años. A título de ejemplo, recordemos la primera de las expediciones no dirigidas por el propio Colón: Alonso de Ojeda, que había acompañado al almirante en su segundo viaje, con la protección del obispo Fonseca consiguió un permiso para navegar a las Indias. Zarpó en mayo de 1499, acompañado de Juan de la Cosa, autor de la primera carta de navegar en la que aparecía América, fechada en 1500; de Bartolomé Roldán, acompañante de Colón en su primer y tercer viaje; y, finalmente, de Amérigo Vespucci. Al mes siguiente zarpaba Pero Alonso Niño, iniciando aquella larga serie de expediciones que ayudaron a los contemporáneos a conocer la totalidad del planeta que habitaban, lo cual jamás había sido antes conseguido, y que culminó cuando Vasco Núñez de Balboa llegó a avistar el Pacífico (1513) y Magallanes encontró el paso del sur hacia Asia (1520).

A pesar de estos avances cosmográficos y geográficos, el mayor impacto que el descubrimiento generó en todos los europeos, a nivel popular, fue el del estupor y asombro producidos por el hecho de que un puñado de hombres se hubiesen adueñado de extensos imperios y enfrentado a muchedumbres de indios. Esto lo reflejó espléndidamente el milanés Pedro Mártir de Anglería:

> El relato de la caída de la civilización azteca ante los invasores españoles ha ocupado merecidamente un lugar preeminente en la imaginación popular, pues de cada página trasciende lo fabuloso y, desde luego, muy pocos novelistas, o quizá ninguno, han concebido un argumento tan pletórico de incidentes o han llevado sus héroes a la victoria frente a mayor desproporción. Por otra parte, la existencia de la civilización de los aztecas, imperio organizado con ciudades construidas de piedra, y rico en oro y priedras preciosas, conmovió al Viejo Mundo como cosa casi increíble.

Los efectos de aquellas grandes navegaciones fueron amplios e inmediatos, especialmente los de tipo económico y los científicos. La apertura de nuevas rutas marítimas produjo el abandono de las rutas tradicionales a través de territorios árabes, tan beneficiosas hasta entonces a éstos y a los turcos. Ese fenómeno proporcionó inmensos beneficios a los portugueses, pero —a la vez— ocasionó la ruina de los venecianos. La explotación de las minas y de las plantaciones de azúcar y tabaco en América, por mano de obra esclava importada de África, supuso un extraordinario beneficio para España y las otras potencias coloniales; pero el carácter arcaico del sistema económico español hizo que tanta riqueza no permaneciera en el país: la explotación de las minas y el comercio estaban en manos de extranjeros, y la riqueza así obtenida suministró los capitales necesarios para las industrias de Holanda e Inglaterra.

Los efectos en la ciencia y en la tecnología fueron también decisivos. El éxito de los primeros viajes creó una gran demanda de construcción de buques y de fletes. Surgió así una nueva clase de artesanos con formación matemática y geométrica, capaces de fabricar brújulas, instrumentos y mapas náuticos. A la vez, las noticias iban creando un público científico, que demandaba una nueva forma de educación y de vida para los jóvenes más inteligentes: así surgieron escuelas de navegación en Portugal, España, Holanda, Francia e Inglaterra. Como ha señalado J. Bernal, el movimiento de las estrellas tenía entonces un valor económico: por ello, la astronomía se volvió más precisa y cuidadosa, y logró superar a la astrología que, desde entonces, empezó a ser relegada.

Los descubrimientos simultáneos de las antiguas y ricas civilizaciones de Asia y los del nuevo mundo de América, con sus exóticos productos y extrañas costumbres, hizo que el mundo clásico de Grecia y Roma —antes tan venerado— pareciera algo pequeño e insignificante. A la vez, provocaron grandes estímulos a aquellos hombres mostrándoles que ellos podían conseguir metas nuevas que los antiguos no habían siquiera podido soñar. Pero el Nuevo Mundo que se abría a la observación y a la descripción taxonómica necesitaba nuevos métodos de estudio y análisis, lo que —a su vez— estimuló a los sabios y científicos.

Por eso dice Bernal que las navegaciones y las nuevas rutas significaron en la esfera intelectual una ruptura tan grande como la que habían abierto en la esfera geográfica. Los iniciadores del Renacimiento

habían trabajado confiando en una nueva era: a mediados del siglo XVI podían creer que la habían alcanzado. José A. Maravall ha dedicado un excelente estudio a las manifestaciones claras de la idea de progreso que, junto a la valoración de la técnica, aparecen en el Renacimiento español; en ese estudio, destaca el ya desaparecido historiador que en la exaltación de lo moderno por encima de lo antiguo desempeñó un papel fundamental la circunstancia del descubrimiento de América.

Esta pugna entre lo viejo y lo nuevo, entre los tradicionalistas y los innovadores, se ve en dos monumentos españoles del XVI. Casi simultáneamente, Salamanca construyó su catedral y la portada de su universidad. La catedral se inició en 1513; tras algunos años en que las obras se pararon por no disponer de fondos, decidió su cabildo —anclado en las tradiciones y la rutina del pasado— proseguir las obras en estilo gótico. La universidad, más abierta a las nuevas ideas y realidades que venían de Europa y de América, optó por la técnica y la estética nueva, y decidió edificar su fachada en estilo plateresco o isabelino.

En este sentido, el humanista Jean Fernel, médico del rey de Francia y el primer hombre moderno que midió el grado del meridiano, expresaba ese nuevo espíritu en su obra *Dialogue*, escrita hacia 1530, a propósito de los nuevos métodos en medicina:

> ¿Qué habría ocurrido si nuestros antepasados y los que les precedieron se hubieran limitado a seguir la misma senda que los que trabajaron antes que ellos? Por el contrario, parece que a los filósofos les conviene ir por caminos nuevos y probar nuevos sistemas. Les conviene seguirlos sin dejar que la voz del detractor, la riqueza de la cultura antigua, o el poder de la autoridad les impidan expresar sus propias opiniones. De este modo, cada época produce su propia cosecha de nuevos autores y nuevas artes. La nuestra contempla el glorioso renacimiento de la ciencia y las artes tras doce siglos de muerte. El arte y la ciencia igualan o sobrepasan hoy su antiguo esplendor. Nuestra época no necesita en modo alguno despreciarse a sí misma y contemplar el saber de los antiguos, pues en nuestra época se realizan proezas que la antigüedad ni siquiera soñó... En una gran hazaña, nuestros navegantes han atravesado el océano y descubierto nuevas islas. Han sido revelados los secretos de la India. El continente occidental, el llamado Nuevo Mundo, desconocido para nuestros padres, se ha explorado ya en gran parte. En esto y en la astronomía, Platón, Aristóteles y los antiguos filósofos hicieron grandes progresos, y To-

> lomeo agregó aún mayores conocimientos; pero, si alguno de ellos resucitara hoy, encontraría la Geografía tan cambiada que no podría reconocerla. Los navegantes de nuestra época nos han dado un nuevo globo terrestre.

La ciencia en América y su influjo en Europa

Como es lógico, la ciencia que más pudieron desarrollar los europeos en América fue la historia natural, hoy más conocida como ciencias naturales [14]. Aunque, como toda ciencia, profundice en el estudio de las causas e interrelaciones de los fenómenos y especies naturales, por su esencia misma es una ciencia propiamente descriptiva en la que el hallazgo de una especie y su adscripción taxonómica en su orden o familia correspondiente —tanto de flora como de fauna— dan sentido y contenidos a esta rama del saber.

En aquel mundo nuevo, recién descubierto, ésta era la rama de la ciencia que mejor podía cultivarse; por otro lado, la medicina y la farmacopea de la época necesitaban las hierbas y otras sustancias naturales como la materia básica de sus remedios, emplastos y pócimas. Pronto pudieron comprobar los europeos que los indígenas americanos tenían conocimientos similares, y resolvían los mismos problemas que ellos con las especies vegetales que aquella naturaleza o medio les ofrecía. No es, pues, de extrañar que desde los primeros años del descubrimiento contemos con importantes obras de historia natural sobre el nuevo continente.

Evidentemente, las noticias iniciales sobre aquel medio y sus habitantes las debemos al propio almirante: en su *Diario*, Colón nos ofrece las primeras descripciones naturalistas y antropológicas, aunque

[14] El término historia natural refleja literalmente el título que Plinio el Viejo (siglo I d.C.) dio a la obra que escribiera acerca de la Naturaleza; desde entonces, ese término abarcaba todas las ciencias que estudiaban la Naturaleza o alguno de sus elementos. A su vez, el término ciencias naturales es la traducción de la expresion alemana *Naturwissenschaft*, lengua en que los naturalistas de los siglos XIX y XX estudiaban las mejores investigaciones que se realizaban en estas disciplinas. El primer término, el latino, se usó y pervivió hasta el siglo XIX, en que progresivamente fue desplazado por el término alemán: éste es hoy más utilizado y conocido, mientras que aquél se ha mantenido en el lenguaje intelectual, siendo manejado por naturalistas e historiadores de la ciencia.

sean de índole narrativa y acientífica. Más importancia geográfica y naturalista tuvieron los escritos de Amérigo Vespucci, así como las primeras crónicas escritas por los españoles. Hay una gran cantidad de obras sobre historia natural y medicina que nos proporcionan las primeras imágenes que del Nuevo Mundo, su Naturaleza y sus saberes recibieron España y Europa. Entre ellas, destaquemos *Libellus de medicinalibus indorum herbis*, del indio Martín de la Cruz (1552); los 50 libros del *Sumario de la natural y general historia de las Indias*, de Gonzalo Fernández de Oviedo; *Espejo de navegantes*, de Alonso de Chaves; *Geografía y descripción universal de las Indias*, de Juan López de Velasco (1574); *Suma y recopilación de cirugía*, de Alonso López de Heredia (1578-1595); *Instrucción náutica*, de Diego García de Palacio (1588); *Historia natural y moral de las Indias*, de José de Acosta (1590); *Problemas y secretos maravillosos de las Indias*, de Juan de Cárdenas (1591); *Tratado breve de medicina*, de fray Agustín Farfán (1592); *Repertorio de los tiempos, y historia natural desta Nueva España*, de Enrique Martínez (1606); *Cuatro libros de la naturaleza y virtudes de las plantas y animales*, de fray Francisco Jiménez (1615).

Las obras de historia natural no han sido un fenómeno puntual del momento mismo del descubrimiento —como puede verse por las fechas de publicación—, sino que continuaron apareciendo a lo largo de los siglos siguientes hasta culminar en los siglos XVIII y XIX, con las famosas expediciones científicas españolas a América del Sur. Entre los escritos de ese período, merecen ser mencionadas una serie de sucesivas publicaciones sobre la península de California: *Noticia de la California y de sus conquistas temporal y espiritual*, de Miguel Venegas y Andrés Marcos Burriel (1757); *Historia natural y crónica de la antigua California*, de Miguel del Barco, S.I., (1773), e *Historia de la antigua o baja California*, de Francisco Javier Clavijero (1789).

En otro orden de cosas, pero relacionadas directamente con algún aspecto científico —naturalista, geográfico, antropológico y etnográfico— deben ser recordadas varias obras muy conocidas, como la *Relación acerca de las antigüedades de los indios*, de fray Ramón Pané (1498); *Historia del Almirante*, escrita por su hijo Hernando Colón; las *Cartas de Relación*, de Hernán Cortés (1519-1526); *Suma de geografía que trata largamente del arte de marear*, de Martín Fernández de Enciso (1519); *Historia de las Indias y conquista de Méjico*, de Francisco López de Gómara (1552); *Historia verdadera de la conquista de Nueva España*, de Ber-

nal Díaz del Castillo; *Del único modo de atraer a los indios a la fe*, de fray Bartolomé de Las Casas; *Historia eclesiástica indiana*, de fray Jerónimo de Mendieta; *Memoriales o libro de las cosas de la Nueva España y de los naturales de ella*, de fray Toribio de Benavente Motolinía; *Historia general de las cosas de Nueva España*, de fray Bernardino de Sahagún; *Túmulo imperial de la gran ciudad de México* (1560) y *Crónica de la Nueva España* (1564), ambas de Francisco Cervantes de Salazar; *Relación de la Villa imperial de Potosí*, de Luis Capoche (1582); *La Araucana*, de Alonso de Ercilla (1569-1578); la *Historia de las Indias de Nueva España*, de fray Diego Durán (1579-1581); *Sumaria relación de todas las cosas que han sucedido en esta Nueva España*, de Fernando de Alva Ixtlilxóchilt (1600); y, por último, la *Monarchia indiana*, de fray Juan de Torquemada (1615).

Con todo, ha señalado López Piñero que los españoles (como el resto de los europeos), si bien quedaban asombrados ante las riquezas naturales de aquel nuevo mundo y se dedicaban a enumerarlas, describirlas y estudiar sus propiedades, no por eso se engañaban. Señala ese autor que la sociedad española de la época valoraba y tenía en alta estima la técnica; este prestigio de lo práctico lo expresaba con gran acierto el jefe de cirujanos de los ejércitos del césar Carlos V, Dionisio Daza Chacón:

> Muy poco me deleytan los médicos que demasiadamente se entretienen en la filosofía natural, y no llegan al remedio de los rendidos a la enfermedad. Acaésceles a ésos lo que a las higueras locas, que convidan con su verdor y frescura a cualquiera que las mira, y, llegados a ellas, por su esterilidad luego las maldicen. Esta fue la razón que me movió a escribir cosas más de provecho que de especulación.

De los demás ámbitos científicos que tenían las más altas culturas o civilizaciones indígenas, hay dos que despertaron primero la curiosidad, y luego el respeto, de los descubridores españoles: los relativos a la matemática y el calendario, y los de medicina y sus hierbas curativas. Si el primero intrigó a los europeos por el alto nivel de su ciencia especulativa, el segundo tenía más interés por las novedades que aportaba a la ciencia occidental. En América, la medicina había sido originalmente practicada por hechiceros; a la llegada de los españoles, sin embargo, contaba ya con médicos, naturalistas, parteros, internistas, ci-

rujanos, dentistas y otros, cuyo campo de acción curativa abarcaba la gota, artritis, úlceras, tos, ronquera, vómitos de sangre, hidropesía, calenturas, disentería, llagas y otras dolencias.

Los médicos aztecas habían conseguido asombrosos conocimientos osteológicos sobre el cráneo y la fontanela bregamática, el occipital y el maxilar inferior, y acerca de la dentadura. También sabían las funciones fisiológicas del corazón y la sangre, de la respiración, la digestión y la menstruación, de la orina y la bilis; Piña Chan afirma que sus amplios conocimientos anatómicos y fisiológicos eran similares —o mejores— que los de la medicina europea de aquella época [15]. Por su parte, la medicina incaica, de base naturalista como la azteca, tenía también un gran nivel, pues sus cirujanos llegaban a practicar la trepanación craneal (en Europa se realiza desde 1865).

Su farmacopea nos es conocida sólo desde el siglo XVII, a raíz de la leyenda de la curación de la virreina del Perú, doña Ana de Chinchón, mediante un producto local: la quinina *(Chenopodium quinoa)*, extraída de la corteza del árbol de la quina, servía de eficaz remedio contra el paludismo, la malaria y los estados febriles, siendo hasta entonces un secreto celosamente guardado por los nativos. Otro de sus fármacos y estimulantes —muy utilizado por los *chasquis* o correos— era la coca *(Erythroxylon coca)*, utilizada como anestésico local, como remedio contra úlceras de la piel y como energizante de uso habitual. El tabaco mismo, picado y en infusión, curaba las afecciones respiratorias. El curare, usado como veneno por los indígenas, fue utilizado por los europeos como anestésico.

De idéntico modo, fruto de una larga tradición de observación y estudio experimental fueron los conocimientos que tenían los aztecas de la ecología y la fisiología, tanto animal como vegetal, lo cual se expresaba en dibujos de pintores naturalistas. Si inicialmente los conocimientos acumulados se transmitían de generación en generación por tradición

[15] Véase la introducción de su obra citada, donde el autor mejicano hace un resumen de lo que su obra mostrará a lo largo de sus páginas. Concretamente, en orden a su juicio sobre la medicina y otras ciencias de los aztecas, véanse las pp. 16 y ss. Sobre el tema de los calendarios mayas y aztecas, es particularmente importante la obra de Alfonso Caso, *Los calendarios prehispánicos*, Méjico, UNAM, 1967. Acerca de la medicina en el imperio incaico, véanse las pp. 189 y ss. de *La vida cotidiana en el tiempo de los últimos incas*, de Louis Baudín.

oral, en los últimos tiempos se contaba con pinturas o códices, mapas, registros históricos y quizás otros medios de enseñanza. Así, en las escuelas aztecas, los jóvenes se ejercitaban en la estrategia militar, en la administración y el gobierno; pero también en las ciencias tradicionales.

Aparte de las ciencias de la Naturaleza, en el Tahuantinsuyo los europeos se vieron sobrepasados por los conocimientos técnicos de ingeniería civil y arquitectura que tenían los incas: a pesar de desconocer el hierro (aunque fabricaban y usaban bronce), habían sido capaces de levantar muros y edificaciones ciclópeas sin herramientas ni grúas, ni animales de transporte, ajustando además aquellas enormes piedras con una precisión que no se había alcanzado por los romanos ni en la Edad Media. Además, los europeos aún aferrados a la ingeniería romana, aprendieron de los incas peruanos la tecnología de los puentes colgantes en aquel país de naturaleza abrupta, pero estas técnicas no serían aplicadas por los occidentales hasta finales del siglo XIX. También en este ámbito, los caminos o calzadas incas eran superiores incluso a las romanas, uniendo todo su imperio: en la Europa del siglo XVI no había ningún camino comparable a éstos, hasta el punto de que Pedro Cieza de León afirmara que «no fue nada la calzada que hicieron los romanos, que pasa por España, para que con ésta se compare».

En otro orden, la aportación de la naturaleza y la cultura amerindias a la alimentación europea ha sido grande: la patata, el tomate, el maíz y el pimiento han cambiado la dieta alimenticia del Viejo Continente, y han servido para crear la industria alimentaria. A la inversa, la caña de azúcar —cultivada en el norte de África, este y sur de España— fue llevada por los españoles a América, donde su clima tropical generó una abundante producción. El azúcar pasó así, de utilizarse como aditamento para las medicinas, a sustituir a la miel como edulcorante. Por otro lado, los españoles trajeron de América la cochinilla, un parásito de la chumbera que produce el color rojo, y el índigo, una planta de la que se obtiene el añil: ésa fue la aportación americana a la industria textil europea.

La «ciencia nueva» y los cambios culturales y mentales en el siglo XVI

Renacimiento y Reforma fueron en el siglo XVI dos fenómenos culturales —aparte del aspecto religioso— que ensalzaron al hombre y a

la razón humana, elevando ésta a la categoría de criterio último de verdad (el *libre examen* luterano) frente al criterio medieval de la *revelación* divina a través de la Iglesia; así echaron los cimientos del racionalismo del siglo siguiente. Ese cambio intelectual y moral, desde un punto de vista social, conllevaría una emancipación de las mentalidades respecto a la tutela espiritual y moral hasta entonces ejercida por la Iglesia, y pronto se haría notar en el ámbito político, con los escritos de Hugo Grocio (1583-1645) sobre derecho internacional.

El hecho de que, en 1440, J. Guttemberg descubriera la imprenta de caracteres móviles, supuso dos importantes efectos: hizo más fácil y barato editar o imprimir cierta cantidad de ejemplares de una misma obra, y logró impulsar el extraordinario desarrollo del saber humano que se produjo en el siglo XVI. Hasta ese siglo, las universidades eran los centros donde se transmitían todo el saber y la ciencia humanos; pero desde entonces empezaron a decaer hasta resurgir nuevamente en el siglo XIX. Su declive, según señala Vicéns [16], se originó cuando el nacionalismo y las luchas religiosas rompieron su función ecuménica, universal y crítica: los alumnos eran de la nación o territorios del príncipe o patrono, la necesidad de contar con rentas seguras hizo que la universidad dependiese de un poder ajeno, y el patrono empezó a elegir y nombrar a los profesores. Para mantener la paz religiosa de Augsburgo (1555), basada en el principio *cuius regio, eius religio*, se abolió la autonomía de las universidades protestantes, y se estableció la censura previa en las explicaciones de sus profesores y en las materias o enseñanzas. A su vez, las universidades católicas se convirtieron en una institución intelectual de combate al servicio de la integridad del dogma católico pero, también, se tornaron en una institución de Estado.

Una segunda causa de su decadencia fue que no pudo acoger las corrientes científicas y filosóficas que, como consecuencia del Renacimiento, pretendían establecer nuevos horizontes al pensamiento humano. Así, por ejemplo, Francisco I de Francia se vio obligado a fundar en 1530 el Collège Royal (el actual Collège de France) para facilitar la enseñanza de las humanidades, no toleradas por la parisina univer-

[16] Jaime Vicéns Vives, *Historia general moderna*, 2 vols., Barcelona, Montaner y Simón, 1973, 8.ª ed. La visión de Vicéns acerca del declive de las universidades se encuentra en el vol. 1, pp. 269 y ss.

sidad de la Sorbona. Ciertamente hubo excepciones: desde sus *Constituciones* de 1562, la Universidad de Salamanca impartía las disciplinas humanísticas en boga y, a la vez, cursos modernos de anatomía —basada en disecciones— y de astronomía —fundamentada en la revolucionaria obra de Copérnico—; también es sabido que se ofreció a Erasmo, el mejor exponente del humanismo crítico y cristiano, una cátedra en la Universidad Complutense de Alcalá; además, los trabajos de Galileo y Torricelli se desarrollaron, respectivamente, en las universidades de Padua y Florencia, donde ellos eran profesores.

A pesar de todo esto, el progreso científico y filosófico se empieza a alejar de las universidades a finales de este siglo XVI. Por ello, es conocido que en la península italiana —en torno a destacados pensadores, filósofos e intelectuales— nacen academias o centros de estudio y discusión de las nuevas ideas que, por parecer extrañas o rayanas en la heterodoxia, no tienen acogida en los centros oficiales. La primera de ellas había sido la de Florencia (1463), dirigida por Marsilio Ficino (y luego por su discípulo Giovanni Pico de la Mirándola), quienes se dedicaron al estudio en profundidad de la obra de Platón: a través de ella, pasó a Europa la corriente neoplatónica, de considerable influencia en la vida intelectual durante bastante tiempo.

Lo que no es muy conocido es que fue en España, en el Reino de Aragón, donde surgió la primera institución científica de este tipo: los farmacéuticos de la época, con espíritu científico y experimental, quisieron unirse en corporación colegiada para mejorar sus conocimientos y la práctica de su oficio. Por ello, elevaron una súplica en tal sentido a la reina María de Aragón, lugarteniente del Reino, quien en 1441 les concedió la autorización regia para erigir su Hermandad o Colegio de Farmacéuticos. Esto les enfrentó con aquellos médicos bajomedievales, imbuidos ya de la «soberbia de los doctores» propia del Renacimiento; formados en la universidad, hasta entonces eran sólo ellos quienes prescribían los remedios que los farmacéuticos debían preparar luego en sus reboticas. Con el fin de hacer más científica, profesional y eficaz su labor, Pedro Benedicto Mateo escribió para sus cofrades boticarios su magistral *Examen Apothecariorum* en romance, lo que permitió a éstos utilizar su obra en detrimento de los médicos. Esta importante fundación fue recogida y valorada, como ya se señaló en el capítulo anterior, por Kernot.

Conviene, además, hacer hincapié en ese hecho, que es exponente del cambio de relación entre ciencia y técnica: la introducción de la lengua vulgar, junto al latín, en las obras científicas. Esto es algo que se produce en España al igual que en toda Europa; como la enseñanza universitaria era en latín, lengua poco usada habitualmente, se producía una gran dificultad de entendimiento entre maestros y discípulos, así como una comprensión deficiente y escasa de los textos que se estudiaban. Ante eso había una doble actitud: unos preferían usar y escribir en latín, para evitar que ciencias como la medicina cayesen en manos de barberos y curanderos populares poco instruidos; otros escribieron en lengua vulgar para que los médicos se pudieran instruir mejor en lo que, sobre su arte de diagnóstico o su ejercicio quirúrgico, hubiesen producido los antiguos y los modernos.

Con estos antecedentes e impulsos, en los países mediterráneos florecieron multitud de pensadores, científicos e intelectuales polifacéticos, que produjeron investigaciones e intuiciones propias de genios, abarcando variados y diferentes campos del saber y del arte. Leonardo da Vinci (1452-1519) es, quizás, el exponente más claro de este tipo de figuras. Artista extraordinario, su concepción del mundo está libre de las supercherías medievales y se basa —como los clásicos— en el valor de la experiencia. Sus variados trabajos y experimentos permiten considerarle el padre de la mecánica moderna: estudió el principio de la inercia, las leyes del equilibrio, la caída de los cuerpos y la propagación de las ondas; intuyó los hechos geológicos, y se mostró contrario a la hipótesis geocéntrica de la astronomía tradicional; profundizó en estudios anatómicos y botánicos; sus realizaciones prácticas le señalan como un precursor de la ingeniería moderna... e incluso de la aviación [17].

Sin embargo, hay dos aspectos científicos que marcaron el rumbo y el éxito de la llamada «ciencia nueva». En Nuremberg se habían desarrollado las ciencias matemáticas y astronómicas, siendo Juan Müller —el *Regiomontano* (1436-1476)— su más destacado exponente. Pero en el siglo XVI se sumaron a estas ciencias los relevantes trabajos de Teofrasto Bombast von Hohemheim —*Paracelso* (1493-1541)—, quien refutó las opiniones de Galeno y de Avicena, aunque seguía admitiendo cier-

[17] *Ibidem*, pp. 51 y 52.

tas fábulas y supersticiones; en el terreno clínico tuvo mejor intuición, creando una terapéutica más acertada que la tradicional. El renovador de los estudios médicos sería Andrea Vesalio (1514-1564), quien desterró a Galeno de las universidades, estableciendo las bases de la anatomía moderna mediante la investigación directa y científica, a la que debía llegarse con disecciones precisas. Fruto de sus trabajos e investigaciones en la universidad de Padua fue el libro *De humani corporis fabrica*, editado en 1543.

Ese mismo año aparecía en Nuremberg *De revolutionibus orbium celestium*, obra póstuma del médico y canónigo polaco Nicolás Copérnico (1473-1542). Desde Cracovia había pasado a Italia: en Bolonia había oído a Domenico M.ª Novara defender la esfericidad de la tierra y rechazar el geocentrismo de Aristóteles, lo que le produjo una impresión que no le abandonaría y a la que consagró su vida. En su libro, Copérnico establecía la esfericidad de la Tierra, definía su movimiento de rotación diurna (intuyendo la ley de la gravedad), explicaba la causa por la que el Sol —no nuestro planeta— se halla en el centro del cosmos, y exponía el movimiento de traslación de los planetas en torno al Sol. El heliocentrismo, en realidad, no era una teoría nueva: ya había sido formulada por Aristarco en el siglo III a.C., y venía a ser la idea contrapuesta a la rotación del Sol, la Luna y las estrellas, que es lo que los sentidos percibían. Para superar esta cosmología tradicional se necesitaba, además de ciencia, mucho valor para romper con la creencia popular y tradicional.

Como humanista del Renacimiento, el clérigo polaco lo hizo: se había esforzado durante muchos años en hallar una imagen más racional de los cielos. En su libro postulaba un sistema de esferas que giraban alrededor del Sol, y no de la Tierra, mostrando cómo la rotación de ésta podía influir en las observaciones astronómicas. Pero las razones de su cambio de enfoque eran más bien filosóficas y estéticas que matemáticas o científicas: «Nosotros seguimos así —decía— más bien a la Naturaleza, que no produce nada vano o superfluo, y que a menudo prefiere dotar a una causa de múltiples efectos».

A pesar de todo, la teoría copernicana tuvo poca aceptación inicialmente. Algunos astrónomos la aceptaron para mejorar sus cálculos; las tablas prusianas fueron preparadas en 1515 según el sistema copernicano, pero pocos creían que fuese verdadero. Muchos le veían contrario a lo que los sentidos o experiencia nos muestran, y otros obje-

taban que una rotación así debería producir fortísimos vientos constantes, y desvío en la caída de los cuerpos; esas objeciones tardarían un siglo en ser eliminadas por Galileo. El sistema heliocéntrico, incluso, fue calificado de heterodoxo: el mundo científico, tanto escolástico como renacentista, se inclinaba aún por Tolomeo, cuya *Geographia* había editado completa el alemán Sebastián Munster en 1540. Por ello, la visión de Copérnico no fue aceptada en el siglo XVI, y no tuvo difusión.

Sin embargo, la que luego sería denominada «revolución copernicana» daba al hombre una sólida base para el progreso científico: el heliocentrismo significaba que la razón podía corregir el concepto del mundo que habían creado nuestros sentidos (geocentrismo). Así quedaba vislumbrada o establecida la primacía de la razón —base del racionalismo— sobre los sentidos —fundamento del aristotelismo—. En el siglo siguiente, el matemático, astrónomo y filósofo francés Renato Descartes culminaría este proceso al crear el racionalismo.

El trasplante de la ciencia europea a América

El hombre occidental, incluso el de nuestros días, al recrear en su imaginación el descubrimiento de aquel mundo nuevo no podía sustraerse a la actitud eurocéntrica, creyendo en la superioridad de la ciencia y la cultura europea del siglo XVI frente a las de aquellos indios semisalvajes, que sacrificaban seres humanos a sus ídolos. A los indios se les reconocía como mérito el poseer un conocimiento astronómico elevado, que se manifiesta en sus calendarios solares, y un saber matemático de gran altura, por el concepto y uso del cero. Pero, comparativamente, el europeo pensaba que los conocimientos de los indios estaban impregnados de una visión mágica y simbólica, mientras que los de los españoles y otros europeos eran de tipo causal y científico, producto del pensamiento renacentista y de la experimentación.

Tal actitud es falsa y equivocada. Lo hasta aquí expuesto sobre la ciencia y los saberes de incas, mayas y aztecas evidencian un alto nivel; pero, a la vez, también la ciencia y los conocimientos europeos estaban impregnados de magia o, cuando menos, de pensamiento mítico o alógico. Un buen ejemplo de ello es la coexistencia de la alquimia junto a otros grupos de saberes y ciencias. La alquimia había penetrado

en Europa de la mano de los árabes, quienes, por otra parte, eran mejores científicos que los europeos; a través de Aragón (donde destacaron Raimundo Lulio, Arnaldo de Vilanova, y Rupescisa) pasó al resto de Europa. En Castilla, por su lado, recibiría la protección de Enrique de Villena y del arzobispo toledano Alfonso Carrillo. Del rey Carlos I (V en Alemania) de Habsburgo se dice que poseía dos piedras filosofales, aunque fue Felipe II el que más protegió este «arte» en España... y en Europa, ya que un cierto Tiberio de Roca hacía trabajos en Malinas (Flandes) por cuenta del rey para lograr la anhelada trasmutación de plomo en oro; también trabajó para él, en España, el médico y alquimista boloñés Leonardo Fioravanti. Tal actitud no sólo se daba en España: son bien conocidas la aficiones alquimistas de Rodolfo II, emperador del Sacro Imperio Romano-Germánico desde 1576 a 1612.

No obstante, el panorama científico y cultural de España era muy plural. Es sabido que la Corona de Castilla tenía tres grandes universidades: Salamanca, Alcalá y Valladolid. Salamanca alcanzaría su máximo esplendor en este siglo XVI durante el Renacimiento, aunque la mayor parte de sus casi 6.000 alumnos se inclinaban por la teología o el derecho, mientras que la historia natural, la astronomía y las matemáticas alcanzaban un escaso relieve de conjunto; sin embargo, la medicina conseguiría un lugar más destacado, fundándose en 1551 la «renacentista» cátedra de anatomía, y en 1567 la de cirugía. La Universidad Complutense de Alcalá, resalta López Piñero, era una típica fundación renacentista, con una organización centralizada y aristocrática. Con cerca de 2.000 estudiantes, estaba orientada hacia la teología o las humanidades, en las que destacaría su catedrático Antonio Martínez de Cala y Jaraba (más conocido por Antonio de Nebrija). Las cátedras científicas tuvieron una vida irregular, destacando las de historia natural y las de matemáticas; en medicina, la cátedra de anatomía era floreciente, y la de cirugía se crearía a finales del siglo. La universidad de Valladolid estaba gobernada por un influyente claustro apoyado por el municipio, al modo aragonés. Como en la ciudad residía la Chancillería, la universidad era el mejor centro de España en estudios de derecho civil; pero, también aquí, la medicina alcanzaría un buen nivel.

La Corona de Aragón, de igual modo, tenía varias universidades, entre las que destacaba especialmente la de Valencia. En ésta dominaba la medicina sobre todas las demás, y dentro de su facultad de artes

destacaban las cátedras científicas de matemáticas, astronomía, botánica (llamada *de Hierbas*) e historia natural, que fueron desempeñadas por prestigiosos profesores. Debe destacarse que, en 1502, se creaban las primeras cátedras de España de anatomía y de cirugía. Además de estos centros universitarios, gran parte de la actividad científica española de este siglo se desarrollaba en torno a la Casa de la Contratación, fundada en 1503 en Sevilla; pronto sería una de las instituciones de ciencia aplicada con mayor importancia en la Europa del XVI; en ella destacaban las actividades de cartografía, así como las de navegación: el piloto mayor, el cosmógrafo mayor, y el catedrático del arte de navegar eran figuras científicas de primera magnitud, encargados de formar a los pilotos que hacían la carrera de Indias (el viaje a América). A título de ejemplo, recuérdese que fueron pilotos mayores Amérigo Vespucci, Juan Díez de Solís, Sebastián Caboto, Alonso de Chaves, Rodrigo Zamorano y Andrés García de Céspedes.

Al margen de estos hechos y matizaciones, la penetración —o, mejor, interrelación— cultural y científica de España en sus nuevas tierras de América se inició tempranamente. Algunos autores han señalado magistralmente que esta penetración o aculturación de los indígenas empezó con la evangelización y la educación de los niños indios: en este punto, es conocido el libro de Kobayashi sobre la acción franciscana [18]. Pero los misioneros y evangelizadores, además de su oscura labor espiritual, desarrollaron una importante actividad cultural, sorprendente por su volumen y resultados. Esa labor, según Borges Morán [19], tuvo tres modalidades: la creación de escuelas elementales para los niños —y adultos— indios, la erección de colegios de niños indios nobles, y el envío a España de algunos de éstos.

Ya en 1502 los franciscanos viajaron a La Española con cuatro obras gramaticales, para enseñar castellano (más adelante, incluso el la-

[18] J. M. Kobayashi, *La educación como conquista*, Méjico, El Colegio de Méjico, 1974.

[19] P. Borges Morán, «La primera etapa de la evangelización en América», en *Descubrimiento y fundación...*, pp. 156 y ss. En este volumen ha, también un interesante trabajo acerca de las universidades en la América hispana de Águeda M.ª Rodríguez Cruz, «Colegios y universidades en la fundación de los reinos indianos», pp. 359 y ss.; sobre ese tema es imprescindible la obra de esta autora *Salmantina docet. La proyección de la Universidad de Salamanca en Hispanoamérica*, 3 vols., Salamanca, Universidad Salamanca, 1977-1989.

tín) a la infancia indígena. En 1508 las obras traídas eran 2.000, lo que supone no sólo la educación de los hijos de los caciques y nobles, sino de la infancia general de la isla. En los dos colegios que fundaron había dos secciones: la de primeras letras o alfabetización (exactamente la misma que existía entonces en Castilla) y la superior, en la que se enseñaba gramática y latín. La primera se daba a niños de 8 a 14 años: al acabar volvían a su lugar de origen. La segunda estaba dirigida a preparar a aquellos que deberían ser auxiliares de los misioneros... o quizá sacerdotes.

Los dominicos, a su vez, fundaron también otro colegio en la isla en 1513, pasando después a erigir otros en Cumaná y Puerto Rico. Pero estos frailes, desde 1512, empezaron a enviar a España a los niños indios nobles, para que se educaran en la Península: uno de ellos se hizo también religioso dominico. Pero el sistema no llegó a desarrollarse por lo traumático de la separación de estos niños respecto a sus lugares de origen. Lo cierto es que los colegios para hijos de caciques experimentaron fuera de las Antillas un auténtico florecimiento durante el siglo XVI.

La penetración científica y cultural española en la América hispana culmina con la fundación, en 1538, de la Universidad de Santo Domingo en la isla Española, hoy República Dominicana. Fue erigida sobre el modelo de la entonces ya prestigiosa Universidad de Salamanca, muchos de cuyos hombres pasaron a América y prestaron allí grandes servicios en la evangelización, gobierno, cultura y promoción de los indios. Poco después, en 1551, se fundaron la de San Marcos (mayo), en Lima, y la de Méjico (septiembre). En realidad, todas las ciudades hispanoamericanas poseían algún centro cultural. El esfuerzo que esto supuso es inmenso: en muy poco tiempo, cuando aún duraba la acción militar de conquista, funcionaban en Hispanoamérica más centros de enseñanza superior que en la propia España. Por eso puede decirse que la obra educativa, sobre todo a nivel universitario, de España en América es un fenómeno que no tiene paralelo en la historia: desde 1512 hasta 1812 se fundaron allí 26 universidades, lo cual es una cifra muy alta para aquellos siglos.

Comenta Rodríguez Cruz que aún no habían nacido algunas de las universidades europeas más prestigiosas, cuando las de Lima y Méjico ya llevaban una larga y seria andadura. Y, acerca del importante

papel que la Universidad de Salamanca tuvo como modelo de las que se crearon en Hispanoamérica, afirma:

> España dio a América cuanto tenía, y a sus universidades, el mejor modelo y *Alma Mater*, la forjadora de la Hispanidad universitaria, defensora de la libertad, impulsora del progreso, artífice de las naciones libres de América, de los pueblos hispánicos, sobre todo a través de la animación de las universidades que siguieron sus huellas.

Sin embargo, desde las guerras que al principio del siglo XIX se hicieron por la independencia hispanoamericana se ha dicho, y muchas veces, que la metrópoli española procuró mantener a sus provincias americanas en el aislamiento y el atraso culturales para poder dominarlas mejor. Y eso es falso, y totalmente injusto para aquellos dirigentes, misioneros y funcionarios que se esforzaron precisamente en lo contrario. Así lo señalaba el investigador alemán Richard Konetzke:

> La ciencia histórica indica, respecto a esos juicios, que quienes hablan de la ignorancia en la América española del período colonial revelan una ignorancia voluntaria o inconsciente. Desde los primeros tiempos de la colonización se instituyeron en el Nuevo Mundo escuelas y universidades similares a las que existían en España y acordes con el sistema educativo imperante entonces en Europa. También los aborígenes debían recibir instrucción escolar [20].

Las palabras del autor germano parecen una apología; sin embargo, esa es la realidad que la historia y la documentación arrojan sobre la labor de España en sus tierras de América. Esa labor, además, fue una obra continuada a lo largo de siglos, hasta que aquellas tierras se convirtieron en Estados que eligieron hacer su andadura al margen de la lejana metrópoli peninsular que hasta entonces les regía y organizaba.

Sin embargo, la cultura europea trasplantada a América no fue sólo teórica, propia de las facultades universitarias, sino también tec-

[20] Konetzke, *op. cit.*, p. 313. Lo relativo a las universidades y centros científicos españoles del momento, está en José M.ª López Piñero, *Historia y sociología de la ciencia en España*, Madrid, Alianza, 1979.

nológica. En concreto, la minería y la metalurgia recibieron en América la aportación de los últimos conocimientos que sobre estas áreas existían en Europa en cada época. Ciertamente, esa modernización tecnológica era interesada, ya que beneficiaba a los españoles y, a través de ellos, a los europeos, a quienes iba realmente a parar la mayor parte del oro y la plata venidos desde América: el rey de España debía pagar a sus banqueros europeos los créditos recibidos, y también a sus tropas plurinacionales que sostenían los intereses de la casa austríaca de los Habsburgo.

Es justamente en la metalurgia donde se aprecia un mayor influjo europeo; es sabido que el rey Carlos I (después Carlos V, como emperador de Alemania) había hecho concesiones en América a sus banqueros y prestamistas alemanes, como los Fugger (en España llamados los Fúcares) y los Welser. Además de esto, en Méjico y Venezuela trabajaban metalúrgicos alemanes desde el siglo XVI. Es lógico y evidente que la explotación de las minas y yacimientos americanos de oro y plata se basara en los conocimientos y técnicas de la época. La primera obra específica sobre este aspecto había sido escrita en 1505 por Ulrich von Calw, siendo Bernardo Pérez de Vargas el primero que editó en 1569 una obra similar en España: *De re metalica*; todas estas obras parecían conocer el procedimiento de la amalgamación.

Acerca de los procedimientos de obtención, debe diferenciarse entre los yacimientos de oro y los de plata. Desde el principio se descubrieron y explotaron, de Méjico a Chile, yacimientos auríferos. Generalmente eran depósitos sedimentarios de oro nativo que, en pepitas o en polvo, se hallaba en el lecho de los ríos. En ríos claros o de poco caudal, la explotación era fácil; en otros, bastaba desviar las aguas y, tras secar el cauce, quitar las piedras –incluso cavar el fondo con barretones y almocafres– hasta dejar al descubierto la capa sedimentaria aurífera. Las arenas más pesadas se lavaban en bateas de madera hasta obtener la jagua, masa oscura de óxidos férricos y oro mezclados con trozos de rocas densas, que debía purificarse mediante una aleación con mercurio (procedimiento europeo) o una disolución en agua tratada con ciertos jugos vegetales (procedimiento indio); luego, por fundición, se obtenía el oro puro. Cuando se trataba de duras vetas de cuarzo aurífero, antes del lavado había que triturar primero la roca en molinos movidos casi siempre por energía hidráulica.

La minería de la plata fue, con gran diferencia, la más importante en volumen y técnicas de producción [21]. Aunque la plata se explotó en estado nativo, generalmente aparecía mezclada con otros minerales; si en el siglo XVI se trataron las vetas más ricas, en el XVII hay una clara decadencia a causa del aumento de los gastos de explotación, del agotamiento de los filones más ricos, y de la progresiva escasez de la mano de obra debido a la disminución de la población indígena. El primer procedimiento de obtención había sido el de oxidación de los minerales argentíferos practicada en hornos castellanos, cuya combustión se activaba con fuelles. En Perú, en cambio, se utilizaban más las *guairas* u hornos indígenas, cebados con capas alternativas de carbón y mineral, y provistos de numerosos agujeros de ventilación; en días de fuerte viento se instalaban por centenares en la boca misma de las minas, de modo que «parescen luminarias, y en tiempo que hace viento recio se saca plata en cantidad... vellas arder de noche y dar lumbre tan lejos y estar en sí hechas una ascua roja de fuego, era espectáculo agradable», decían los contemporáneos.

El procedimiento de amalgamación supuso un adelanto técnico considerable, implantándose en 1552 en Pachuca (Méjico, entonces virreinato de Nueva España desde 1535) con el sistema de beneficio de patio, creado por Bartolomé de Medina; 20 años después, se introdujo en Perú (virreinato desde 1543) con el sistema de beneficio de cajones, invención de Pedro Fernández de Velasco. El procedimiento de amalgamación complicaba y alargaba el proceso de obtención, pero también consiguió abaratarlo, permitiendo el tratamiento de minerales pobres que antes eran despreciados.

Luanco y otros autores nos han descrito [22] este proceso señalando que primero se molía y trituraba —con mazos o en molinos— del mineral extraído. El polvo obtenido (harina) se extiendía en el patio del ingenio, donde se le mojaba hasta ponerlo en lama blanda. Luego viene el salmorado: se echaba sal, distribuyéndola por igual y siendo pi-

[21] Ver G. Céspedes del Castillo, en *Historia social y económica de España y América*, vol. III, pp. 405-410. Seguimos aquí su exposición de los procedimientos de obtención de metales preciosos.

[22] J. R. de Luanco, *Química general*, Barcelona, 1884. También puede consultarse a este respecto el libro de M. Bargallo, *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, Méjico-Buenos Aires, 1955.

sada por varios hombres para que la lama quedase ensalmorada. A continuación se añadía el magistral (piritas de hierro y cobre, tostadas a fuego lento y convertidas en sulfatos), repasando la torta con un nuevo apisonamiento por los obreros; luego se echaba el azogue o mercurio en forma de lluvia, cribándolo a través de un lienzo de arpillera. Todo ello, en dosis siempre adecuadas y en proporción con la masa a tratar (lama). A partir de ese momento, se observaba cada día el avance del proceso mediante tentaduras: se arrancaba un trozo de la lama tratada, que se lavaba y examinaba; si el beneficio iba frío, se le añadía espuela (más magistral); si iba caliente (por exceso de magistral), se añadía cal apagada. Finalmente, se cebaba la lama con más azogue, y el proceso acababa cuando la amalgama era perfecta. Entonces se lavaba la mezcla, separando de ella las piñas de plata-mercurio: por fundición y destilación se obtenía la plata pura, por un lado, y se recuperaban los restos del mercurio o azogue para reciclarlo de nuevo en otro nuevo proceso de amalgamación.

El mercurio era, pues, imprescindible para obtener la plata, por lo que la corona convirtió (1559) en monopolio su venta desde las minas españolas de Almadén; por lo mismo, se reiteró (1580, 1606) que las salinas (para la salmuera de la plata) eran también propiedad del rey. De ahí surgiría la estrecha relación mercantil entre la Península y el virreinato de Nueva España. Por el contrario, Céspedes recuerda que el virreinato del Perú se autoabastecía, e incluso en alguna ocasión envió azogue a España: en 1563, Enrique Garcés y Pedro Contreras descubrieron los yacimientos de mercurio en Huancavelica. Poco después, en 1572, la corona se incautó de la mina y arrendó su explotación a azogueros particulares a los que luego compraba toda la producción.

A su vez, la metalurgia del mercurio en Huancavelica se realizó en *jabecas*, hornos análogos a los antiguamente usados en Almadén, aunque aquí se utilizase como combustible la paja del *icho*, debido a las escasas especies vegetales que podían servir de combustible en aquel páramo estéril a casi 4.000 metros de altura sobre el nivel del mar. La corona española era la propietaria de Almadén (en España) y de Huancavelica (en Perú), con lo que controlaba la explotación y producción del azogue o mercurio; su transporte era también monopolio de la corona, e igual su distribución a los dueños particulares de los ingenios de metales. Todo esto rendía al Estado beneficios económicos muy grandes, a pesar del contrabando, la evasión de impuestos y otras co-

rruptelas. De ese modo, las minas fueron el primer y principal motor del desarrollo económico en la América hispana; las explotaciones agrícolas y ganaderas surgirían luego en torno a ellas, para satisfacer la demanda de alimentos a sus trabajadores. A su vez, para el transporte de su producción se construyeron caminos y rutas, y al llegar a Europa transformaron y activaron la vida económica del continente.

Finalmente, parece conveniente hacer una consideración. En nuestro tiempo, en que el mundo occidental parece vivir económicamente en la llamada «sociedad de consumo», y socialmente en el «estado de bienestar», se suele utilizar el término *calidad de vida* para designar una forma de existencia, un modo de vivir, que nos indica si una sociedad está atrasada (y, por tanto, valorada negativamente) o adelantada (y valorada positivamente, como digna de ser envidiada en cuanto tal). En nuestros días, la calidad de vida —creemos todos— está en relación directa con la tecnología que usamos, tanto a nivel público como a nivel privado. De este modo, la tecnología viene a ser la expresión materializada de nuestros conocimientos científicos: es la ciencia aplicada.

Si, en un esfuerzo de imaginación, quisiéramos acercarnos a la América hispana del siglo XVI y observar su calidad de vida, deberíamos hacerlo comparativamente a la calidad de vida que *entonces* existía en otros puntos de nuestro planeta, pero no con la que existe *ahora*. Por otro lado, deberíamos fijarnos en las posibilidades de integración mutua entre las dos sociedades que vivían en aquellas tierras. En este aspecto, sabemos que, desde la llegada de los españoles a finales del siglo XV, y durante casi todo este siglo XVI, en América se produjeron matrimonios entre los nobles y dirigentes hispanos con princesas indias, siguiendo el mismo sistema de alianzas y pactos de amistad que en España se habían practicado durante los 800 años anteriores: recuérdese que la madre de Abderramán III era un princesa navarra; que el rey de Castilla, Alfonso VI, casó con una princesa andalusí (la mora Zaida, hija del rey de Sevilla) de la que nacieron sus herederos; la amistad del Cid con los moros vasallos de Castilla, a los que defendía contra los cristianos de otros reinos.

De esa manera encontraríamos que en la América del XVI se dan los mismos tipos de fenómenos que encontramos en la España de la baja Edad Media: los hispano-cristianos, una vez que conquistaban a los moros sus reinos y tomaban el poder haciéndolos suyos, se fundían con la población allí existente, a la que asimilaban; tras esto, se repar-

tían el señorío o dominio jurídico (no siempre la propiedad) sobre las tierras conquistadas. De idéntido modo obraron en América: primero coexistieron con los indios, luego cohabitaron con ellos comunicándose mutuamente sus técnicas y conocimientos (aunque ambos grupos humanos daban por sentado la superioridad cultural hispana), después se mezclaron y produjeron un mestizaje que aún perdura, para acabar fundiéndose y produciendo gran número de grupos raciales, como es sabido. En ese proceso de asimilación y de fusión de las dos sociedades (la hispano-cristiana con la india en América, al igual que lo había hecho con la andalusí en España), la calidad de vida de la nueva sociedad hispanoindia en la América del siglo XVI dependía de la ciencia y la tecnología allí existentes. Y éstas eran las mismas que había en España y en toda Europa. Podría, pues, decirse que en aquel momento se vivía en la América hispana con una organización, unos conocimientos, unas mentalidades, unos prejuicios, unas formas y grupos sociales, y una calidad de vida similar a las que entonces existían en Europa.

Capítulo III

LA «REVOLUCIÓN CIENTÍFICA» DEL SIGLO XVII

Características del proceso de cambio en la ciencia y las mentalidades

Es ya terminología aceptada, usada en muchos libros y manuales, la expresión «revolución científica» para denominar el profundo cambio que, en el siglo XVII, se produjo tanto en las ciencias como en la visión del mundo y de la naturaleza que tenían los europeos. Este hecho decisivo para el conocimiento humano era la consecuencia de las transformaciones que el Renacimiento había operado en el pensamiento y la mentalidad de los europeos. Este aspecto debe ser estudiado aquí para conocer cuáles eran las bases (mentalidades, ideas y planteamientos) en las que esa «revolución» se apoyaba, y que la hicieron posible. No menos importancia tiene el contexto histórico: durante el siglo anterior, y buena parte del XVII, casi toda Europa fue asolada por luchas feroces, llamadas por los historiadores «guerras de religión» aunque en realidad eran luchas entre príncipes y nobles por conseguir más poder, tierras y dinero. Pero el hecho de ser planteadas en aquellos momentos como luchas religiosas, como guerras a causa de dogmas y creencias, y el que su ferocidad y crueldad —acompañada de años de crisis de subsistencia— dañasen a todos los estamentos de la población europea y a la mayoría de las naciones, produjo en la mente de los europeos una cierta desconfianza y rechazo hacia aquel mundo de dogmas y creencias que llevaba a los hombres a la destrucción y la muerte.

En el siglo XVII, contra la ciencia clásica y la filosofía escolástica surgen dos enemigos formidables, que acabarán derribando el antiguo

orden científico y mental: la ciencia experimental y el racionalismo filosófico. La ciencia, por un lado, se basaba hasta entonces en el argumento de autoridad y estaba cargada de erudición y, como mucho, de especulación intelectual. Su método era deductivo: partiendo de principios generales, se llegaba a los conocimientos particulares a través del silogismo. Pero, en este siglo, Galileo, Bacon y Newton abrirán el camino a la nueva ciencia experimental, produciendo un cambio decisivo en la metodología, objetivos y contenidos de la ciencia.

La filosofía, en segundo lugar, conoce el profundo embate de la marea racionalista, ya esbozada en la teoría copernicana. El espíritu crítico, que somete a revisión todo el conocimiento y todas las creencias antiguas, llega también al campo religioso. Así se produce una progresiva debilitación de la fe tradicional, de aquella visión cristiana del mundo y de la vida; de ese modo, desde finales de este siglo, la conciencia europea entra en crisis y anuncia el gran cambio de valores y pensamiento que se avecina, y que estallará en el último tercio del siglo XVIII.

En todo este contexto hay que situar el complejo movimiento cultural y científico que, cuestionando lo recibido hasta entonces, quiere fundar el saber humano sobre realidades y leyes verdaderas, obtenidas mediante la experimentación y verificación, no basadas en la autoridad de los maestros de la antigüedad clásica. Así, en el período 1450-1690, cálculo y experimentación son los nuevos métodos de la ciencia natural: «Sólo la experiencia ofrece un camino libre y seguro», decía Francis Bacon en su *Novum Organum*, publicado en 1620. Sin embargo, algunos historiadores de la ciencia señalan que la llamada «revolución científica» difumina la normal evolución de los conocimientos ocurrida desde la aparición del cristianismo, y reducen el Renacimiento y la Reforma al nivel de meros episodios o de simples desplazamientos internos dentro del sistema cristiano medieval. En el extremo opuesto, los historiadores marxistas sobrevaloran las relaciones entre la ciencia y la producción, y dicen que en el período arriba reseñado —en el que ponen el desarrollo del capitalismo como método de producción—, ciencia y capitalismo estaban relacionados íntimamente, aunque no lo expresan en términos de causa-efecto; fueron las condiciones del nacimiento del capitalismo —añaden— las que hicieron posible y necesaria la ciencia experimental, con

lo que ésta se convirtió en una parte de las fuerzas productivas de la sociedad [1].

Lo que está fuera de discusión es que en el siglo XVII se realiza un cambio de pensamientos e ideas respecto a la época anterior: el sistema científico y natural recibido de los griegos y mantenido durante siglos por los sabios musulmanes y cristianos, se derrumbó y fue desplazado por un sistema radicalmente nuevo. Este cambio fue gradual, imponiéndose lentamente a pesar de la fuerte oposición que recibía desde posturas dogmáticas e intransigentes. Por las condiciones sociales y mentales de la época, el cambio se produjo rápidamente en el centro de Europa, retardándose más en la periferia (España, Turquía). Aunque su periodización sea muy discutible, John Bernal ha establecido tres fases en este proceso de cambio:

El Renacimiento (1440-1540)

Abarca el fenómeno del humanismo renacentista, los grandes viajes y descubrimientos, y la Reforma. Políticamente, las guerras ponen a España como primera potencia mundial; científicamente, el rechazo de Copérnico a la visión aristotélica de un cosmos geocéntrico supone un desafío a la imagen medieval del mundo.

Las primeras revoluciones burguesas (1540-1650)

La incorporación de América y del Oriente al comercio —y a la piratería— de Europa originan una crisis de precios tan grande que casi paralizó la economía de Europa. Políticamente, en este tiempo de gue-

[1] Esta dualidad de enfoques aparece en la obra de J. Bernal, *Historia social de la ciencia*, 2 vols., Barcelona, Península, 1967. El planteamiento referido está en el vol. I, pp. 283 y 284. Un ejemplo del enfoque marxista es la afirmación del propio Bernal: «En una visión amplia de la Historia, este hecho es mucho más importante que los acontecimientos políticos y económicos de la época, pues el capitalismo representa solamente un estadio temporal en la evolución económica de la sociedad, en tanto que la ciencia es una conquista permanente de la humanidad». Y, como conclusión, dice: «Si al principio el capitalismo hizo posible la ciencia, la ciencia —a su vez— convertirá al capitalismo en innecesario».

rras de religión, son decisivas la aparición de una república burguesa en Holanda, así como la creación de una Comunidad británica republicano-burguesa (Commonwealth); en lo científico, se produce un cambio en la medicina y en la imagen medieval del cuerpo humano.

La restauración (1650-1690)

Época de compromiso o consenso político, en que la burguesía participa del poder en los países económicamente avanzados; políticamente se destaca el inicio de la monarquía constitucional en Gran Bretaña, y en el ámbito científico se asiste al triunfo del racionalismo y del pensamiento mecanicista, y a la sustitución del universo jerárquico medieval por otro, más acorde con la Naturaleza... y con la ciencia nueva.

Ciertamente, la Edad Media había logrado una síntesis admirable de la tradición bíblica judeocristiana y los conocimientos aristotélicos, creando una visión compacta, completa y perfectamente definida del cosmos, del hombre y de las cosas. El Renacimiento abrió una primera brecha en esta construcción ideológica o filosófica; después, el siglo XVI, y especialmente el XVII, aportaron nuevas maneras en la visión objetiva del hombre, de las cosas y de la Naturaleza. La nueva concepción, la «nueva ciencia», fue discutida vivamente por los más tradicionalistas, pero acabó imponiéndose por la evidencia misma de los hechos y leyes descubiertos.

Es sabido que los cambios en el pensamiento producidos en el siglo XVI habían conllevado una emancipación de las mentalidades respecto a la tutela espiritual y moral hasta entonces ejercida por la Iglesia. Este cambio de actitudes y planteamientos se hizo notar pronto en el ámbito político: Hugo Grocio (1583-1645) formula los principios de la concepción moderna de la Ley natural. Ésta había estado hasta entonces vinculada a cuestiones teológicas; pero, después de que las guerras de religión asolaran Europa, los tratadistas secularizaron la política internacional, apartándola de conflictos dogmáticos y estableciendo que el estudio de las relaciones internacionales debía hacerse «como si Dios no existiera». Así surgió aquel principio de Grocio que sería la base del pensamiento europeo durante los 200 años siguientes: «La madre del Derecho natural es la misma naturaleza humana».

Por otro lado, desde el siglo XVI el progreso filosófico y científico se hallaba al margen de la universidad, y —a menudo— alejado de ella. Y así, mientras la universidad se dedicaba a la mera transmisión de conocimientos, el trabajo de investigación (exponente del nuevo espíritu realista y utilitario de la cultura europea de este siglo) se producía en el seno de Academias. Estas instituciones se derivaban de las asociaciones intelectuales renacentistas de los siglos XV y XVI; en Italia destacaron dos muy especialmente: la Academia dei Lincei (Roma, 1600-1630) y la del Cimento (Florencia, 1651-1667: *Provando e riprovando* era su lema). Entregadas a las verificaciones de la ciencia experimental, sirvieron de modelo a otras instituciones semejantes de la Europa occidental que, sin embargo, surgieron fundadas o protegidas por príncipes y poderosos. De este modo, el siglo XVII fue la época de estos nuevos centros culturales: en ellos se refugiaban los restos del espíritu de libertad que las guerras de religión habían alejado de las universidades, tanto de las católicas como de las protestantes.

Hay una serie de características de la ciencia y los saberes del siglo XVII, que han sido destacadas por los autores como diferenciadoras y de ruptura con el pensamiento anterior: ellas marcan los cambios y, a la vez, las bases mentales sobre las que se asienta la «revolución científica». La primera de ellas se da desde los comienzos del siglo: el saber renacentista ha conseguido demostrar que la Escolástica era ya una doctrina caduca e incapaz en el estudio del ámbito de la Naturaleza. Según vimos en el capítulo I, esta filosofía o pensamiento surgió en la Edad Media, enriqueciéndose con la doctrina de Aristóteles, aportada por Santo Tomás de Aquino; en ella, de acuerdo con la teoría hylemórfica aristotélica (según la cual, los cuerpos naturales están compuestos por materia prima y *forma substantialis*), las diferencias entre los seres naturales eran cualitativas, pero con una materia prima común a todos. Por el contrario, la «ciencia nueva» no sólo admite una diferencia esencial y radical entre los seres, sino que se apresta a conocerlos realmente, y lo hace prescindiendo de lo que sobre esos seres se hubiera pensado hasta entonces.

Una segunda característica (en realidad, un nuevo postulado sociocientífico) es la convicción de que los autores antiguos, los venerados maestros clásicos, se habían equivocado y habían conducido a la Humanidad por un camino erróneo. En aquellos momentos constituyó una verdadera revolución conceptual y moral afirmar que maestros tan

venerados como Tolomeo y Plinio habían errado en sus conocimientos y observaciones, y que los conocimientos de historia natural y geografía —frutos empíricos de la navegación interoceánica y de la observación directa— habían dejado obsoletos los de los autores clásicos. Fue desde entonces cuando, poco a poco, dejaron de editarse las obras de los grandes maestros de la Antigüedad, que cayeron poco menos que en el descrédito hasta nuestro siglo XX, en que su lectura descubre en ellos grandes conocimientos y geniales intuiciones. Así se produjo una inversión de valores: los autores del siglo XVI, pensando que su ciencia era un retorno a una cultura clásica, más antigua y grandiosa, habían invocado la autoridad de los antiguos para apoyar sus innovaciones (así lo hicieron Copérnico y Harvey); por el contrario, los del siglo XVII eran conscientes de que rompían con el pasado, y apoyaban sus asertos en sus propios experimentos y observaciones.

La tercera cualidad es la aparición del saber técnico. La creencia burguesa de que todo puede hacerse mediante el dominio de una técnica racional es, en realidad, una convicción opuesta a la mentalidad religiosa medieval, en la que Dios creaba, cuidaba y organizaba el mundo con su providencia. La ciencia y la técnica nuevas presuponen una Ley natural absoluta: el mundo se convierte en un mundo sin Dios, en un universo en el que no se necesita la figura de Dios para explicar nada, ya que todo depende de las leyes —y los procesos subsiguientes— de la Naturaleza. Esto no equivale exactamente a que se abandonen las creencias religiosas, ni a que surja una actitud atea (aunque pronto se iniciará el deísmo), sino a que el empirismo burgués sustituye a la fe medieval como explicación de todos los fenómenos. Así, frente al hylemorfismo aristotélico-escolástico, surge en el siglo XVII el mecanicismo: más materialista, explica los procesos y fenómenos naturales y corporales por las leyes mecánicas que rigen cada elemento y al conjunto de todos ellos. El mundo queda, así, concebido como una suma de leyes y ecuaciones matemáticas.

Otra característica es la aparición en aquella sociedad de una voluntad de poder. En un mundo donde el hombre se sentía superior, donde todo era mensurable, impersonal e intercambiable, la voluntad de poder se manifestaba en el deseo de una productiva transformación de las cosas: los hombres querían entender el mundo y la Naturaleza para poder dominarlas, pues si la Naturaleza está regida por leyes, sólo podrá ser dominada mediante el conocimiento de esas leyes. De este

modo, los científicos fueron paulatinamente abandonando la ciencia pura y fusionándose con los hombres prácticos que sólo buscan una ciencia aplicada a la producción. El pensamiento en el que esta actitud utilitarista se sustentaba era el de una filosofía naturalista, que olvidaba lo abstracto para tender hacia lo concreto.

De ahí se deduce la función de la educación, del saber y de la ciencia en aquellos momentos. Los sectores burgueses, que en los siglos anteriores se habían afanado por lograr participar en el poder político, en el siglo XVII renuncian a esa lucha para gozar de una paz tranquila y un porvenir asegurado, que los príncipes garantizan. En el Renacimiento, la idea de un saber puramente humano y de una virtud personal, expresión de la capacidad individual, venía a ser la negación de las prerrogativas y privilegios que se adquirían por nacimiento en el estamento nobiliario; pero en el siglo XVII, aunque la ciencia misma se haga liberal, lo antiguo seguirá siendo digno de emulación y marcando pautas. De ese modo, la ciencia, como el dinero, actuarán en este siglo como criterio de selección de una élite o capa social nueva, que se distancia del pueblo [2]. En la nueva sociedad del XVII, el prestigio personal y la superioridad intelectual podían ser un medio de encumbramiento social, lo que permitió que los laicos desplazasen a los clérigos en la instrucción, la investigación y la producción literaria. Aquellos nuevos saberes daban al que los poseía una conciencia de superioridad, y gran prestigio a los ojos del vulgo. La ciencia, como la filosofía, se hace naturalista: apartándose de lo abstracto —sobradamente tratado por la escolástica—, tendía al cultivo y estudio de lo concreto. Este siglo es, a la vez, la época del empirismo y la de la soberbia humana, en cuanto que la razón es constituida como criterio último de verdad.

Panorama científico de Europa en el siglo XVII

Con las bases científicas ya reseñadas en el capítulo anterior, y con la mentalidad expuesta en las líneas precedentes, resulta lógico que el

[2] Estos planteamientos de síntesis se encuentran en la obra ya citada de J. Vicéns Vives, vol. I, p. 273, y en la de Alfred von Martin, *Sociología del Renacimiento*, Méjico, F.C.E., 1973.

triunfo de la ciencia nueva se reflejase preferentemente en los diversos ámbitos de las ciencias de la Naturaleza, especialmente en las áreas de la cosmología y la astronomía: ésta se hallaba íntimamente ligada a la geografía. Pero, en aparente paradoja, también se desarrolló una ciencia pura: el XVII ha sido definido como «el siglo de las matemáticas»; esto no es una contradicción con lo antes expuesto: la astronomía descriptiva era la única ciencia del momento que había, por un lado, acumulado observaciones suficientes y, por otro, desarrollado métodos matemáticos lo bastante precisos para permitir que las hipótesis pudieran formularse claramente y, luego, comprobarse cuantitativamente.

Con todo, no puede olvidarse que los grandes avances en astronomía y, consecuentemente, en cosmología fueron posibles porque en este siglo se construyeron los instrumentos materiales que permitían a los estudiosos observar, por sí mismos, los fenómenos y objetos de estudio: con ello se reforzaba el principio científico de experimentación y observación directa de la realidad. En el ámbito de la historia natural, el instrumento decisivo fue el telescopio o catalejo, que hacía asequible a todos la observación directa de los cielos, permitiendo examinar con mayor detalle el Sol, la Luna y las estrellas. Se dice (erróneamente, como luego se verá) que fue inventado en Holanda (1608) por Lippershey, y nació casualmente [3] como un derivado de la fabricación de gafas. Es sabido que Galileo creó una versión muy mejorada del primitivo telescopio, con la que pudo realizar sus observaciones astronómicas, a las que invitó a grandes personajes de la política y la Iglesia.

En cosmología, las premisas de Copérnico y los progresos físico-matemáticos sobre la organización del universo fueron recibidos con cierta desconfianza en Europa occidental. Así, el danés Ticho Brahe (1546-1601) —astrónomo al servicio del emperador Rodolfo II— había efectuado acertadas observaciones sobre las fases de la Luna, pero ideó un sistema cosmológico oportunista, a medio camino entre el tradicional y el copernicano: decía que el Sol giraba en torno a la Tierra, pero los demás planetas lo hacían en torno al Sol. Esto equivalía al sistema

[3] Se dice que su origen estuvo en la travesura y la curiosidad infantil de un niño que, cogiendo varias lentes, miró la calle a través de ellos desde la ventana de la tienda de Lippershey, notando que las personas, casas y objetos parecían estar más cerca.

copernicano, pero con una Tierra sin movimiento. Sólo a principios del siglo XVII se aceptarían las teorías de Copérnico, cuando las leyes matemáticas de Kepler y los descubrimientos astronómicos y físicos de Galileo demostraron lo que Copérnico había afirmado en el siglo anterior.

Galileo Galilei (1564-1642) era profesor de física e ingeniería militar en la Universidad de Padua; antes había enseñado en Pisa. Estaba interesado por el movimiento del péndulo y los problemas relacionados con la caída de los cuerpos. Con su telescopio, y en unas pocas noches de observación, hizo derrumbarse toda la imagen serena de los clásicos sobre el cosmos: la Luna, en vez de ser una esfera perfecta, estaba cubierta por montañas y mares; Venus tenía fases, como la Luna; Saturno parecía dividido en tres zonas; Júpiter poseía tres lunas. Y todo esto podía verse a través de su telescopio. Más tarde, se le ocurrió que el movimiento de las estrellas podía ser un medio adecuado para determinar la longitud en el mar; con ese propósito trató de vender el secreto al rey de España y a los Estados Generales holandeses, que habían prometido premios a quien descubriera el sistema de medición de la longitud. Pero ninguno de ellos compró su método.

Para sus observaciones astronómicas, Galileo había logrado mejorar el telescopio de Lippershey. En su obra *Sidereus nuntius* (1610) exponía sus descubrimientos, realizados todos sobre la base de la hipótesis de Copérnico: la constitución de la Vía Láctea por numerosísimos sistemas de estrellas, los satélites del planeta Júpiter, los anillos de Saturno, etc. La transcendencia científica de su obra es que la adhesión de Galileo al sistema de Copérnico —hasta entonces rechazado— implicaba el abandono definitivo de la cosmología clásica, sustentada por Tolomeo y seguida hasta entonces por todos los europeos. Su libro produjo gran sensación y, al menos al principio, ninguna reacción desfavorable. Sin embargo, las tesis de Copérnico recibirían una póstuma condena en 1618, aunque Galileo no tuvo problemas: su teoría era considerada como una representación matemática de los cielos.

El problema vino más tarde, al intentar justificar su teoría y rebatir las objeciones usuales a las tesis de Copérnico, especialmente la teoría del «fuerte viento» que originaría la rotación de la Tierra. Esto trajo consigo un importante estudio de los cuerpos en movimiento libre, asunto que ya había adquirido mucha importancia práctica en relación con el disparo de proyectiles artilleros; por otro lado, él mismo era profesor de

ingeniería militar. El problema estaba en que la cosmología heliocéntrica de Galileo parecía contradecir lo escrito en la Biblia [4], que como conjunto de ideas y doctrinas reveladas por Dios es infalible, y constituía el criterio último y definitivo de verdad para los europeos de la época, fueran católicos o protestantes. Por otro lado, Galileo realizó ataques mordaces a los defensores del sistema tradicional, que calificaban de absurdas sus teorías. Todo ello hizo que fuese encausado por la Inquisición romana, y condenado en 1632 (¡a los 68 años!) a cárcel perpetua; la condena, en realidad, fue muy benigna para los usos de la época (Giordano Bruno había sido quemado en 1600), puesto que se trató de una simple reclusión en la casa de campo que poseía en Arcetri. No obstante, las teorías de Galileo transcendieron al gran público, que las asimiló: la prueba más conocida es que Luis XIV, rey de Francia, era llamado «el rey Sol» porque toda Europa giraba en torno a él.

Como ha señalado Vicéns [5], los descubrimientos astronómicos y cosmológicos de Galileo fueron completados con una teoría del conocimiento en la que el científico italiano establecía el papel de los sentidos y del entendimiento en el estudio del mundo exterior; con esto señalaba un nuevo método para alcanzar progresos firmes, rehuyendo la mera lucubración mental, propia de la lógica aristotélica. Para Galileo, todos los procesos de la Naturaleza se componen de factores mensurables, entre los que deben determinarse matemáticamente las leyes o relaciones de mutua dependencia.

Precisamente una concepción matematicista similar era la del antiguo ayudante de Tycho Brahe, Juan Kepler (1571-1630), de Wurtem-

[4] En la primera parte de la Biblia, el Antiguo Testamento, se encuentra el Libro de Josué. En su capítulo 10 se narra una sangrienta batalla de los israelitas, dirigidos por Josué —sucesor de Moisés—, contra los reyes amorreos de Palestina debida a que hijos de Israel habían invadido sus tierras con la intención que apropiárselas y distribuirlas entre sus tribus. En el curso de la batalla, y para que diese tiempo a que Israel exterminase a sus enemigos, en los versículos 12 y 13 se dice: «El día que Yahvéh entregó al amorreo en manos de los israelitas, Josué se dirigió a Yahvéh y dijo: Detente, Sol, en Gabaón, y tú, Luna, en el valle de Ayalón. Y el sol se detuvo y la luna se paró hasta que el pueblo se vengó de sus enemigos». Estas frases bíblicas eran la prueba, absolutamente indiscutible para aquellos hombres cristianos, de que el Sol giraba en torno a la Tierra (geocentrismo). Por eso, defender el heliocentrismo equivalía a decir que Dios se había equivocado en su revelación contenida en el Libro de Josué, y eso era una blasfemia absurda e intolerable: por definición, Dios es la Verdad absoluta.

[5] *Op. cit.*, p. 273.

berg, que utilizaba las leyes geométricas para explicar la armonía del universo.

> Lo que yo pretendo —escribía Kepler en 1605 a H. von Hohemburg— es demostrar que la máquina celeste no debe compararse a ningún ser viviente de carácter divino, sino a un aparato de relojería... Además, yo demuestro que los conceptos físicos pueden expresarse a través del cálculo y la geometría.

Sus obras *Astronomia Nova* (1610) y *Harmonice mundi* sentaron las tres leyes fundamentales del movimiento planetario (la primera de ellas es la trayectoria elíptica de los planetas) y los fundamentos de una nueva ciencia de la Naturaleza: concepción cuantitativa del mundo, simplicidad de las formas naturales, etc. En la primera de esas obras, Kepler exponía los más poderosos argumentos en favor de la teoría heliocéntrica.

Galileo y Stevin habían establecido los principios de la mecánica (inercia, equilibrio y composición de fuerzas); Kepler había formulado con sus tres leyes la mecánica de los planetas; Huygens logró calcular la fuerza centrífuga de los astros en sus órbitas (1673). Con estas bases, la concepción mecánica del universo sería perfectamente formulada en 1687 por Isaac Newton (1624-1727), al descubrir la ley de la atracción universal, que expuso en su *Philosophiae naturalis principia mathematica*: esta obra exponía la solución a los problemas hasta entonces planteados sobre el movimiento de los planetas, viniendo a constituir el culmen de las nuevas astronomía y cosmología, y el definitivo final de la concepción clásica. Con la teoría de la gravitación, Newton sustituía la visión aristotélica de un universo constituido por esferas, gobernadas por un Primer motor (Dios, para los escolásticos), por la de un universo que era un mecanismo que funcionaba según una sencilla ley natural (la de la gravitación), el cual sólo necesitaba la intervención divina para su creación y puesta en movimiento.

El fundamento de muchas de las observaciones en las que se basaron los nuevos conocimientos astronómicos estaba en los estudios sobre óptica y refracción de la luz realizados por diversos científicos. Entre todos ellos, deben destacarse los trabajos de Kepler; en su *Dioptrice* (1611) expuso sus investigaciones sobre la refracción: así explicó muchos fenómenos relacionados con las lentes, determinó matemáti-

camente el comportamiento de los rayos solares al pasar a través de una esfera de cristal llena de agua y formar el arco iris, y midió la descomposición de la luz solar en diferentes colores al pasar a través de un prisma o una esfera con agua. También trabajaron en este campo Harriot, R. Descartes (*La dioptrique*, 1637), Fermat y Johann M. M. Kronland (1595-1667). Años después, en 1676, Roemer pudo medir la velocidad de la luz.

En el ámbito de la física, a su vez, el avance científico fue también muy grande, y esta disciplina se escindió en dos orientaciones: la física estática, que estudia los cuerpos y las fuerzas en equilibrio, y la física dinámica, que los estudia en movimiento. Éstas fueron las ciencias con las que Galileo puso los fundamentos no sólo de las leyes del movimiento, sino también de la teoría matemática de la resistencia de los materiales, conocimiento que adquiriera por sus discusiones con los constructores de barcos. Ya en el siglo XVI, el problema científico del movimiento de los cuerpos se había desarrollado merced al hecho práctico del cambio armamentístico de la época: la artillería con cañones de hierro transformó totalmente el arte de la guerra hasta entonces existente. En aquel momento seguía dominando la teoría del ímpetu de Filipono, que había sido transmitida por los árabes y reelaborada por los nominalistas en París: cuando un proyectil era disparado por un cañón, llevaba un impulso tal —decía— que eliminaba momentáneamente su natural propensión a caer.

Durante aquel siglo, varios científicos (entre ellos, Tartaglia y Benedetti) habían trabajado sobre esta teoría, intercalando —entre la ascensión del proyectil y su natural caída— un movimiento circular que determinaba su trayectoria. Para las bombas de mortero de aquel momento, la trayectoria estimada no era demasiado errónea, pero a esta teoría le seguía faltando una justificación matemática. Y ése fue, precisamente, el triunfo de Galileo, al formular una descripción matemática del movimiento de los cuerpos en la que sería la principal obra de su vida, publicada después de su condena: *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*. Utilizando el péndulo y el plano inclinado para medir la caída de los cuerpos, con su método experimental (se dice que observaba la caída de los objetos que arrojaba por la torre de Pisa), resolvió el problema de la caída de los cuerpos demostrando que, si faltara el aire, los proyectiles seguirían una trayectoria parabólica.

Las matemáticas, por su parte, suministraron a los científicos los medios lógicos para formular y demostrar sus teorías. El paso decisivo lo había dado el abogado Vieta (1540-1603) al convertir la argumentación matemática en simbólica, mediante el uso de letras para designar las magnitudes, tanto las conocidas como aquellas que debían averiguarse; no sólo aplicó este adelanto al álgebra, sino también a la trigonometría. Con este sistema artificial se aumentó notoriamente la rapidez de los cálculos. Al progreso en este campo contribuyeron, entre otros, Tartaglia (1500-1557) y Cardan (1501-1576), al emplear métodos algebraicos para tratar todo problema en el que las magnitudes fueran reducibles a números. En 1585, Simón Stevin había introducido los decimales, y Napier los logaritmos en 1614. Al abreviarse los cálculos, se multiplicó el número de astrónomos y físicos. El avance definitivo lo establecieron en este siglo I. Newton y Gottfried W. Leibnitz (1646-1716), al descubrir simultáneamente en 1676 el cálculo infinitesimal, aunque sus fundamentos teóricos serían definitivamente explicados por Leonard Euler en el siglo siguiente.

Precisamente la aplicación de las matemáticas al movimiento producía no sólo en los científicos, sino en los príncipes y burgueses de la época una ambición creciente, que estaba ligada a los logros ya conseguidos. Por eso, aquellos hombres esperaban que las matemáticas aplicadas a la técnica, especialmente a la maquinaria, obrarían el milagro de que la Naturaleza confiriese al hombre un poder extraordinario para conseguir sus deseos. En aquel momento, la más fantástica de sus esperanzas era la del movimiento continuo, tema que obsesionó en aquella época a muchas mentes que soñaban con un poder casi infinito. Esta idea, que era el núcleo de numerosas publicaciones, tuvo entre sus teóricos a G.B. della Porta (siglo XVI) y a Jan van der Straet (*Stradanus*, 1536-1604). Por su parte, Galileo, buen conocedor de estos temas, se burlaba en uno de sus escritos *(Le mecaniche)* de aquellas esperanzas condenadas al fracaso.

Al margen de la dinámica, la generación posterior a 1640 en la Europa occidental había llegado a convencerse de que en muchos campos era erróneo el punto de vista de los antiguos sobre la Naturaleza. La más espectacular discusión se desarrolló en torno al experimento de Evangelista Torricelli (1608-1647), discípulo y sucesor de Galileo en el puesto de *filósofo* que mantenía el gran duque de Toscana; en Florencia, en 1644, Torricelli produjo un espacio vacío cuando, des-

pués de tapar con su pulgar un largo tubo de vidrio lleno de mercurio, introdujo ese extremo del tubo en un plato con mercurio: al retirar su dedo, el mercurio del tubo bajó cerca de 760 mm. y dejó un espacio vacío. «Vivimos sumergidos —escribía— en el fondo de un océano de un elemento llamado aire, que por irrefutables experimentos sabemos que pesa».

La importancia de aquel hecho no estaba en el descubrimiento del barómetro, sino en haber creado el vacío, lo cual era impensable para el hombre de aquella época. Lo que entonces se pensaba era que Dios había creado el mundo y lo había llenado de animales y cosas; por eso, donde parecía que no había nada, estaba el aire: el vacío no existía, no podía existir. Y, sin embargo, Torricelli ya había realizado este experimento años atrás, en Roma ante un grupo de eclesiásticos; en ambas ocasiones hubo algunos que aceptaron la posibilidad de un vacío en el tubo, y la de que el aire poseyera peso o presión. Este experimento sería repetido en Francia por Blaise Pascal (1623-1662) y por su cuñado Florian Perier: éste llegó a escalar el Puy de Dôme en 1648 para demostrar la acción de la presión atmosférica. Fruto de estos experimentos fue que, años después, un nuevo concepto del aire y la atmósfera se hiciera familiar y nada sorprendente al hombre culto de Europa.

Pero ya antes de 1648, Otto Guericke (1602-1686) usaba en Magdeburgo una bomba (luego llamada «máquina neumática») para expulsar el aire de barriles de madera y vasijas de cobre. En un experimento multitudinario en 1654, varios troncos de caballos no pudieron separar las dos mitades de una esfera de metal en la que Guericke había producido el vacío. Estos experimentos llegaron a oídos de los británicos Robert Boyle (1627-1691) y Robert Hooke (1635-1703), quienes mejoraron el mecanismo de la bomba y consiguieron un mayor volumen de vacío. La «ley de Boyle» establecía las proporciones inversas entre presión y expansión, y distinguía entre la compresibilidad y la elasticidad del aire; formulada en 1662, logró que en todo laboratorio europeo la bomba de aire estuviese presente, al igual que el barómetro.

Hay otras disciplinas dignas de mención, en las que se trabajó con éxito en este siglo de mentalidad mecanicista. Entre ellas, debe recordarse el magnetismo, investigado por William Gilbert (1540-1603), médico de Isabel I de Inglaterra, por los jesuitas Niccolo Cabeo (1586-1650) y Athanasius Kircher (1601-1680), y por el mismo R. Descartes.

En Química, la milenaria práctica de la metalurgia había acumulado conocimientos empíricos; el calor era lo que despertaba mayor interés, pero aún se trabajaba con sustancias orgánicas (complejas, por lo tanto) y con aparatos primitivos y frágiles, por lo que era difícil alcanzar temperaturas adecuadas y mantenerlas sin que se rompiesen los recipientes. Todavía entonces, en la química, predominaban los cuatro elementos de Aristóteles (agua, fuego, aire y tierra) y los tres principios de Paracelso (azufre, mercurio y sal). La contribución más original la hizo Van Helmondt, al formular que el agua era la base de todas las sustancias.

La medicina obtuvo algunos avances; en fisiología, William Harvey (1578-1657) descubrió la circulación de la sangre y describió el corazón como una bomba impelente; culminaba así lo que había hallado el español Miguel Servet [6]. De este modo, aunque su obra *De motu cordis* (1628) suscitó la oposición de la Facultad de Medicina de París (cuya prohibición de sostener la tesis de la circulación de la sangre fue objeto de una mordaz sátira de Boileau), Harvey acabó por derribar la fisiología tradicional [7] que se fundamentaba aún en los escritos de Galeno, médico griego del siglo II d.C. El danés Van Helmondt consideró al ser vivo como un sistema de procesos químicos alimentados por «fermentos» controlados por un principio inmaterial, al que denominaba *archaeus*. El proceso de la digestión, a su vez, fue correctamente explicado por François de la Boë (*Sylvius*, 1624-1673).

En las ciencias de la Naturaleza (la historia natural), a su vez, la acumulación de observaciones y la colecta de nuevas especies vegetales y zoológicas desarrolló extraordinariamente estas disciplinas. Coleccio-

[6] Miguel Servet (1511-1553), humanista y médico oscense, escribió sobre la circulación de la sangre en los pulmones. Fuera de España, tomó parte en las contiendas teológicas de la Reforma, y acabó quemado en Ginebra por orden de Calvino; es más conocido por sus obras teológicas, *Christianismi restitutio* y *De Trinitatis erroribus*, que por sus escritos médicos. No obstante, Vernet Ginés apunta, *op. cit.*, p. 94, que Andrea Alpago (1450-1521) fue quien, probablemente, introdujo en Italia la idea de la circulación pulmonar de la sangre, descubierta por el sirio Ibn-al-Nafis († 1288); allí la aprendería Servet, quien luego se encargaría de difundirla por toda Europa.

[7] A este respecto, es interesante leer la concepción de Galeno sobre la fisiología humana, descrita de forma amena y sencilla en un artículo de síntesis de A.C. Crombie y M.A. Hoskin, «El movimiento científico y su influencia (1610-1650)», en *Historia del mundo moderno*, Barcelona, Sopena, 1978. El artículo mencionado se halla en el tomo IV, pp. 89 y ss.

nes de plantas, hasta entonces desconocidas, fueron traídas a España desde América y Filipinas, y a Europa desde África, la India y China. Los naturalistas europeos hicieron numerosos experimentos de injertos, aclimatación y trasplantes de esos vegetales en los jardines botánicos, muchos de ellos fundados como apoyo de la farmacopea y la medicina. En cuanto a la taxonomía, con el auge de nuevas publicaciones botánicas, aumentó el número de especies vegetales conocido: pasó de 500, que eran las que Fusch calculaba en 1542, a las 6.000 que Gaspar Bauhin mencionaba en su *Prodromus theatri botanici* de 1620, y poco después a las 18.000 que John Ray clasificó en 1682.

La zoología se benefició del continuado estudio de la anatomía y la fisiología en los Estados de Italia y en Inglaterra. En 1645 apareció el primer tratado de anatomía comparada: la *Zootomia democritaea*, de Marco A. Severino (1580-1656), quien pone al hombre como arquetipo de los animales, e incluso de las plantas. En otros aspectos de la biología, debe destacarse a Edmund Mariotte (1620-1684), que descubrió la nutrición de las plantas y enunció la ley de los gases perfectos; Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) y Marcello Malpighi (1628-1694), a su vez, observaron la estructura de las células y las funciones del organismo animal, descubriendo aquél los espermatozoides y los glóbulos de la sangre, mientras que este último se especializaba en el estudio de los tejidos vivos.

Sin embargo, la gran ruptura con el pensamiento biológico anterior la produjeron Harvey con sus *Exercitationes de generatione animalium* (1651), donde afirmaba que «todos los animales, incluso los vivíparos y el mismo hombre, están hechos de un huevo», y —sobre todo— Redi, en 1668, al descubrir la generación de las especies: hasta entonces se había creído en la «generación espontánea», y él afirmaba que ninguna célula viva podía venir sino de otra célula viva. De este modo, los científicos y biólogos se dividieron en dos facciones: los «ovistas» y los «animalculistas». Para los primeros, el feto está completamente preformado en el óvulo o huevo; para los segundos, lo está en el *animálculo* o espermatozoide.

Finalmente, en el ámbito de las ciencias de la Tierra, el jesuita y explorador francés George Fournier publicó una teoría sobre las corrientes oceánicas en su *Hydrographie* de 1643. Esto, y las conjeturas de Descartes intentando englobar la historia geológica de la Tierra dentro

de la teoría mecanicista de sus *Principia philosophiae* introdujeron todos estos problemas en las discusiones del período siguiente.

Los instrumentos materiales de la ciencia: la tecnología

También se produjeron en este período progresos en la tecnología, aunque sus innovaciones no alcanzaron la importancia de las de los siglos XVI y XVIII. Las técnicas utilizadas en la agricultura se mantuvieron, siendo ésta la actividad laboral predominante en la sociedad de aquella época, al igual que los tejidos de lana constituían la principal industria. Por el contrario, la construcción naval mejoraba notoriamente con la experiencia y la navegación. Casi inadvertidamente se producía un cambio en la obtención y producción de los bienes menos espectaculares, especialmente en la del hierro.

El vaciado del hierro fundido era una antigua técnica china, pero la producción europea fue siempre independiente de este influjo oriental. Durante los 3.000 años anteriores, en Europa se había obtenido el hierro en pequeños hornos de forja, calentados con carbón vegetal, que producían una masa pastosa: el hierro se lograba reduciendo la temperatura de esa masa, lo que permitía a los herreros trabajar mejor con ella. Durante la Edad Media, los hornos se fueron haciendo más altos, y su fuego solía atizarse con fuelles impulsados por fuerza hidráulica o manual; a veces se alcanzaban altas temperaturas, que fundían el hierro y lo convertían en algo difícilmente laborable. Por eso, en la Renania del siglo XV se empezó a vaciar el hierro fundido en un hoyo frente al horno, que pronto derivó en una especie de artesa que producía varias camadas de lingotes.

El hierro se empleó primera y principalmente para las armas, y secundariamente para otros usos. A partir del siglo XVI, el hierro para armamento se destina, preferentemente, a la fabricación de cañones, elemento que acabó con el sistema defensivo medieval y cambió el arte de la guerra. Los españoles utilizaron sus cañones con extraordinario resultado no sólo en América, sino en sus campañas europeas y en sus luchas navales contra turcos y piratas berberiscos en el Mediterráneo. Curiosamente, la venta de cañones seguía las reglas comerciales: los cañones de su majestad católica el rey de España y los del musulmán

Bey de Argel eran idénticos, pues todos ellos habían sido fundidos en Sussex (Inglaterra).

La escasez de leña para la fundición de hierro no sólo elevó la demanda de madera (materia prima, también para casas, barcos y usos domésticos), sino que abrió el camino para un nuevo elemento de combustión: la hulla. Así, en Newcastle (Gran Bretaña), la venta de hulla se multiplicó por 14 en el período 1560-1630. De esta manera, se convirtió en un elemento esencial de la siderurgia y, como es sabido, en una de las fuerzas impulsoras y básicas de la revolución industrial inglesa iniciada a finales del siglo XVIII.

Por otro lado, en el ámbito de la tecnología se produjo la aplicación de los nuevos hallazgos científicos a la construcción de instrumentos de uso tanto científico como público. Y así, como ocurriera en la astronomía con el telescopio, las ciencias físicas necesitaban de instrumentos que les permitiesen hacer experimentos más precisos. Además de la bomba neumática para lograr el vacío y del barómetro, en este siglo los científicos se aplicaron para lograr una medida más exacta del tiempo y del espacio. Los relojes eran frecuentes en las ciudades de Europa: aunque imperfectos, eran indispensables. Ya Galileo había utilizado las oscilaciones uniformes del péndulo para medir la duración de algunos experimentos; con esa base, Christian Huygens (1629-1695) construyó en La Haya, en 1659, el primer reloj mecánico de péndulo. Puede decirse, con Stoye [8], que el minuto, y luego el segundo, fueron descubrimientos de las dos décadas posteriores a 1650.

La medición más exacta del tiempo fue acompañada de una medición más exacta del espacio, lo que revelaría las gigantescas dimensiones del universo, así como cosas infinitamente pequeñas. También aquí trabajó Huygens, combinando una mejor comprensión teórica de la distancia focal y la aberración óptica con la práctica escrupulosa de pulir mejor las lentes a utilizar; así, hacia 1655 había producido un telescopio más eficaz. Este aparato fue perfeccionado durante los diez años siguientes, al incluirle un micrómetro que medía la distancia y los diámetros tal como aparecían en el foco del objetivo, y sextantes o goniómetros que medían el ángulo en que el telescopio era aplicado a un objeto determinado, y todo ello en porciones de tiempo registradas

[8] John Stoye, *El despliegue de Europa*, Madrid, Siglo XXI, 1979, pp. 275 y ss.

por el nuevo reloj de péndulo. Las distancias obtenidas de este modo se comparaban con las conseguidas en otras partes del mundo, con lo que fácilmente se calculaban las latitudes y longitudes, así como la distancia entre un punto y otro. De ese modo, si en 1650 unos pocos ilustrados tenían una correcta noción de la estructura del sistema solar, en 1675 ya se conocían unas medidas (bastante aproximadas a las reales) de su enorme volumen.

Algo similar ocurrió con el microscopio. Robert Hooke explicó en 1655 todo lo que podría lograrse combinando un cierto número de lentes en un instrumento compuesto: así, la combinación de unas lentes, una pequeña abertura y un soporte ajustable al ejemplar a examinar podría revelar al ojo humano fenómenos demasiado pequeños para ser vistos. A esto habría que añadir una progresiva habilidad en la disección, adquirida por unos científicos que, a su vez, estaban provistos de mejores instrumentos de corte. De este modo, una nueva generación de constructores de instrumentos en Leyden, Roma y Londres ayudó a que el cuerpo humano, los animales, los pájaros y peces, los insectos y las plantas pudieran ser examinados entonces con más precisión y minuciosidad que en ninguna otra época anterior. Así se acumuló una suma de datos fidedignos, que permitió que en toda Europa muchos hombres doctos se pusieran a trabajar sobre todos los seres de la Naturaleza, desde lo más cercano y pequeño a lo más lejano y gigantesco. Evidentemente, la base de estos instrumentos prácticos está en los estudios sobre óptica enunciados en el epígrafe anterior.

De este modo, las condiciones materiales del trabajo científico mejoraron hasta el punto de que eran muchos los laboratorios o gabinetes de física o de historia natural que contaban con algunos instrumentos, como microscopio, telescopio, barómetro, termómetro (1640, y perfeccionado por Farenheit en 1714), péndulo, e incluso máquina aritmética (inventada por Pascal en 1644).

Además, el desarrollo de lo que algunos autores han llamado «primera revolución industrial» (aplicado a las manufacturas de lana del siglo XVII, movidas aún por energía hidráulica) cambió la mentalidad hacia todo lo que fuera una novedad. Fue así como en este siglo aparecieron los proyectistas, luego llamados inventores. Destacaron Cornelius Drebbel (1527-1634), que construyó un submarino que probó en el Támesis (aunque más beneficios le reportó un tinte escarlata de su invención) y Simón Sturtevant quien, en *El tratamiento de los metales*

(1612), afirmaba haber encontrado un método para fundir hierro y acero con carbón de hulla, salvando así los bosques ingleses.

Para el problema náutico de la seguridad en la navegación, que consistía en seguir la ruta correcta previamente proyectada, además de las contribuciones de Harriot, Edward Wrigh (†1615) confeccionó otras tablas y creó nuevas técnicas para ser empleadas en las cartas de navegación; pero, a pesar del apoyo de la Compañía de las Indias Orientales y del de Tapp, Briggs y Günter, sus técnicas no fueron empleadas por sus propios contemporáneos británicos, que seguían manteniendo en sus singladuras las antiguas y tradicionales técnicas de navegación.

Más éxito tuvieron otro tipo de técnicas o tecnología: el tinte benefició bastante en las industrias textiles, que progresaron con la proliferación del telar inventado por William Lee en 1589. Además, se intentó extender el uso de la energía eólica, pues la fuerza del viento había demostrado gran eficacia en el drenaje de los *polders* holandeses. También en este tiempo se empezó a investigar sobre el vapor, basándose en algunos mecanismos (como el eolipilo) inventados por Herón de Alejandría en el siglo I d.C. A pesar del lento progreso conseguido, el hombre de este siglo vivía un cierto optimismo, y pensaba que la ciencia y la técnica le llevarían a una época de progreso indefinido.

Las sociedades científicas

Desdichadamente, la mayor parte de los inventores y estudiosos ofrecían sus patentes en explotación a reyes y príncipes que, por las circunstancias políticas y económicas de la época, sobradamente conocidas, estaban siempre cortos de dinero, cuando no gravemente endeudados. La verdad es que el progreso técnico lo realizaron y financiaron hombres que habían acumulado el capital suficiente a partir de sus propias ganancias. Y esta labor se desarrollaba en un entorno que tenía como centro difusor a Italia, y como medio de difusión y contacto a las sociedades científicas.

Sea cual fuere el país de origen de los científicos europeos (Polonia, Gran Bretaña o Francia), fue en Italia donde adquirieron sus conocimientos o donde realizaron lo mejor de su obra; al menos, mantuvieron con Italia algún tipo de contacto. La península italiana había sido la primera área de Europa en romper con la tradición feudal, y

seguía siendo el centro de la cultura europea mucho después de haber perdido su importancia económica y política. Por otro lado, los nuevos *filósofos* o científicos ya no formaban parte de la intensa vida ciudadana del Renacimiento, sino que parecían miembros individuales de los diferentes grupos de la burguesía: abogados, médicos, hidalgos, clérigos, etc.

Por otro lado, y a imitación de las Academias de la Italia del Renacimiento, habían ido naciendo centros de reunión donde los nuevos científicos debatían y se comunicaban sus experimentos y conclusiones, debido a que las universidades se iban alejando cada vez más de la nueva ciencia. Tanto en Holanda como en Inglaterra, las nuevas rutas de navegación habían impulsado ya en el siglo XVI una educación científica de sus navegantes; en este sentido habían descollado los flamencos G. Frisius (1527-1555) y Gerard Mercator (1512-1594), que hicieron cartas de navegación más precisas. Fueron imitados por el geógrafo inglés John Dee (1527-1608), consejero de los grandes marinos de la Inglaterra isabelina.

La Iglesia no impulsó el movimiento científico, pero tampoco opuso una rígida resistencia, como podría parecer tras la condena de Giordano Bruno a la hoguera en 1600 y la prisión de Galileo en 1632. Bernal [9] tiene un párrafo revelador:

> La Contrarreforma, que logró detener y hasta reducir el progreso del protestantismo en Europa, no tuvo malas consecuencias para la ciencia. Los jesuitas, que dirigían el movimiento de la Contrarreforma, tuvieron la inteligencia de comprender que era más fácil conquistar las almas alentando la ciencia que oponiéndose a ella. Por lo tanto, se incorporaron plenamente al movimiento científico, especialmente a la nueva astronomía, y llegaron incluso a ser agentes de su difusión al establecer observatorios en la India, la China y el Japón. Al mismo tiempo actuaron dentro de la ciencia como perros guardianes para impedir que tuviera efectos perniciosos sobre la religión verdadera, de modo que, inintencionadamente, dieron una ventaja a los científicos de los países protestantes que quedaban fuera de su control.

De este modo, y sólo por las iniciativas particulares de burgueses enriquecidos, se fundaron instituciones paralelas a las universidades. En

[9] *Op. cit.*, p. 318 del vol. I.

ellas sí cabía toda novedad y toda discusión, excepto —naturalmente— las de tipo religioso o político. Así había surgido en Inglaterra, para la enseñanza de la nueva ciencia, el Gresham College en 1579; fundado por sir Thomas Gresham, gran comerciante de Londres, agente financiero de la corona y fundador del Royal Echange; no fue una institución humanista, a diferencia del Collège de France aparecido antes: sus clases se daban en inglés al igual que en latín, y se explicaba geometría y astronomía, con especial acento en la enseñanza de los instrumentos de navegación. Durante el siglo XVII fue el gran centro científico de Inglaterra, en el que sus miembros se reunían todas las semanas; años más tarde había de albergar, además, a la Royal Society, que al principio celebraría allí sus también semanales reuniones.

Los científicos de aquel tiempo daban por supuesto que la ciencia se ocupaba preferentemente de la Naturaleza y de las artes, y que su principal objetivo era ser útil. Por eso, muchos de ellos estaban al servicio del Estado, e intentaban justificar su empleo con invenciones prácticas, tanto para la guerra como para la paz. De ahí que en estas sociedades, los principales problemas debatidos eran el funcionamiento de los cielos —que permitían el uso de la astronomía para la navegación—, el movimiento de los proyectiles y de las máquinas —de utilidad para la guerra y la industria—, y el del cuerpo humano.

Como la segunda mitad del siglo fue un período de relativa calma y prosperidad tras las guerras de religión, el trabajo de los científicos se desarrolló con libertad de movimientos y comunicación, incluso a nivel internacional. Esto les permitió ser honrados y reconocidos por sus respectivos gobiernos, pues ayudaban a mejorar la industria y el comercio nacionales a la vez que edificaban la civilización del *Grand Siècle*. Así, durante la segunda mitad del siglo XVII florecieron las sociedades científicas en toda Europa occidental. Tras las italianas Academias dei Lincei y del Cimento, que desde principios del siglo sirvieron de modelo a las demás, el obispo moravo Juan Amós Comenius (1592-1670) proyectó la creación de un «Colegio Pansófico» donde fuera posible practicar la nueva filosofía experimental; refugiado en Inglaterra (1641) por la Guerra de los Treinta años, fundó allí un colegio que acabó fracasando.

En Inglaterra, tras la guerra civil y la reforma de la Universidad de Oxford por el Parlamento, ésta se convirtió en el centro de ataque de la «vieja ciencia» aristotélica y clásica; destacaban allí Robert Boyle,

William Petty, Christopher Wren, y Robert Hooke. Años después, acabaron formalizando estos objetivos y reuniones creando la Royal Society de Londres en 1662. En sus estatutos escribía Hooke:

> El objetivo de la Royal Society es mejorar el conocimiento de los objetos naturales, de todas las artes útiles, las manufacturas, las prácticas mecánicas, las máquinas y los inventos por medio de la experimentación, sin tratar de Teología, Metafísica, Moral, Política, Gramática, Retórica y Lógica.

Esta corporación, a partir de 1665, empieza a publicar el *Philosophical Transactions,* y apoyará la creación (1675) del Observatorio de Greenwich, cerca de Londres.

A su vez, en Francia el primitivo lugar de este tipo de reuniones fue la celda conventual del franciscano padre Marsenne, que era corresponsal de todos los científicos de Europa, de Galileo a Hobbes, y que ponía a todos en contacto. Tras su muerte en 1648, las reuniones se siguieron celebrando en la casa del abogado Montmor, y de ahí nació la Académie Royale des Sciences en 1666; el año anterior había aparecido, con el favor de Colbert, el *Journal des savants.* Estos ejemplos se expanden por toda Europa. Así, Prusia verá cómo Federico I fundará en 1701 la Academia de Berlín a instancias de Leibnitz. En toda Europa la ciencia, y los científicos, conquista poco a poco un sector cada vez más amplio del público culto: en aquellos momentos era de buen tono hablar de ciencia en los salones y tertulias. Este prestigio social, apoyado por las autoridades y sostenido por el interés del público cultivado, permitiría que los sabios mantuviesen correspondencia entre ellos más allá de sus propias fronteras nacionales.

Ciencia y tecnología en la España del siglo XVII

Para entender correctamente la situación científica de España, comparándola con la que se daba en aquel momento en Europa, y explicarse la labor de españoles (y europeos) en América, es necesario tener en cuenta tres factores que dan la clave de su situación.

El primer factor es el de los objetivos científicos. Desde el origen mismo de las sociedades científicas (especialmente en el caso de la Royal Society de Londres), sus miembros se propusieron mejorar el conocimiento de los objetos naturales. Esto suponía conceder una pri-

macía teórica a la historia natural, debido a sus consecuencias prácticas de tipo económico.

El segundo es que la sociedad civil y el Estado estimulaban a los naturalistas a preocuparse más por los oficios, lo que se tradujo en una mejora tecnológica en esos oficios y manufacturas tradicionales. Cuando en el siglo siguiente esto alcanzó sus más altas cimas mediante la aplicación de la máquina de vapor, Europa conoció el inicio de la revolución industrial que, como es sabido, se implantaría en la mayor parte de la Europa occidental durante la primera mitad del siglo XIX. Este cambio en los medios y formas de producción transformaría las sociedades humanas, y nos legaría el mundo en el que actualmente vivimos nosotros.

El tercero es que la prohibición regia (Felipe II) de que salieran los españoles a estudiar o enseñar al extranjero produjo un notable aislamiento en los científicos españoles y en toda la sociedad hispana respecto al progreso exterior. Desde entonces, España iba a quedar descolgada del progreso científico e industrial del resto de Europa, así como de las inquietudes y corrientes que inundaban el Viejo Continente.

Según su relación con la «revolución científica» que se estaba produciendo en Europa, López Piñero ha periodizado la ciencia española del siglo XVII en tres fases.

Desde 1600 (aproximadamente) la actividad científica española era sólo una prolongación de la renacentista, al margen de los nuevos planteamientos que se estaban produciendo en Europa.

Desde 1630 (aproximadamente) se van introduciendo algunos elementos modernos en los ambientes científicos, que o bien fueron aceptados como rectificaciones de detalle a las doctrinas tradicionales, o fueron sencillamente rechazados.

Desde 1670 (aproximadamente) algunos autores españoles rompen abiertamente con los clásicos e inician la asimilación sistemática de las nuevas corrientes científicas que están triunfando en Europa.

Sobre los ámbitos de la ciencia que eran más cultivados en nuestro país, es sabido que el descubrimiento de América había impulsado durante el siglo XVI el estudio de la Naturaleza de aquel mundo nuevo; no tiene, pues, nada de extraño que el ámbito naturalista fuera el más cultivado por los españoles. En aquel siglo, la zoología presentaba poco interés, pero la botánica se hallaba estancada por problemas de sino-

nimia, especialmente difíciles para hombres que trabajaban con tres lenguas culturales tan dispares como el latín, el griego y el árabe. Las tres estaban imbricadas en la tradición botánica que había producido en 1518 la edición española del *Materia medica* de Dioscórides, médico griego del siglo I d.C., la cual había sido inmediatamente seguida por la publicación, en 1536, del primer catálogo de la flora española: *Descripción de todas las yerbas que hay en España,* de Juan Bautista Monardes.

Durante este siglo XVII, los botánicos españoles seguían defendiendo la idea de la diferencia sexual de las plantas; descrita ya por Teofrasto (griego del siglo IV a.C.), habia sido admitida por los musulmanes hispanos de Al-andalus, de donde pasó a Gabriel Alonso de Herrera, al doctor Laguna (Andrés Fernández Velázquez, médico de Carlos V y traductor de Dioscórides) y a Cienfuegos, todos ellos del siglo XVI, siendo luego defendida por los tratadistas españoles del XVII, a pesar de la oposición del naturalista italiano Andrea Cesalpino. Solamente a finales de siglo quedaría zanjada la polémica con la publicación, en 1694, de la *Epístola sobre el sexo de las plantas,* de Camerarius (1665-1721). Por lo demás, se mantuvo la afición a crear jardines botánicos que había iniciado el rey Felipe II en Aranjuez (en 1555), a instancias del doctor Laguna; hubo particulares, también, que a sus expensas crearon este tipo de jardines, aunque no sólo por afición y como objeto de estudio, sino como medio de solaz y prestigio social. En realidad, ésta era una tradición muy arraigada en España desde que fuera iniciada por los musulmanes de Al-andalus, como quedó señalado en el capítulo I.

Al margen de la botánica, también se prestó atención a otras áreas y campos de la historia natural. Además del estudio de los cometas, algunos autores —el cisterciense Juan Caramuel, por ejemplo— intentaron realizar observaciones meteorológicas sistemáticas y racionalizadas. También se introdujeron doctrinas geológicas, como las formuladas en el *Mundus subterraneus,* del jesuita padre Kircher, que fue editado en 1657.

La física dinámica estuvo menos cultivada en la Península, pero los estudiosos españoles que a ella se dedicaron poseían un alto nivel. Así, en el siglo XVI habían destacado Luis Núñez Coronel, Juan de Celaya, Pedro Sánchez Ciruelo y, sobre todo, Domingo de Soto, quien fue el primero en observar que un objeto cae con un movimiento uni-

formemente acelerado. En el siglo XVII, y al igual que Galileo en Italia, en España también había autores que estudiaban el movimiento de los cuerpos, y más concretamente la trayectoria de los proyectiles: así Céspedes en su obra *Instrumentos nuevos de Giometría,* de 1606. Además, las investigaciones y teorías de Galileo sobre estos aspectos fueron difundidas en España a través del *Cursus philosophicus,* publicado en 1632 por el jesuita Rodrigo de Arriaga (1592-1667).

Las matemáticas, por su lado, no tuvieron un buen nivel en España, a pesar de los algebristas del siglo XVI: Gonzalo de Busto, Antich Roca, el dominico Juan de Ortega, y Pérez de Moya, mencionado éste por Simón Stevin al hablar de la regla de tres y de la extracción de raíces cúbicas. A finales del siglo XVI era tan bajo el nivel matemático de España, que el rey Felipe II creó en Madrid, en 1582, la Academia de Matemáticas, poniéndola bajo la dirección del portugués Juan Bautista Labaña. Uno de sus alumnos, Luis Carduchi (†1651), que tradujo y publicó en 1637 los *Elementos* de Euclides, mencionaba ya en sus escritos los recién descubiertos logaritmos. Con todo, dice Vernet [10] que los intentos por mejorar el nivel matemático de España fracasaron. Por eso, y a pesar de la oposición de las universidades, los jesuitas fundaron en Madrid el llamado Colegio Imperial [11], que acabaría absorbiendo a la Academia de Matemáticas en 1625. El colegio, sin embargo, no supo formar matemáticos, y tuvo que recurrir a encargar la enseñanza de esta materia a jesuitas extranjeros.

[10] Vernet, *op. cit.*, p. 113.

[11] La madrileña calle de Toledo nace en la Plaza Mayor, y antes moría en la llamada Puerta de Toledo, cuyo primitivo emplazamiento se trasladó más abajo, hasta que en tiempos de Fernando VII se construyó la actual. Reinando Felipe II, se levantó en esa calle el primer convento que los jesuitas edificaron en Madrid, que fue inaugurado en 1567; pero en 1603 se demolió aquella iglesia, construyéndose la actual, llamada de San Isidro y que al presente hace las veces de Catedral de Madrid. Contiguo a ésta se halla el edificio de lo que se creara en 1545 con el nombre de Estudios Reales, para la educación de los niños nobles de la capital del Reino. En 1603 se le dio el título de Colegio Imperial, por el patronato de la emperatriz doña María (hija de Carlos V), y fue ampliado por orden de Felipe IV en 1625. Tras la extinción pontificia de la Compañía de Jesús en 1767, Carlos III restableció los Estudios Reales en 1770, fijando para la enseñanza cátedras de latín, retórica y poética, de lenguas griega, hebrea y árabe, así como de matemáticas, filosofía, derecho natural y derecho canónico. Desde 1845 es el Instituto de San Isidro, dedicado a la enseñanza media o Bachillerato. Véase la obra de José Simón Díaz, *Historia del Colegio Imperial de Madrid*, 2 vols., Madrid, 1952-1959.

Entre los matemáticos de este siglo que más se distinguieron hay que mencionar a Diego López de Arenas y a Sebastián Izquierdo: ambos conocían la obra de Tartaglia, y el segundo parece haber descubierto el triángulo aritmético siete años antes que Pascal, como puede deducirse de su libro *Pharus scientiarum;* pero, a juicio de Vernet, este procedimiento se encontraba ya en los matemáticos árabes del siglo XV e incluso en los del siglo XIII. Por su lado, Juan Serrano y Andrés Puig estudiaron en Valencia la resolución de ecuaciones superiores a las de segundo grado (como se ve en su *Aritmética especulativa y práctica, y arte de álgebra,* de 1672), aunque su procedimiento derive del de Simón Stevin; Juan Bautista Corachán introdujo en España (1699) la notación decimal; y el teólogo y abad cisterciense Juan Caramuel de Lobkowitz (1606-1682), en su *Mathesis biceps: vetus et nova,* de 1670, expone el fundamento de los sistemas de numeración de base *n*, e ideó un sistema de logaritmos perfectos, que en realidad eran complemento de los logaritmos vulgares de Briggs. En el ámbito del análisis geométrico, el jesuita padre José Zaragoza (1627-1679), con su *Geometria Magna in Minimis,* de 1674, creó un nuevo método de investigación geométrica, y Antonio Hugo Omerique publicó en 1698 su *Analysis geometrica* que, aunque diferente de la geometría analítica de Descartes, mereció los elogios de Newton.

La astronomía no tuvo en España la transcendencia que en Italia, pero ya era un ámbito cultivado en el siglo XVI, cuando los instrumentos eran todavía medievales; así, no deben olvidarse los diferentes tratados escritos en ese siglo por Juan Martín Población, Simón Tobar y Juan de Rojas Sarmiento sobre el uso del astrolabio, así como el de Francisco Sarzoso sobre el empleo de los ecuatoriales, aparatos destinados a hallar mecánicamente la posición de los planetas. En el siglo XVII había en España tantos estudiosos, incluso aficionados, que escrutaban los cielos, que en Sevilla se creó toda una artesanía dedicada a fabricar potentes telescopios. Así, Vicente de Lastanosa veía Venus con ellos, e incluso las manchas del Sol, y otros divisaban las bandas de Júpiter. En la segunda mitad, y gracias al padre Zaragoza, su uso científico es ya frecuente y alcanza un nivel idéntico al del resto de Europa; las observaciones del jesuita le permitieron publicar, en 1675, la primera astronomía moderna de España: *Esfera en común celeste y terráquea.* No obstante sus simpatías por el sistema copernicano, no se atreve a reconocerlo expresamente (quizá por ser él jesuita y estar conde-

nadas por Roma la obra de Copérnico y la teoría de Galileo), y contiene algunas carencias en lo referente a las estrellas y sus mediciones.

El sistema heliocéntrico de Copérnico (cuya obra *De revolutionibus orbium celestium* había aparecido en 1543) fue introducido muy pronto en España; ya en 1561 figuraba como libro de texto en el programa de astronomía de la Universidad de Salamanca, en la cátedra de Juan de Aguilera. Desde 1594, el libro de Copérnico se estudiaba allí obligatoriamente hasta ser condenado por el papa en 1616 (una segunda condena se produciría, nuevamente, en 1632-1633, tras el proceso a Galileo). En nuestro país, el heliocentrismo fue defendido por autores prestigiosos, como fray Diego de Estúñiga (†1597) y Andrés García de Céspedes (†1611), mientras que fue atacado por otros, como el médico de Felipe II, Francisco Vallés de Covarrubias (1592), y José Vicente Olmo (†1696). Vernet afirma que las grandes figuras, como el padre Zaragoza y Juan Caramuel, debieron admitirlo en secreto, mientras que públicamente profesaban el geocentrismo de Tolomeo o la cosmología de Tycho Brahe [12].

Sin embargo, el cálculo matemático de efemérides permitió la permanencia del sistema copernicano en esta área, beneficiando a las ciencias matemática y astronómica, pero desplazando progresivamente a las *Tablas alfonsíes,* que aún se editaron en España en 1641, cuando en Europa iba decayendo su uso. Así, Francisco Suárez Argüello (†1608) publicaba las efemérides para los años 1607-1618 calculando las trayectorias de los planetas por los dos sistemas, alfonsí y copernicano: observando luego el cumplimiento de las previsiones, se podía deducir cuál de los dos era el más preciso. Las tablas de Luis Freire de Silva, que abarcan los años 1637-1700, están calculadas con los sistemas de Tycho y de Copérnico, lo cual implica la definitiva desaparición de las antiguas *Tablas alfonsíes.* Sin embargo, Vernet destaca un curioso hecho: en los informes enviados en 1578 a Roma para la elaboracion del calendario gregoriano, la Universidad de Salamanca no había usado en sus cálculos el sistema copernicano, a pesar de estar allí establecido en su enseñanza de la astronomía.

La pervivencia de la astrología, considerada científica por el vulgo, benefició a la astronomía: muchos astrónomos prestigiosos cultivaban

[12] Vernet, *op. cit.*, p. 119.

aún aquélla, y de sus observaciones se derivaron estudios serios sobre las conjunciones de planetas y la trayectoria de los cometas, así como la divulgación de la existencia de cuatro (de los 12 que tiene) satélites de Júpiter y dos (de los diez) de Saturno. Pero la preocupación práctica de los astrónomos, como quedó dicho en los epígrafes anteriores, era poder facilitar la navegación a mar abierto en el océano. De ahí las dos consecuencias científicas de la astronomía: la náutica y la cartografía.

Ya Alonso de Santa Cruz había trazado en 1530 la primera carta de variaciones magnéticas; la segunda la trazaría Edmund Halley 100 años más tarde, pero sólo sería bien conocido este fenómeno tras los estudios de W. Gilbert (1600) y de Henry Gellibrand (1635), quien descubrió que la declinación magnética en un lugar no era constante, sino que variaba con el tiempo. También Santa Cruz, en su obra *Libro de las longitudes, y manera que hasta agora se ha tenido en el arte de navegar,* había descrito las formas que se usaban para calcular la longitud en el mar. A partir de ahí, diversos autores intentaron resolver el problema de las longitudes, y el rey Felipe II ofreció un premio a quien lo lograse: el mismo Galileo quiso conseguirlo. Faltando buenos cronómetros, este cálculo seguía siendo impreciso en el siglo XVII, y el método más aproximado era el de los eclipses del Sol o la Luna, y tomando los datos en tierra.

En otro campo científico relacionado con éste, la náutica española durante el siglo XVII seguía nutriéndose de la obra del sevillano Pedro de Medina (1493-1567) titulada *Arte de navegar;* años después (en 1563), rectificó algunos de sus errores, reeditándola con el título *Regimiento de navegación.* Esta obra, que sirvió de texto en las escuelas de náutica de España durante el siglo XVII, fue traducida al inglés, al francés (seis ediciones), al holandés, al italiano y al alemán (otras seis ediciones) desde 1581. Algo parecido ocurrió, también, con otro libro similar escrito por Martín Cortés. Durante el pimer tercio del XVII se tradujo también al inglés el tratado de náutica de Rodrigo Zamorano, el último gran título de la brillante literatura náutica del Renacimiento español, como dice López Piñero.

En los ámbitos relacionados con la salud y la medicina, los médicos españoles de la época se dividen entre un tradicionalismo moderado y otro más intransigente. Entre los moderados habría que citar a Gaspar Bravo de Sobremonte (†1638), médico de cámara del rey, que por un lado conocía y defendía la obra y avances de Harvey sobre la

circulación de la sangre, pero por otro rechazaba la yatroquímica (aunque aceptaba medicamentos químicos, lo que viene a ser una contradicción); una actitud semejante era la del médico sevillano Gaspar Caldera de Heredia. Un ejemplo de los intransigentes es Juan de la Torre y Valcárcel, quien con su *De sanguinis officina motu ac usu, libri tres* (1666) quería oponerse al «escándalo causado por Harvey» utilizando argumentos del peor escolasticismo.

El cuidado de los enfermos en hospitales es una de las funciones sociales de la beneficencia, que la Iglesia tuvo a su cargo en España hasta el siglo XIX. En este campo se debe destacar, por su gran interés humano, la aparición del llamado «Libro de los obregones», escrito a mediados de este siglo por un fraile de la Congregación de Hermanos Mínimos (religiosos hospitalarios), que en 1565 había fundado en Madrid fray Bernardino de Obregón. La obra, titulada *Instrucción de enfermeros y método de aplicar los remedios,* es un magnífico y auténtico manual de enfermería; escrito por quien demostraba conocer el oficio, ordenaba que los religiosos enfermeros

> acompañarán a los Médicos cuando visitaren a los enfermos para que sepan lo que ordenan; y viendo que son descuidados en acudir a las visitas a sus horas, o que visitan con priesa, lo dirán a los Hermanos Mayores para que hagan poner en ello remedio, por que no padezcan los enfermos; y lo mismo harán con los Cirujanos y Barberos, y hallando que no hazen bien su oficio, procuren que traigan otros, y en particular adviertan a los Barberos que miren cómo sangran, para que no salgan mancos del hospital los pobres.

Es destacable el interés que en este tiempo se muestra hacia la infancia: en los primeros años del siglo aparecen los tratados de pediatría de Jerónimo Soriano (1600) y de Pérez Cascales (1611). Los sordos fueron, también, objeto de atención: en 1620 aparecía el libro de Juan Pablo Bonet sobre la enseñanza de los sordomudos. En otros campos de la medicina, los estudios de autores hispanos sobre óptica tienen cierta novedad, con un nivel superior o similar al de los autores centroeuropeos mencionados. Así, Benito Daza Valdés, estudioso de la óptica fisiológica a la vez que notario de la Santa Inquisición, en su obra *Uso de los antoios* (1623) define las dioptrías con el nombre de «grado» (un «grado» de Daza equivaldría a 1,25 dioptrías de hoy),

constituyendo esta obra el primero y más importante tratado de oculística que en aquella época se editó en España.

En lo que a la ciencia aplicada se refiere, la tecnología de la España del siglo XVII tuvo el mismo nivel que la de otros Estados de Europa, y en algunas áreas concretas superó crecidamente el nivel medio de aquella época. Como en el resto de Europa, también en España la astronomía y las observaciones del cielo contaron con la ayuda de instrumentos adecuados, y concretamente con el del telescopio o anteojo. Es costumbre atribuir su invención al holandés Lippershey, en 1608; la verdad es que el descubrimiento se realizó de modo simultáneo e independiente en España, Holanda e Italia, pero sólo adquiriría transcendencia con los arreglos de Galileo. En este sentido, Vernet hace hincapié en que, al margen de que el milanés Jerónimo Sisturo atribuyera (ya en 1618) su invención al óptico gerundense Juan Roget, en el Archivo de Protocolos notariales de Barcelona están las pruebas irrefutables de este hecho [13]. Esta nueva industria óptica se introdujo rápidamente en España: Daza de Valdés dice en su obra *Uso de los antoios* que en Sevilla había artesanos que fabricaban distintos tipos de anteojos astronómicos (a los que se llama *Visorios*), y alguno alcanzó ¡hasta 80 aumentos! En 1635, Vicente de Lastanosa observaba los astros con «algunos anteojos de larga vista, y entre ellos dos que tienen diez palmos de largo...».

Al margen de estos instrumentos, se construyeron otros en los que se evidencia que la tecnología astronómica tenía un nivel muy alto en la España del seiscientos: el padre José Zaragoza, S.I., con la ayuda de sus compañeros jesuitas el padre Andosilla y el padre Bartolomé Alcázar, realizó 14 instrumentos científicos, que hoy se encuentran en la Biblioteca Nacional de Madrid. Sin embargo, a mediados de siglo empezaron a decaer —inexplicablemente, aunque alguien diga lo contra-

[13] Vernet, en su obra citada, p. 117, refiere que en el testamento de un tal Pedro de Cardona, de fecha 10 de abril de 1593, éste deja una «ullera larga guarnida de lauto» entre otros legados. Señala, también, que el 5 de septiembre de 1608, tras la muerte del mercader Jaime Galvany, se venden sus bienes en pública subasta; entre ellos figura una «ollera de larga vista», que se remató en cinco sueldos; esto ocurría un mes antes de que los ópticos holandeses Hans Laprey (de Middelburg) y Jacobo Metius (de Alcmaar) solicitaran patente de invención al Consejo de Estado de las Provincias Unidas (nombre entonces de Holanda) para empezar a fabricar allí lo que en catalán se denominaba *ollera* y en castellano *anteojo, catalejo,* o *visorio,* y hoy conocemos por telescopio.

rio— las enseñanzas de náutica, astronomía y matemáticas en la sevillana Casa de la Contratación (la madrileña Academia de Matemáticas había desaparecido ya en 1625). Mientras tanto, con la excepción de la medicina, las universidades mantenían en la Facultad de Artes la enseñanza de las ciencias... cuyas siete cátedras eran llamadas las «raras»; en manos del peor escolasticismo, con enfoques metafísicos, y manteniendo las trasnochadas doctrinas de Galeno, las universidades decaían aceleradamente.

Este negro panorama se salvaba por la acción de los primeros *novatores* que, a finales de siglo, empezaban a surgir en España, y la de otros espíritus que buscaban (presagiando lo que iba a intentarse seriamente en el siglo siguiente) reformar las instituciones y situación entonces existentes, o crear nuevos marcos que impulsasen el progreso. Así aparece en el *Discurso físico y político* (1679) del médico Juan Bautista Juanini (1636-1691), el primer texto español —según López Piñero— en el que se utilizan los saberes médicos y químicos modernos para enfrentarse con un problema de higiene pública, y en la *Arquitectura civil, recta y oblicua* (1678) del abad Juan Caramuel, que es una fundamentación matemática puesta al día sobre técnicas de la construcción.

Es preciso hacer hincapié en este hecho, que no es una excepción: ya en el siglo XVII hay en España una serie de clérigos y religiosos que conocen y practican la ciencia con espíritu moderno, sin dejar por ello de ser sacerdotes dignos y respetados por las altas instancias eclesiásticas. El más significativo es el caso de Juan Caramuel de Lobkowitz (1606-1682), un madrileño que entró en el Císter, fue ordenado sacerdote y alcanzó gran fama por sus sermones. Contribuyó a la defensa de Praga frente a los suecos en la Guerra de los Treinta Años, y fue nombrado obispo de Vigevano (en el Milanesado español). Como sacerdote y teólogo, escribió una *Theologia moralis* y fue el primero en poner de manifiesto los errores de Jansenio. Felipe IV premió sus servicios y méritos con la abadía y condado de Melrose, en el Brabante español (Bélgica), y la Orden del Císter le nombró vicario general en los reinos de Inglaterra, Escocia e Irlanda. Fue uno de los mejores y más completos científicos de aquel tiempo en España... y en Europa. Su mejor elogio lo hizo uno de sus contemporáneos: «Si Dios dejase perecer las ciencias todas en todas las universidades del mundo, como

Caramuel se conservase, él solamente bastaría para reemplazarlas en el ser que hoy tienen».

A su vez, también la nobleza se sumaba a este movimiento de modernización: en las casas de los marqueses de Villena y de Mondéjar, o del duque de Montellano, se reunían tertulias que en Madrid hacían de núcleos propagandísticos de las nuevas y más modernas ideas científicas; así lo afirmaba el médico Diego Mateo Zapata (1664-1738), autor de un libro de significativo título: *Ocaso de las formas aristotélicas*. Lo mismo ocurría en Valencia, cuya facultad de medicina era un importante foco de innovación en la línea de Vesalio desde el siglo anterior; allí se reunían tertulias en torno al conde de Alcudia y al marqués de Villatorcas, así como en casa del matemático Baltasar de Íñigo: en ésta se trataban cuestiones astronómicas, matemáticas y físicas, se construían telescopios y microscopios, y se hacían experimentos de balística; a ella asistían Tomás V. Tosca y Juan B. Corachán. De modo idéntico ocurría en Sevilla: el grupo que se reunía en casa del médico Juan Muñoz y Peralta se convertiría el año 1700, al aprobar Carlos II sus Constituciones en la Regia Sociedad de Medicina y otras Ciencias, en el primero de los centros españoles consagrados al cultivo de las corrientes modernas.

Las ciencias en América y su interrelación con Europa

En las tierras españolas de América, la ciencia se difundía igual que en la Península: la lejanía en espacio no conllevaba una lejanía cultural o científica, y en la América hispana se mantenía el mismo nivel que en España marcaba la Universidad de Salamanca, modelo y *alma mater* de las hispanoamericanas. Como había sucedido en el siglo anterior, la política cultural se mantuvo con todo vigor: también allí la creación de escuelas era incumbencia de las instituciones tanto eclesiásticas como del Estado. Así, por ejemplo, el cabildo de Buenos Aires resolvió, en 1617, confiar a los jesuitas la enseñanza elemental en la ciudad. Hablando en general, se puede afirmar que se hicieron grandes esfuerzos por implantar la enseñanza escolar obligatoria, y hacer que fuera gratuita la enseñanza para los niños de las familias pobres: el analfabetismo entre la población blanca de la América española no era mayor que el que se daba en la misma España. Pero los indios y mes-

tizos que vivían lejos de las ciudades no recibían casi ninguna formación escolar.

Por todo ello, en los dos virreinatos españoles de América no fueron desconocidos los estudios y conclusiones de Copérnico y Galileo, por poner ejemplos de gran entidad y transcedencia en el siglo XVII... como tampoco lo fueron las condenas pontificias del heliocentrismo. Dentro de esta lógica difusión o interrelación científica en la que España estaba inmersa respecto a Europa y —a la vez— en relación con sus otras tierras americanas, no es de extrañar que, en 1582, Vasco de Piña hubiese calculado las declinaciones del Sol para la longitud de Santo Domingo con arreglo al *De revolutionibus* de Copérnico. Por su parte, Lázaro Flores utilizaba, en 1663, los sistemas de Copérnico y Tycho para adaptar las tablas de Lemberg al meridiano de La Habana; algo muy similar haría después Buenaventura Suárez (†1739) en Argentina.

Respecto a otras áreas relacionadas con la astronomía, no conviene olvidar lo que suponía para España y para sus tierras americanas cualquier avance en la ciencia náutica. De ese modo, dado que en la navegación es necesario calcular con precisión longitud y latitud, y que un cálculo seguro de la longitud no era aún posible, Felipe II ofreció una recompensa a quien lo lograra. Es sabido que el sistema más preciso era determinar la longitud por la observación en tierra firme de los eclipses del Sol y la Luna; por eso, López de Velasco, cosmógrafo de Felipe II, había redactado unas instrucciones para la observación de los eclipses simultáneamente en España y América, en orden a una mejor y más exacta determinación de las dimensiones del Atlántico y las longitudes de algunos puntos geográficos de América. Éste sería el método vigente en el siglo XVII, a pesar de su imprecisión; por ello, fue el que siguió Lázaro de Flores para determinar la longitud de La Habana [14].

El estudio de la Naturaleza realizado por los españoles en América se mantuvo en el alto nivel científico reseñado en el capítulo ante-

[14] Vernet cita a este respecto una precisa bibliografía muy especializada. Entre todos estos libros, deben destacarse el de José Espinosa y Tello, *Memoria sobre las observaciones hechas por los navegantes españoles en distintos lugares del globo, las cuales han servido de fundamento para la formación de cartas de marear*, Madrid, 1809, 2 vols.; S. García Franco, *Historia del arte y ciencia de navegar*, Madrid, 1947, 2 vols.; y Julio F. Guilén, *Historia marítima española*, Madrid, 1961, 2 vols.

rior. Pero se nota un cambio en la orientación: en el siglo XVI, al entrar en contacto con el Nuevo Mundo, los autores intentaron describir todas sus características en grandes enciclopedias; sin embargo, en el siglo XVII estudiaron la naturaleza americana con más método y detalle. Si en el siglo anterior habían destacado Gonzalo Fernández de Oviedo y fray Bernardino de Sahagún por encima de los demás autores, el XVII se inicia con el legado del padre José de Acosta, S.I. (1539-1600): *Historia moral y natural de las Indias*, obra en la que este jesuita se ocupa de aquellas fauna y flora, describiendo el cacao y el chocolate, y formulando ya el llamado «mal de altura»; pero lo más interesante de sus escritos es que en ellos se revela como precursor de las teorías evolucionistas [15], con las que Darwin revolucionaría la historia natural en el siglo XIX.

Pero, de todos los aspectos que la Naturaleza ofrece al estudio, los naturalistas españoles de los siglos XVI y XVII se dedicaron con especial ahínco al de dos áreas eminentemente utilitarias: la botánica, auxiliar imprescindible de la medicina y la farmacopea, y la metalurgia, que abarcaba no sólo los conocimientos técnicos sobre la fusión de metales, sino también los químicos y geológicos, necesarios tanto para la explotación minera como para la obtención final de los metales preciosos.

En botánica, los españoles establecidos en América hicieron observaciones de enorme interés e importancia sobre aquel mundo nuevo, en las que se basaron todos los científicos de Europa para sus estudios botánicos de aquellas áreas geográficas; así, por ejemplo, la obra del padre Acosta, que había sido editada en Sevilla en 1590, se tradujo al inglés en 1604. A este respecto, conviene recordar que el botánico francés Charles de l'Ecluse (1526-1609), más conocido por *Clusius*, tradujo y divulgó las obras de los más importantes botánicos españoles: a través de estas obras llegaron a todos los lugares de Europa las noticias y descripciones de la flora de América.

[15] De la importancia de los escritos de este jesuita, y de la proximidad de sus planteamientos al evolucionismo, pueden dar una buena muestra, por un lado, el libro de José Rodríguez Carracido, *El P. Acosta y su importancia en la literatura científica española*, Madrid, 1899, y, por otro, el artículo del P. Emiliano Aguirre, «Una hipótesis evolucionista en el siglo XVI. El P. José de Acosta, S.J. y el origen de las especies americanas», en el n.º 37, 1957 de *Arbor*, pp. 176-187.

Entre todos estos autores, debe citarse a Francisco Hernández (1517-1586), médico del rey, al que Felipe II había ordenado marchar a Méjico a estudiar su flora y fauna; durante ocho años (1570-1577) escribió los 15 libros de su *Historia natural de Nueva España* que, entregados al rey, fueron depositados en la Biblioteca del Real Monasterio de San Lorenzo del Escorial (previamente había dejado copia de ellos en Méjico). En el siglo XVII, dicha obra se divulgó por toda Europa no sólo por la traducción latina de *Clusius*, sino también gracias al resumen que, de los 15 tomos, publicó en Roma (1628) Leonardo Recchi, médico real, con el título *Rerum Novae Hispaniae Thesaurus*. Pero, a la vez, en Méjico habían aparecido ya otros dos resúmenes: uno en 1579, que resumía la copia depositada en Méjico, y otro en 1615, de fray Francisco Jiménez.

La aplicación de la flora americana a la farmacopea y la medicina hispana se produce en este siglo. Durante el siglo anterior, los médicos españoles en América habían aplicado en sus fármacos los remedios y plantas europeos, por desconocimiento de las propiedades curativas de las plantas americanas, o por no fiarse de los indígenas que sí las conocían desde muchos siglos atrás. Pero en el siglo XVII, el mejor conocimiento de la botánica americana lleva a los españoles a adoptarla en su farmacopea y en sus remedios médicos; así aparece en la obra de Agustín Farfán: *Rerum medicarum Novae Hispaniae Thesaurus*. A nivel popular, es ya conocida la famosa leyenda de la curación de la virreina del Perú, doña Ana de Chinchón, mediante un producto americano (la quinina, *Chenopodium quinoa*) extraído de la corteza del árbol de la quina, que servía de eficaz remedio contra el paludismo, la malaria y los estados febriles, siendo hasta este siglo —se decía— un secreto celosamente guardado por los indígenas; la leyenda no es cierta, pues es sabido que los jesuitas habían dado a conocer la quina en Europa años atrás. Basado en este conocimiento, el médico inglés Sydenham (†1689) usó y recomendó la quinina, que desde entonces fue incorporada a la farmacopea de Europa.

La metalurgia es la segunda área utilitarista de la tecnología española del siglo XVII a la que se aludió en párrafos anteriores. En el capítulo II quedó explicada su importancia y técnicas durante el siglo XVI; en el seiscientos se siguió desarrollando en esta área una amplia labor relacionada con la explotación minera de las riquezas de América, que —como se ha dicho— constituía uno de los objetivos principales, tanto

de Colón como de los primeros conquistadores, y que ya había dado origen a extendidas y fabulosas leyendas, como la de El Dorado. Las minas de oro, ya de reducido rendimiento debido a que los filones se agotaban, seguían explotándose por el sistema tradicional ya explicado en el capítulo anterior.

En las minas de plata, el procedimiento de amalgamación del siglo XVI —especialmente el beneficio de patio de Bartolomé de Medina— había supuesto un gran adelanto técnico sobre los métodos antiguos. Más tarde, ya en el siglo XVII, Álvaro Alonso Barba mejoró este procedimiento: en su obra *Arte de los metales* (1640) describía con detalle la variación llamada beneficio de cazo y cocimiento que, junto con los anteriores, forman el valioso legado que la minería hispana en América dejó a la tecnología metalúrgica europea [16]. De mayor rendimiento que el de patio en frío, el de Alonso Barba introducía los minerales argentíferos en una caldera de cobre, que contenía salmuera (sal o cloruro sódico) y mercurio: al agitar la caldera con barras de cobre, los minerales de cloruro de plata se descomponían en presencia del cobre formando, por un lado, cloruro cúprico y, por otro, una pella o amalgama de plata y mercurio. Después, mediante el calor, se liberaba la plata pura contenida en la pella, separándose del azogue o mercurio. Respecto al oro, el mismo Alonso Barba describe el procedimiento para lograrlo a partir del cobre aurífero mediante licuación, consistente en separar el cobre del oro añadiéndoles plomo: al fundirse, éste arrastra al oro, y ambos son separados luego por copelación.

Al margen de estos sectores utilitarios, propios de la ciencia aplicada, los científicos hispanos estudiaron también otros aspectos de la naturaleza americana. Así, del mismo modo que en el siglo pasado se habían descrito y explicado los terremotos de 1522 y 1541, en el siglo XVII se observa, describe y formulan explicaciones del de 1646 y de los posteriores. E igual que en España se estudiaba la gran tormenta de Bilbao de 1651, en América se hace lo mismo con la de Puerto Rico de 1667. Otros fenómenos naturales son también estudiados e investi-

[16] El libro de Álvaro Alonso Barba, editado en Madrid, 1640 con el título *Arte de los metales en el que se enseña el verdadero beneficio de los de oro y plata, por azogue, y el modo de fundirlos todos*, conoció muchas ediciones en castellano, siendo rápidamente traducido (tanto entero como en resumen); tuvo seis ediciones en inglés desde 1670, otras seis en alemán desde 1676, y dos más en francés desde 1729.

gados sistemáticamente como, por ejemplo, los cometas y las auroras boreales.

Estelas en la mar

Antonio Machado, poeta español desaparecido en 1939, dejó en una de sus más conocidas poesías unos versos que podían aplicarse a los temas que aquí se tratan: «Caminante, no hay camino... sino estelas en la mar». Los caminos de la América hispana fueron recorridos por aquellos españoles intrépidos en todos los sentidos y direcciones, pudiendo decirse que no hubo región que no hubiera sido hollada por sus pies. Pero los españoles no sólo recorrieron los caminos de tierra, sino también los del mar: numerosas estelas trazaron en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico los buques hispanos. Pero igual hicieron los navíos de otros Estados de Europa.

Este hecho se debió a que, en el siglo XVII, continuaba la labor geográfica y cartográfica del siglo anterior, por lo que aún se seguían explorando y conquistando extensas áreas de aquel inmenso territorio. Ciertamente, la cartografía general ya estaba hecha, pero todavía quedaban muchas incógnitas por resolver, y —a la vez— nuevas tierras por hallar. Fue así como, en 1605, partió Pedro Fernández de Quirós [17] desde Acapulco, puerto mejicano en el Pacífico, hacia el Occidente; llevaba como piloto a Luis Váez de Torres: en febrero de 1606 llegaron a una gran isla del archipiélago de las Nuevas Hébridas, a la que Quirós llamó Australia del Espíritu Santo. Habiéndose vuelto Quirós, Váez de Torres la bordeó hacia el noroeste, llegando a Nueva Guinea y dando su nombre al estrecho que separa ésta de Australia.

Todo ello estaba en relación con la búsqueda de los dos pasos hacia Asia, tanto el del norte como el del sur. De éste, ya quedó dicho que Magallanes descubrió el estrecho que lleva su nombre en 1520;

[17] Quirós era de origen portugués: recuérdese que, desde Felipe II, Portugal y España estuvieron unidos con un mismo rey, de modo que los portugueses podían actuar libremente en todos los territorios de la Corona de Castilla (igual que los catalano-aragoneses y los navarros). Portugal se independizó definitivamente de España en la crisis de 1640, durante el reinado de Felipe IV de Austria (o Habsburgo), cuando España estaba gobernada por el famoso valido don Gaspar de Guzmán, conde-duque de Olivares.

posteriormente (1577), Francis Drake y Pedro Sarmiento de Gamboa (1580), aunque en direcciones opuestas (de este a oeste el primero, y en sentido inverso —hacia España— el segundo), encontraron el paso sur que enlazaba los dos océanos, y que hoy es llamado estrecho de Drake. El siguiente objetivo era descubrir el paso del norte.

La búsqueda del paso norte llevaba largo tiempo intentándose por todos los Estados europeos. Ya en 1497, patrocinado por Enrique VII Tudor (†1509), había zarpado Juan Caboto hacia el oeste, llegando a la península descubierta por Juan Fernández Labrador, cuyo nombre lleva, pero tuvo que regresar a Inglaterra sin lograr su objetivo después de recorrer 300 leguas de costa americana. Igual le ocurriría poco después a la expedición de Portugal, dirigida por Joâo Vaz Corterreal. Francisco I de Francia, a su vez, había enviado a Jacques Cartier desde 1534, quien logró llegar a una tierra que llamó Nueva Francia, y penetrar en el golfo del río San Lorenzo. El fracaso de esta ruta impulsó a los británicos a tratar de alcanzar China desde Europa por la ruta septentrional (a través del océano glacial Ártico): así, en 1580 habían llegado al mar de Kara y al archipiélago de Nueva Zembla.

Por su parte, los españoles habían iniciado su búsqueda desde 1519, especialmente Esteban Gómez, que buscó un paso en las costas existentes entre los actuales Estados de Rhode Island y Virginia; algo similar hizo Hernán Cortés, en la creencia falsa de que por la península de Labrador había «un estrecho que pasa a la mar del sur». En el siglo XVII, el rey español Felipe III ordenaba al virrey de Nueva España (Méjico) la búsqueda de un punto donde la nave de China pudiese hacer escala antes de llegar a Acapulco. Esto impulsó un viaje de Sebastián Vizcaíno, que también fue infructuoso: tantas decepciones produjeron años de pausa en tan azarosa búsqueda.

Sin embargo, los Estados europeos compensaron sus esfuerzos con la creación de colonias y enclaves en el nuevo continente, tomando allí tierras que pusieron bajo el dominio de sus reyes. De este modo, Inglaterra se había adelantado, tomando posesión de Terranova en 1583, y estableciéndose luego en Virginia (1587) y en la Guayana (1595). A su vez, Portugal era dueño del Brasil ya antes de pasar a ser otro reino de Felipe II. Por eso, B. Bennassar [18] puede hablar de un

[18] Bartolomé Bennasar y otros, *Historia moderna*, Madrid, Akal, 1980, p. 418.

«monopolio hispano-portugués» en el Nuevo Mundo: «La América de 1600 —afirma— sigue siendo una América claramente ibérica». Pronto América será el objetivo no sólo de los piratas, sino de los Estados: en 1608, el francés Champlain fundaba Quebec (Canadá) y los ingleses Jamestown (Virginia, EE.UU.).

Los ingleses, cuyas exploraciones les habían llevado a la bahía de Chesapeake, hicieron de Jamestown el primer enclave británico en la costa americana, creando Virginia como primera colonia de la corona. Luego irían surgiendo otras: Massachussetts, con la llegada del *Mayflower* en 1620, New-Hampshire (1624), Connecticut y Rhode Island (1636): estas cuatro formaban Nueva Inglaterra, bastante distinta a Virginia. Por su parte, los católicos de lord Baltimore crearon la de Maryland en 1632 al norte del Potomac (encima de Virginia), a la que seguiría Carolina en 1663. Tras la incorporación (1667) de las colonias holandesas, en 1681 se añadiría la de Pennsilvania: Filadelfia, su capital, pronto se convertiría en la segunda ciudad de América del Norte, detrás de Boston, la capital de Massachussetts y Nueva Inglaterra. En el siglo XVII, las colonias inglesas formaban un frente continuo a lo largo de la costa atlántica, desde Canadá hasta Florida, con cerca de 450.000 colonos.

Los franceses, que con Cartier habían llegado en el siglo anterior al este del Canadá (al que llamaron Nueva Francia), apoyaron el impulso de Samuel Champlain, quien fundó el puerto de Quebec (1608) en la orilla izquierda del río San Lorenzo. La Compañía de la Nueva Francia, creada en 1628 bajo el patrocinio de Richelieu, no supo o no pudo potenciar aquella colonia (Quebec estuvo en manos inglesas de 1629 a 1632). Aunque Montreal se fundaría en 1642 y Nueva Francia fue declarada provincia francesa en 1663, la situación de los franceses era débil y estaba a merced de los indios iroqueses. Desde los Grandes Lagos, Louis Joliet y el padre Marquette descubrieron el Mississippi y desciendieron por él; René R. Cavelier de La Salle completará ese descenso, llegando a su desembocadura y tomando posesión de todo el país (1682) al que, en honor de Luis XIV, llamó Luisiana: a finales de este siglo contaría con 15.000 colonos. Mientras, el debilitamiento del poderío naval español dejó casi libre el campo, en el mar y en las islas de las Antillas, a los europeos que vivían del saqueo (bucaneros) y la piratería (filibusteros). De este modo, los franceses se instalaron en San

Cristóbal (1625) y en Guadalupe y Martinica (1635), y en la mitad occidental de Santo Domingo (la actual Haití) en 1665.

Los holandeses se establecieron en el territorio vacío que quedaba entre Virginia (con Maryland) y Nueva Inglaterra: en el valle del río Hudson —hoy, en el Estado de New York— empezaron a erigir una serie de factorías, como Fort Nassau en 1614 y Fort Orange (Albany) en 1623 hasta Nueva Amsterdam. Habiendo creado la Compañía de las Indias Occidentales en 1621, y en guerra con su rey (que era el de España), inician en América una expansión comercial y colonial, en perjuicio de los hispano-portugueses. Así, en 1624 atacaron ya la ciudad brasileña de Bahía, y tomaron Pernambuco (Recife) en 1630: durante 24 años sería la capital del Brasil holandés hasta ser expulsados por los portugueses en 1654. Los flamencos, entonces, se replegaron a Curaçao, activo centro de su contrabando, y a Surinam (la Guayana holandesa, cedida por los británicos en 1667).

Incluso los suecos tuvieron a lo largo del río Delaware (algo más al sur y encima de Maryland) un asentamiento en 1638 llamado Nueva Suecia. Pero, en 1655, todos estos enclaves suecos cayeron en manos de los holandeses que, poco numerosos para poder resistir la presión de los colonos de Nueva Inglaterra, perdieron Nueva Amsterdam (1664), que sería rebautizada como Nueva York, y cedieron a los ingleses el resto en el Tratado de Breda (1667).

Los holandeses tuvieron más éxito en otros espacios geográficos: en 1602 se había creado la Compañía de las Indias Orientales, que puso sus fragatas rumbo a Insulindia (las islas de las Indias, que nosotros conocemos como Indonesia). Wilhelm Janszoon, en la *Duifken*, bordeó la isla de Nueva Guinea y avistó Australia, aunque no comprendió que se trataba de un continente. En 1619, el gobernador Jan Pieterzoon fundaba Batavia (hoy Yakarta). Pero la mayor expedición de los flamencos se produjo cuando Jacob Le Maire (1585-1616) realizó con Schouten un viaje a las costas meridionales de América; a bordo del *Hoorn*, en 1616 descubrió entre la Tierra del Fuego y la isla de los Estados el canal que bautizó con su nombre, y dobló el último cabo americano, el más austral del nuevo mundo, al que por el nombre del buque llamaron cabo de Hornos. Este viaje, que por la ruta se asemejó al periplo español que Magallanes y Elcano realizaran 100 años antes, tocó las Molucas donde Le Maire tuvo —también— un trágico fin.

Tras este azaroso viaje, Abel-Janszoon Tasman (1603-1659) realizó otro a las Indias orientales para la compañía de ese nombre, descubriendo una isla a la que llamó Van Diemen, pero que en su honor se denominó luego (1855) Tasmania; después reconoció Nueva Zelanda del Sur, pasando por el estrecho (hoy llamado de Cook) que separa las dos islas de Nueva Zelanda, llegó a las islas Fidji, y a nueva Guinea, y acabó en Australia. A pesar de que fue el primero que navegó casi toda Australia, no la llegó a reconocer como una gran isla porque la creía unida a Nueva Guinea, lo que parece insólito: a principios del siglo el español Torres ya había descubierto el estrecho que las separa y que lleva su nombre.

Para aquellos intrépidos navegantes y exploradores, que vivían en un mundo cuya cartografía aún no se había terminado de establecer, los viajes de descubrimiento y exploración eran no sólo una aventura temeraria, sino lo que podía dar respuesta a preguntas aún sin resolver. Así, españoles y portugueses habían buscado y conseguido los caminos marítimos para llegar a las Indias, bien siguiendo la ruta del este (la ruta portuguesa de Vasco de Gama), bien siguiendo la del oeste (la española de Colón); pero todavía existía en aquellos momentos la duda de si era posible llegar al mismo punto pasando por el norte de Asia (ruta del noreste) o por el norte de América (ruta del noroeste). El paso que enlazaba el Atlántico con el Pacífico había sido descubierto por Magallanes en 1520, pero en una latitud muy austral, demasiado al sur. Lo que los navegantes se planteaban entonces era si podría haber otro paso que fuese más cómodo tomando un rumbo más septentrional.

Desde el siglo XVII se hicieron muchos esfuerzos en este sentido, que resultaron infructuosos y que costaron muchas vidas y energías. Ya en 1607, Henry Hudson zarpó de Londres a bordo del *Hopewell*: después de haber navegado a 80° de latitud norte, de haber recalado en las islas Spitzberg y llegar a Groenlandia, volvió nuevamente a Inglaterra sin encontrar el paso del noroeste. Al año siguiente, navegando por la ruta del norte, llegó a Nueva Zembla. Más tarde, y al servicio de la compañía holandesa citada antes, se dirigió a América y exploró su costa oriental desde Carolina del Sur hasta el Labrador; al llegar al río Hudson (1609), le dio su nombre (a pesar de que este río fue visto por vez primera en 1523 por el florentino Juan Verrazano). De nuevo al servicio de Inglaterra, hizo otra expedición en 1611, pero su tripulación amotinada le abandonó en una isla, junto a su hijo de ocho

años y a un grupo de marineros fieles, sin que nunca se llegara a tener noticias de ellos. Para encontrarle se emprendieron las expediciones de Thomas Button (1612) y de William Baffin: éste descubrió varias tierras, dando su nombre a una isla del norte de Canadá. Poco después se creó la Compañía de la Bahía de Hudson con el fin de continuar buscando el paso del noroeste. Pero éste no sería encontrado hasta principios del siglo XX.

Durante el siglo XVII hubo muchos viajes y exploraciones que abrieron caminos a la geografía: muchos de ellos tuvieron como protagonistas incluso a los rusos y a los piratas. Los rusos, que durante el siglo XVI habían traspasado los Urales, conquistado Siberia a los tártaros, y fundado Tobolsk, en el siglo XVII alcanzaron la costa asiática del Pacífico: en 1604 se fundó Tomsk, Irkusk en 1632, y en 1646 se alcanzaba el estrecho que luego se llamaría de Bering. Durante el siglo siguiente penetrarían en América por Alaska, que retuvieron en su poder hasta 1867, en que se la vendieron a los EE.UU. por 7.200.000 dólares. Por su parte, también los piratas y filibusteros hicieron singladuras de interés para la geografía; entre todos ellos destaca singularmente el inglés William Dampier, que navegaba por las Antillas y el Atlántico norte. En 1683, a bordo del *Revenge* emprendió la ruta del oeste: doblando por el cabo de Hornos, asoló las costas occidentales de la América española y, pasando por la isla de Juan Fernández [19], las Filipinas y la India, desembarcó en Londres; alternó en su viaje los actos de piratería con el estudio de las condiciones geográficas y botánicas de aquellos países. En 1699, Dampier tomó la ruta del este a bordo del *Roebuck* y, bordeando África, se dirigió a las costas de Australia: tras explorar diversas islas de la Melanesia, tornó a Londres. Para los navegantes, el paso del noroeste era sólo una posibilidad sin confirmar.

Finalmente, conviene precisar que la ciencia y la cultura europeas no se reflejaban en América sólo en las tierras españolas. También las colonias británicas recibieron asistencia cultural de su metrópoli, aunque mucho más tardía: hay más de un siglo de diferencia entre la crea-

[19] En sus viajes, el pirata William Dampier encontró en la isla de Juan Fernández a un indio abandonado; en otra ocasión, al volver a ella, halló al marino escocés Alexander Serlkirk que, desembarcado por su capitán por haberse amotinado, había vivido en aquella isla de 1704 a 1711. Ambos casos, pero especialmente el segundo, inspirarían a Daniel Defoe su novela *Robinson Crusoe*, aparecida al iniciarse el siglo XVIII.

ción de universidades por los españoles, y la realizada por los ingleses en América. Es más, podría decirse que las fundaciones inglesas se realizaron más por exigencia de los colonos que por una decidida política cultural y científica de la corona británica. Por esta causa, en 1636 se fundaba la Universidad de Harvard en la ciudad de Cambridge (Massachussetts). Posteriormente, ya en el siglo XVIII, serían fundadas la de Yale (1701), en New Haven, y la de Princeton (1746), en la ciudad de este nombre.

Mientras tanto, las tierras españolas de América vivían, también en el siglo XVII, el esplendor cultural y científico europeo que se reflejaba en España. El Atlántico separaba las tierras, pero no la cultura científica ni la experimentación tecnológica, la exploración geográfica, la colección de su botánica, ni las técnicas de navegación. Súbditos de una misma corona, política y militarmente ya en decadencia, españoles peninsulares y españoles americanos seguían poseyendo un mismo nivel científico, en todo similar al generalmente existente en Europa.

Desdichadamente, en el siglo XVII no se mantuvo el deseo de fusión entre españoles e indios, que tan fuerte había sido a principios del siglo anterior. De ahí provino el principal fracaso de la presencia española en América: la no asimilación de los indios, raza a la que ya se consideraba inferior a finales de aquel siglo. En contraposición con los primeros 50 años de presencia española en América, durante el siglo XVII la mayor parte de los clérigos ignoran las lenguas indígenas, y tampoco se esfuerzan mucho (siempre hablando en un nivel general) en enseñar a los indios el idioma español. Todo ello a pesar del intento realizado en Paraguay y en otros lugares por los jesuitas para civilizar a los indios nómadas convertidos, a los que agrupaban en reducciones.

Capítulo IV

EL «SIGLO DE LAS LUCES»

Las «luces» del siglo XVIII

El siglo XVIII ha sido denominado «el siglo de las luces» porque son las luces de la Razón y de la Ciencia las que lo iluminan. De este modo, razón y ciencia son los dos conceptos dominantes de un siglo que culminará con un movimiento cultural (la Ilustración) y una obra que hará de exponente de los logros del hombre (la Enciclopedia francesa). En este tiempo, más que en ningún otro anterior, llega a su culmen la soberbia humana: el hombre —su razón— no sólo se independiza, sino que se eleva por encima de Dios al examinar críticamente la revelación. De este modo, con una metáfora que destaca el fin de las tinieblas anteriores, en todos los idiomas de Europa se utiliza el término «*luces*» para designar la cultura y el pensamiento del siglo: *lumières* en francés, *Aufklärung* en alemán, *enlightment* en inglés, *illuminismo* en italiano. La evolución intelectual europea alcanza su cota más alta con el espíritu crítico, con la «duda metódica» cartesiana como método. Según palabras de d'Alembert «empezamos con la erudición (siglo XVI), luego fue el auge de la literatura (siglo XVII), ahora hemos llegado a la cima con la filosofía (siglo XVIII)».

Por eso, en muchos autores y tratadistas —igual ocurrirá en la mentalidad popular— se califica con el término «los filósofos» a los hombres imbuidos de este nuevo espíritu de lo que luego será conocido como la Ilustración. Así, en 1715, Madame de Lambert escribía que «filosofar es dar a la razón toda su dignidad y devolverle sus derechos; es sacudirse el yugo de la tradición y de la autoridad».

En el siglo XVIII, las ciencias heredan del siglo anterior el racionalismo (nacido en Francia, con el método y la filosofía de Descartes) y el empirismo (nacido en Inglaterra, con la filosofía de Locke y Hume). El mecanicismo es la filosofía y el método que en este siglo sincretiza las corrientes racionalista y empirista. Una buena muestra de ello es la reflejada en las *Conversaciones sobre las ciencias*, escritas en 1680 por el padre Bernard Lamy, sacerdote del Oratorio:

> En la actualidad, ya sólo se cree que se sabe algo cuando puede explicarse de forma mecánica. Descartes es quien ha abierto ese camino; es su método el que hay que emplear; digo su método, pues en el caso de la mayoría de sus explicaciones hay que considerarlas no como la verdad, sino como conjeturas verosímiles. Lo que dice es siempre ingenioso, a juzgar por las hipótesis que ha planteado; pero eso no significa que lo que él dice sea verdadero... Así pues, lo que hay que tener en cuenta en Física es el método de este filósofo, más que sus opiniones particulares. A medida que se vayan haciendo más descubrimientos, se encontrará que varias de ellas son falsas.

El campo de los conocimientos se amplía: los sabios y los filósofos decían que había verdades en la Naturaleza que podían indagarse con la razón, al margen de la revelación divina. Incluso la religión se acerca a la ciencia: en el siglo anterior, al intentar Galileo concordar los resultados de su investigación científica autónoma con los datos de la revelación, había sido condenado por la Iglesia. Pero lo que ésta condenara no fue su hipótesis matemática, sino aquella nueva actitud que se negaba a someterse a las verdades que, según una interpretación literal de la Biblia, habían sido reveladas por Dios. Pero cuando la interpretacion literal del relato bíblico de la creación chocó con los nuevos datos objetivos y precisos de la geología o de la física, en la misma Iglesia católica se inició una corriente «concordista» que sostenía una interpretación alegórica de la Biblia, lo que implicaba que la revelación no se oponía a la razón ni a la ciencia [1]. Lo cierto es que la autonomía

[1] En 1773, en su obra póstuma *Estado de la astronomía en Europa*, el español Jorge Juan hacía una cerrada defensa de la cosmología heliocéntrica y escribía: «No hay reino que no sea newtoniano y, por consiguiente, copernicano; mas no por eso pretenden ofender ni aun por imaginación a las Sagradas Escrituras, que tanto debemos venerar. El sentido en que éstas hablaron es clarísimo y que no quisieron enseñar la Astronomía, sino solamente darse a entender al pueblo. Hasta los mismos que sentenciaron a Galileo

del conocimiento de la Naturaleza se impuso. Unas veces contó con la aprobación de la Iglesia, otras se hizo al margen o en contra de ella; pero siempre avanzando los límites o fronteras del conocimiento humano, especialmente en los ámbitos de las ciencias físicas o naturales.

Éstos son los puntos de partida para entender las características de este siglo. Aunque Descartes, creyente sincero y convencido, estaba persuadido de que su filosofía era conciliable con los datos de la revelación y las enseñanzas de la Iglesia, la oposición de los eclesiásticos tradicionalistas a las ideas cartesianas estalló tras la muerte del filósofo (1650). Los mismos jesuitas atacaron las ideas de su antiguo alumno: a finales del siglo XVII, y bajo la influencia del cartesianismo, algunos llegaron a poner en tela de juicio (en nombre de la razón) el principio de autoridad, hasta entonces fundamento del orden establecido. Así se produjo lo que F. Lebrun llama la «crisis de la conciencia europea» [2], que se caracteriza por la crítica a las creencias religiosas tradicionales (N. Malebranche, B. Spinoza, R. Simon y P. Bayle), a la monarquía absoluta (J. Locke, Th. Hobbes, Vauban), y al ideal clásico (Ch. Perrault, Fontenelle); en realidad, no era sino el preludio de ese movimiento filosófico, político y cultural del siglo XVIII que llamamos Ilustración.

La crisis de la conciencia europea abre el camino a la «invención de la libertad», como la denominó Starobinski [3]. El descubrimiento de otros mundos fue un impacto que inicialmente provocó el deshielo del pensamiento europeo, y produjo una conmoción en las ideas tradicionales. No sólo trajo un cambio en los gustos (durante todo el siglo XVIII domina la moda de los objetos chinos), sino también una crítica

se reconocen hoy arrepentidos de haberlo hecho; y nada lo acredita tanto como la conducta de la misma Italia: por toda ella se enseña públicamente el sistema copernicano y newtoniano; no hay religioso que no lo dé a la prensa... ¿Puede haber prueba más evidente de que ya no cabe en ellos ni aun la sola sospecha de herejía que fue la condenada y que lejos de ella abrazan el sistema único?». Véase en J. Sempere y Guarinos, *Ensayo de una biblioteca de los mejores escritores del reynado de Carlos III*, Madrid, 1785, vol. 3º, pp. 152-153.

[2] Bartolomé Bennassar, F. Lebrun y otros, *Historia moderna*, Madrid, Akal, 1980, p. 708.

[3] Jean Starobinski, *La invención de la libertad*, Barcelona, Skira-Carroggio, 1964. También es interesante en este aspecto de las mentalidades la ya clásica obra de Paul Hazard, *El pensamiento europeo en el siglo XVIII*, Madrid, Guadarrama, 1958.

de las creencias europeas que acabarían siendo consideradas como prejuicios. Todas las ideas fueron puestas en duda. De ese modo, tras la muerte de Luis XIV de Francia (†1715) y a pesar de la posición hegemónica de la lengua y la cultura francesas, se inicia en Europa un gran entusiasmo por Inglaterra: la opinión europea es seducida por el carácter contractual de la monarquía británica, por la raíz económico-social de las libertades inglesas (basadas en el comercio), por haberse puesto a la cabeza de la investigación científica y de los movimientos ideológicos, y porque —según decía Joseph Addison— «la libertad es la diosa de Inglaterra».

Esta crisis de las mentalidades se manifiesta, también, en el posicionamiento o toma de conciencia social: los cambios económicos del siglo van reforzando la posición de la burguesía en toda Europa, que empieza a tomar conciencia de su importancia y su poder, pero sufre al verse despreciada por la nobleza. Así, por un lado, intenta introducirse en las filas de la aristocracia, a la que imita en su forma de vida, y, por otro, va pensando en la necesidad de cambiar las relaciones sociales. La aristocracia reacciona de diversas maneras: en Inglaterra, el ascenso de la burguesía estimula a la nobleza; en Francia, a su vez, o bien se transforma en una casta cerrada, que se reserva los altos cargos del Estado, o bien participa en los progresos del capitalismo y se acerca a la burguesía; en Austria se anquilosa; en España se aferra a sus privilegios. En el tercer estado, la plebe, los campesinos no se benefician del auge económico del continente: aunque los campesinos propietarios obtengan ventajas, los braceros y peones siguen siendo muy pobres, y todos en general están abrumados por los impuestos y los derechos señoriales; se inicia así una etapa de proletarización que, en casos más extremados, desemboca en una numerosa mendicidad. Para el pueblo, el fantasma seguía siendo la subida de precio del pan.

En este contexto social de crisis de identidad o de mentalidades, los sabios y científicos (los *philosophes*) siguen manteniendo en el siglo XVIII aquella situación de élite social, y la subsiguiente conciencia de ello, que ya habían alcanzado en el siglo anterior. La confianza generalizada en las posibilidades, casi infinitas, que se tenía sobre la inteligencia humana (la «luz» de la endiosada Razón) se había originado en el prestigio y reconocimiento social que alcanzaron algunos progresos científicos, que consiguieron captar para los sabios tanto la atención del gran público como el apoyo de los príncipes. El mejor ejemplo de

esto es Newton, apreciado y honrado por todos, y a quien al morir se le tributaron honores reales.

El mecanicismo imperante en el pensamiento hace que las ciencias destronen a la metafísica: los filósofos piensan como geómetras y matemáticos, y renuncian a descubrir el *porqué* de las cosas, contentándose con conocer el *cómo*. La ciencia dieciochesca mantiene el equilibrio de los dos métodos en los que se apoya: es decididamente experimental (newtoniana), sin renunciar por ello al principio de evidencia racional (cartesiana). El espíritu geométrico está presente en todas las creaciones humanas: el orden, la claridad, la precisión y la exactitud reinan en todo. La veneración del público culto (también la del pueblo, pero más desconfiado éste por todo lo nuevo) por todo lo que se relacionase con la ciencia era tal, que se llegó a considerar el desarrollo de las ciencias y las técnicas como una condición imprescindible para la llegada de las «luces».

De este modo se inició una moda o afición por la ciencia, que acabó teniendo una importancia decisiva. Surgieron así obras de alta divulgación, que llegaron rápidamente y en profundidad a los lectores cultos, hasta el punto de no ser extraño que las familias ricas tuviesen un pequeño laboratorio o gabinete de física, química o historia natural, con algún instrumento y colecciones de animales, plantas o minerales. En ciertas reuniones sociales esta afición degeneró en charlatanería y experimentos triviales. Un ejemplo revelador, en aquel tiempo en que los fenómenos de electricidad y magnetismo eran los de mayor aceptación social, es que los elegantes de París se reunían en 1778 en torno a una misteriosa cubeta del doctor Mesmer, quien decía curar todas las enfermedades por magnetismo animal; pero las enfermedades curadas, en realidad, lo fueron por histeria o autosugestión.

Los científicos de este siglo se dedicaron muy poco a la enseñanza: por eso, las universidades mantenían enseñanzas teorizantes y rutinarias, de tipo tradicional y con escasos contenidos científicos, excepto en las universidades escocesas y holandesas [4]. Según Ernst Cassirer, el

[4] No obstante, conviene matizar este favorable panorama de las universidades holandesas que, como toda institución humana, estaban sujetas a los prejuicios y mentalidades del momento. Así, en la Universidad de Leyden, la más prestigiosa de todas y la que durante mucho tiempo enseñó a Europa el método científico, Gerhard van Swieten no pudo ocupar una cátedra en su propia facultad de medicina por ser católico; sin embargo, el célebre fisiólogo sería el más distinguido médico de Europa oriental, y el fun-

espíritu de esta época estriba en que todos los científicos se dedicaron a presentar una visión de la realidad ordenada por un conjunto lógico e inteligible de reglas, convencidos de que el entendimiento humano es capaz de comprender todo el sistema del mundo por sus propias fuerzas, sin recurrir a ninguna ayuda sobrenatural. A pesar de todo, la enseñanza es un tema esencial en la Ilustración, y la modernización de la enseñanza universitaria uno de sus más importantes objetivos. Por eso decía Víctor Cousin que el siglo XVIII había sometido todo a un examen crítico, constituyendo un período que hizo «de la educación primero un problema, luego una ciencia y finalmente un arte: de ahí la pedagogía». De ahí que los ilustrados concediesen tanta importancia a la enseñanza, en general, y a las universidades en particular. Pero la experimentación y los saberes científicos no anidaron en las universidades, sino que tuvieron que refugiarse en el seno de prestigiosas sociedades o corporaciones científicas.

De este modo, siguiendo la senda que trazaran la Royal Society y la Académie des Sciences en el siglo anterior, en el XVIII aparecían la Academia de Ciencias de Berlín (1710), la Academia de Ciencias de San Petersburgo (1724), la Academia Real de Estocolmo (1739), la Sociedad Filosófica Americana (1743), fundada por Benjamin Franklin en Filadelfia; la Real Academia de Ciencias, de Copenhague (1745); la Sociedad de Ciencias, de Gotinga (1751); la Sociedad Bohemia de Ciencias, de Praga (1771); la Real Sociedad de Ciencias, Letras y Bellas Artes, de Bruselas (1773). También florecieron otro tipo de instituciones, como museos, observatorios, jardines botánicos, etc. Con todo, este panorama del conocimiento científico como algo teórico y acabado no era un panorama homogéneo en toda Europa, sino que variaba según los Estados y sus diferentes regímenes políticos. Así, por ejemplo, el interés por la ciencia había decaído en Gran Bretaña. La Royal Society y el Gresham College pasaron años muy malos a principios del XVIII: en 1740 muchos de sus socios habían dejado de pagar sus cuotas anuales, y apenas se reunían (mientras que en el siglo XVII lo hacían semanalmente). Mientras, las universidades escocesas —en contacto con las

dador de la gran escuela clínica de medicina de Viena. De manera accidental, por haber sido rechazado por sus compatriotas holandeses que no compartían sus creencias, se convirtió en el valioso experto cuyos consejos decidieron las reformas educativas de los Habsburgo austríacos, así como la adopción de las lenguas nacionales en las escuelas.

de Holanda— se convertían en centros científicos experimentales y modernos.

Por el contrario, en la España y la Francia borbónicas, el despotismo ilustrado mantenía un alto grado de importancia e interés hacia las ciencias, procurando su mejora con reformas al efecto. Así, en España, los reyes protegían las ciencias: además de las Reales Academias de la Lengua (1714), de la Historia (1738) y de Bellas Artes de San Fernando (1744), fundaron la de Medicina (1734), y Colegios de Cirugía para la Marina (Cádiz, 1748), para el Ejército (Barcelona, 1764) y el de San Carlos (Madrid, 1787). Asimismo, el aumento de sus extensos territorios en América llevaría no sólo a organizar mejor la Administración estatal de aquellas tierras (nuevos virreinatos y capitanías), sino a la ejecución de una política científica de descubrimiento y clasificación de los elementos de aquella naturaleza. Su mejor y más elocuente ejemplo son las diferentes expediciones científicas enviadas allí. En Francia, por su parte, al margen de algunas actitudes anacrónicas de la universidad parisina de la Sorbona, las ciencias ocuparon un importante lugar en el Colegio de Francia, en la Académie des Sciences, en el Jardín del Rey (cuyo intendente desde 1739 era Buffon) y en las Escuelas Técnicas, como las de minas (1783) e ingenieros militares.

En el resto de Europa, la atonía general llenaba las universidades: convertidas en centros del saber admitido e institucionalizado, se dedicaban más a transmitir conocimientos que a adquirir otros nuevos. Pero también aquí hay brillantes excepciones: la de Basilea acogía en sus aulas al genio matemático Leonardo Euler, la de Bolonia poseía un observatorio y gabinetes de anatomía, física y mecánica, y en la de Gotinga (fundada en 1737) había laboratorios y bibliotecas para que los profesores hicieran sus investigaciones, siendo la primera que unía y sintetizaba la investigación con la enseñanza.

Lo más destacable, sin embargo, es que la comunidad científica es una realidad viva, no un mero concepto. Señala Lebrún [5] que, en muchas ocasiones, los progresos científicos se deben a la colaboración a nivel europeo: las academias y sociedades científicas intercambiaban sus informes y sus boletines de actas, con las discusiones que en su seno se producían. Así se desarrolló un cosmopolitismo entre los sabios, que

[5] Lebrún, *op. cit.*, p. 794.

favoreció el inicio de la colaboración científica entre los Estados; a ese propósito, refiere este autor que, en 1778, durante la guerra [6] entre Francia y Gran Bretaña, Luis XVI de Borbón dio instrucciones a su armada para que permitiese el paso a las naves del capitán Cook, encargado de una misión científica, «porque estas empresas —decía el rey francés— son de utilidad general para todas las naciones». No obstante, en este siglo la ciencia no contribuía al progreso industrial; los científicos, ante todo, eran teóricos, y buscaban formular leyes físicas, químicas o matemáticas, prefiriendo más resolver problemas filosóficos que encontrar aplicaciones prácticas. En este siglo, en general, la ciencia antecedía a la técnica, pero no era la respuesta a una demanda industrial.

Panorama de las ciencias en la Europa del siglo xviii

Entre las líneas generales de la ciencia dieciochesca, debe recordarse que ya a finales del siglo xvii parece disminuir el impulso científico que se había manifestado al principio de ese mismo siglo, con el triunfo de la «ciencia nueva». El británico J. Bernal ha dado a este hecho [7] una curiosa explicación de tipo nacionalista: «El prestigio de Newton había conducido a la ciencia en una dirección en la que sería estéril durante muchos años —dice— debido al mismo carácter acabado de la propia obra de Newton, y a la distancia en que había superado a sus contemporáneos». Luego, como pensador marxista, añade que la clase burguesa que había impulsado los avances del siglo xvii, aplicados después a la navegación, había sido sustituída en el siglo xviii por otra burguesía más rica, pero menos emprendedora y curiosa. La clase que al final del siglo sucederá a ésta en el poder económico (obteniendo después el poder político), los entonces aún débiles manufactureros

[6] La guerra a la que se refiere es la de la Independencia de los Estados Unidos de América: los colonos, insurgentes contra Inglaterra desde 1776, habían firmado una alianza con Francia en 1778, año en el que ésta e Inglaterra iniciaron una guerra que acabó en el Tratado de Versalles de 1783. En realidad, esta guerra entre las dos potencias europeas era el desquite francés de sus derrotas navales sufridas en la llamada Guerra de los Siete Años (1756-1763).

[7] Bernal, *op. cit.*, p. 391.

que iniciaran la revolución industrial, no eran todavía conscientes de las posibilidades de la ciencia: como ha quedado dicho en el epígrafe anterior, en la primera parte de este siglo estos manufactureros se ocupaban aún en utilizar y desarrollar métodos técnicos —la mayor parte accionados a mano— para hacer frente a la demanda de tejidos y artículos manufacturados.

No obstante, es lógico que a lo largo del siglo se produjeran adelantos en todos los ámbitos científicos. En el de las matemáticas, éstas fueron cultivadas en tanto que servían de instrumento a la física. Por eso triunfó el sistema de Newton, postergándose el de Descartes, más cimentado en principios metafísicos; Newton había unificado los datos dispersos obtenidos por muchos sabios, y pudo dar una explicación total y globalizadora del universo: era más objetivo y positivo, eludiendo lo abstracto y metafísico. El cálculo infinitesimal (descubierto en el siglo anterior por Newton y Leibniz) se desarrolló y convirtió en un instrumento científico necesario a todos; pero después no se hizo ningún progreso fundamental en los principios matemáticos, aunque sí en la aplicación de ellos.

En este aspecto, la analítica (rama fundada por Descartes) se independizó de la geometría, y en ella destacaron algunos matemáticos suizos, especialmente Leonhard Euler (1707-1783), quien en su famosa memoria sobre los puentes de Könisberg estableció los fundamentos de la topología, y el conde Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), quien pudo publicar su *Mecánica analítica* (1788) sin necesidad de incluir ninguna figura. Este autor escribió varios trabajos sobre cálculo combinatorio y álgebra, siendo llamado por Federico II de Prusia para dirigir la Academia de Berlín durante 20 años, lo que es una muestra más del antes mencionado cosmopolitismo de los sabios. En geometría se asistió al nacimiento de una nueva rama: la geometría descriptiva, en la que Alexis-Claude Clairaut (1713-1765) y Gaspard Monge (1746-1818) llevarían de nuevo a Francia al lugar destacado en que la habían situado Descartes y Pascal durante el siglo anterior.

La astronomía adquiere un nuevo impulso por el progreso de las matemáticas. En ella destacaron los franceses Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), que escribió un interesante *Discurso sobre la forma de los astros* (1732), y A. C. Clairaut, que predijo para 1759 —con un error de 30 días— el retorno del cometa que Halley había observado en 1682. El alemán Johan-Heinrich Lambert (1728-1777), creador

de la fotometría, formuló un teorema para calcular la órbita de los cometas, inventó la proyección cónica (de aplicación para la geodesia y la cartografía) y años después contribuyó al establecimiento del sistema métrico decimal.

En astronomía descriptiva, William Herschel (1738-1822) descubrió Urano y sus satélites en 1781 con la ayuda de un telescopio, y estudió el anillo y los satélites de Saturno, así como las nebulosas que forman la Vía Láctea. Sobre los movimientos del planeta Venus trabajó Jean Chappe d'Auteroche (1728-1769), realizando una expedición en 1761 a la Siberia rusa para observar el paso de Venus ante el Sol; en 1769 fue enviado a California para repetir su observación: en esta expedición tomaron parte tres españoles. A su vez, James Bradley (1693-1762) demostró que las estrellas son más grandes que el Sol, aunque parezcan más pequeñas por estar situadas mucho más lejos; sus observaciones sobre la estrella del Dragón le permitieron descubrir el fenómeno de la aberración de la luz. Más tarde, siendo director del Observatorio de Greenwich, estudió la mutación del eje terrestre, y construyó un octante (instrumento náutico y geodésico de triangulación, basado en la observación de los astros) que sería utilizado por Antonio de Ulloa y Jorge Juan en sus mediciones en el virreinato del Perú durante la expedición de La Condamine.

El público culto del siglo XVIII seguía estas investigaciones y hallazgos con gran atención e interés, consecuencia del influjo ejercido por Newton en toda Europa. La opinión pública, por ejemplo, discutía sobre la esfericidad o forma exacta de la tierra: mientras que los astrónomos franceses la consideraban alargada, los británicos la creían achatada. Así se originaron las dos expediciones francesas que su Academia de Ciencias envió al norte y al centro de la esfera terrestre. La primera de ellas marchó en 1735 a Perú (junto al Ecuador): estaba dirigida por Charles-Marie de La Condamine (1701-1774), y contaba con Pierre Bouguer (1698-1758), J. Jussieu, L. Godin y de ella formaban parte Ulloa y Jorge Juan. La segunda se dirigió a Laponia (junto al Polo Norte), bajo la dirección de Maupertuis y contando con Clairaut, Camus, Outhier y Lemonnier; fue realizada en 1736 con la ayuda de astrónomos suecos (entre ellos, Celsius). Ambas expediciones debían medir la longitud o extensión que un grado de latitud tenía en aquel punto. Los resultados dieron la razón a los británicos, cuya hipótesis se había

basado en las teorías de Newton y Huygens: la Tierra está achatada por los polos [8].

Otra cuestión apareció entonces, y apasionaba a las gentes: fuera de la Tierra, ¿hay otros habitantes en el universo? Pero, con los medios entonces existentes, ésta era entonces una cuestión sin contestación posible, a la que no se podía acceder ni siquiera por analogía. Por el contrario, en este tiempo se resolvió un problema (imprescindible para los navegantes) que venía arrastrándose desde el siglo XVI: el cálculo de la longitud, con seguridad y certeza. Por ello, John Harrison obtuvo en 1764 el premio ofrecido por el Parlamento de Londres, ya que su cronómetro permitía trasladar la hora a bordo, fuese cual fuese el estado de la mar; este procedimiento pronto sería dado a conocer en España por Jorge Juan. Desde aquel momento, con la aplicación de este nuevo descubrimiento, la navegación se hizo definitivamente más segura.

De este modo, a lo largo de los siglos XVII y XVIII, el cosmos se iba mostrando a los científicos y a la sociedad de Europa como algo inmensamente grande: las magnitudes conocidas quedaban demasiado cortas para intentar medirlo. En 1796, Pierre-Simon Laplace (1749-1827) ofrecía a Napoleón Bonaparte (entonces cónsul de Francia) una rigurosa cosmología en su libro *Exposición del sistema del mundo*; en él sintetizaba las ideas, hallazgos e investigaciones de aquellos dos siglos. Pero así como Newton creyó necesario a Dios para dar razón del universo, Laplace prescindía de Dios, lo que para algunos equivalía a negarlo. Su obra fue un canto de alabanza a las ciencias: señalaba que el ignorante hombre del pasado había creado el geocentrismo, adoptando un orgullo rayano en la egolatría y creyendo que su objetivo era conocer la Naturaleza para dominarla y ser su dios; pero, después de varios siglos de trabajos, los sabios habían conseguido demostrar que el hombre vivía en un pequeño planeta, casi perdido en la inmensidad del espacio. Este descubrimiento, a la vez que producía una cierta humildad al hombre, había destruido «los errores nacidos de la ignorancia de nuestras verdaderas relaciones con la naturaleza... errores —de-

[8] Sobre estas expediciones, y el ambiente de intereses políticos y científicos que las envolvía, es interesante la lectura de la obra de Antonio Lafuente y Antonio Mazuecos, *Los caballeros del punto fijo. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII*, Barcelona, Serbal/CSIC, 1987.

cía— que resurgirían rápidamente si la antorcha de las ciencias se apagara».

La obra de Laplace fue muy importante cultural y socialmente. Culturalmente significaba la culminación de más de 200 años de trabajo científico, paso a paso, primero elaborando hipótesis teóricas y luego verificándolas. La consecuencia de aquellos trabajos era una nueva imagen del mundo, más objetiva y cierta; pero, en ella, Dios no aparecía como el creador del mundo: esta nueva imagen cosmológica rompía con lo pensado y creído hasta entonces, y se alejaba tanto de las cosmogonías de los autores clásicos como de muchas de las cosmologías realizadas hasta aquel momento. Socialmente, su transcendencia provino de dos aspectos diferentes. Por un lado, afianzó la seguridad de los europeos en su ciencia y cultura propias, al considerarlas más adelantadas y objetivas que las de asiáticos y africanos, a los que ya empezaban a tratar y a intentar *civilizar*. A la vez, la admiración a la ciencia y la conciencia de superioridad de la cultura europea serían las bases —respectivamente— del positivismo y del darwinismo social que se darían en Europa en el siglo siguiente. Por otro lado, ya planteaba Laplace un cambio de pensamiento y actitudes en la cuestión (biológica y filosófica a la vez) de las relaciones del hombre con la Naturaleza; en el siglo XIX, desde Haeckel y su contribución al nacimiento de nuevas ciencias biológicas (concretamente, la ecología y la etología), el hombre tomaría conciencia de que sólo es una parte *de* la Naturaleza —en vez de estar *sobre* ella— y de que su misma existencia depende de ella.

La física se enriqueció notablemente con los estudios sobre la electricidad: Lebrun destaca que apasionaba a los contemporáneos y les seducía por su apariencia mágica. Desde que en 1729 Gray estableciera la diferencia entre cuerpos conductores y no conductores, los fenómenos eléctricos elementales (por ejemplo, la electricidad producida por el frotamiento de un tubo de vidrio) fueron muy estudiados. Así surgió en 1745 la botella de Leyden, el primer condensador eléctrico, descubierto cuando el holandés Van Musschenbroeck intentaba electrificar agua mediante una varilla de hierro sumergida en una cubeta: cuando su ayudante tocó por descuido el extremo de la varilla, recibió una fuerte descarga. A partir de aquel hecho, la electricidad fue uno de los fenómenos físicos más estudiados, destacando entre sus cultivadores el padre Nollet por la espectacularidad de sus experimentos: utili-

zando barras de hierro cuyos extremos agarraban dos personas, y conectando así a todo un grupo, logró electrificar simultáneamente a 180 guardias reales, y —en otro momento— a 300 monjes. Pero, a la vez, la electricidad se convirtió en un frívolo pasatiempo de fiestas de sociedad; el mismo padre Nollet hacía saltar una chispa en un globo de vidrio, en el que obtenía sucesivamente radiaciones [9] irisadas de colores violeta y rosa tras producir el vacío. Este huevo eléctrico era un antecedente de la radiología, que se descubriría a finales del siglo XIX.

El avance en el conocimiento de esta nueva área se fue desarrollando con rapidez. Así, en 1753 Dugay descubría la existencia de las dos electricidades (positiva y negativa). El año anterior, Benjamin Franklin (1706-1790) había demostrado la analogía que hay entre el rayo y una chispa eléctrica: con una cometa provista de una punta de hierro, unida al suelo por un cable metálico, captó la electricidad de una nube, lo que permitió construir (1760) el primer pararrayos del mundo en el faro del puerto inglés de Plymouth. Ya a finales de siglo, Carlos A. de Coulomb (1736-1806), investigador francés de magnetismo y electrostática, formuló sus leyes ante la parisina Academia de Ciencias: con ello introducía la electricidad en el campo de las aplicaciones de la física. El proceso culminaría al crear Alessandro Volta (1745-1827) la pila eléctrica que lleva su nombre.

En otras áreas de la física, menos espectaculares y conocidas por el público de la época, conviene recordar la de la dinámica. En ésta, Jean Le Rond (más conocido como D'Alembert, a quien se debe el prólogo de la Enciclopedia francesa, 1717-1783) expuso en su *Tratado de dinámica* (1743) las leyes de la estática, y la dinámica de los líquidos y del aire; con ello puso las bases de la teoría de la circulación de los fluidos, formulada diez años más tarde por Euler en la Academia de Berlín. Otra área, a la que se prestaba mucha atención en Francia, era la que en el siglo siguiente sería denominada termodinámica: en ese tiempo estudiaba e investigaba no sólo el flujo del calor, sino también los gases. De los experimentos con gases, los más conocidos fueron los

[9] Radiación, como es sabido, es una emisión de partículas que, en el huevo eléctrico, producía una onda luminosa electromagnética con los mencionados colores. Por ser algo inusual, o nunca visto en aquel tiempo, producía un gran asombro, lo que en resumidas cuentas favorecía el interés de aquel escogido público por los fenómenos de la electricidad.

ascensos aéreos, especialmente el protagonizado en 1783 por los hermanos Joseph y Etienne de Montgolfier, que se elevaron con un globo de aire caliente; ese mismo año un físico se elevaba en París con un globo inflado con hidrógeno, el gas ligero. Cuando el francés Blanchard y el británico Gefferies atravesaron en 1785 el Canal de la Mancha en un navío volador, su triunfo sobre las leyes de la gravedad influyó mucho en la mentalidad de sus contemporáneos, que llegaron a pensar que el poder del hombre era ilimitado.

En el ámbito de la química, a pesar de los avances de los dos siglos anteriores, aún coleaban restos de las doctrinas de los clásicos. Así, aunque ya estaba definitivamente superada la teoría hylemórfica de Aristóteles, el contenido de su concepto materia prima (el elemento común a todas las cosas) pervivía aún en otro concepto que muchos autores defendían: el flogisto, del que se suponía que era el elemento o principio que formaba parte de todos los cuerpos, y que se desprendía de ellos durante la combustión. Esta teoría, de origen alquimista, era predominante a principios del siglo debido a la gran influencia de su autor, Georg Stahl (1660-1734), médico del rey Federico Guillermo I de Prusia: por ejemplo, decía que el óxido de plomo, calentado con carbón, se convertía en metal porque el carbón, al quemarse, desprendía su flogisto y éste se unía al plomo.

Sin embargo, a pesar de sus puntos de partida erróneos, los químicos consiguieron aislar nuevos cuerpos: el sueco Carlos G. Scheele (1742-1786), inventor de la glicerina, consiguió aislar el manganeso y el cloro, e incluso reconoció dos gases en la atmósfera (el oxígeno —al que llamó aire de fuego— y el nitrógeno —aire corrompido—), pero su escasa preparación le impidió elaborar una formulación adecuada; por su lado, el inglés Joseph Priestley (1733-1804) dio un paso más al aislar varios gases, llamando al oxígeno aire desflogistizado. Años después, Henry Cavendish (1731-1810) analizó el aire atmosférico, descubrió la composición del agua, y dio a conocer las propiedades del hidrógeno, al que llamó aire inflamable.

Aunque el químico ruso Miljail V. Lomonosov (1711-1765) se le adelantó casi 20 años, rechazando el flogisto y sugiriendo que los objetos se combinan al arder con una parte del aire, sería el francés Antonio L. de Lavoisier (1743-1794) el que culminase las investigaciones en este ámbito, mostrando que el aire podía ser analizado y cuantificado, y señalando cuál era la función del oxígeno en la combustión (y

en la respiración): con esto probó la inexistencia del flogisto. Su logro más importante, sin embargo, se realizó en otra área. En la segunda mitad del siglo XVIII (¡hablamos del «siglo de las luces», de la época de la Ilustración!) aún había en Europa químicos —no alquimistas— que seguían aferrados a la concepción aristotélica de los elementos, y que mantenían que la transmutación era posible: esto parecía razonable, pues era sabido y admitido que, si se calentaba agua durante varios días en un recipiente de vidrio, se formaba en éste un sedimento o depósito sólido.

Pero Lavoisier decidió examinar esta supuesta transmutación con algo más que una mera inspección ocular, y durante 101 días hirvió agua en un aparato que condensaba el vapor y lo devolvía al matraz, de modo que no se perdiera ninguna sustancia durante el experimento. Pero no olvidó la medición: pesó el agua y el recipiente antes y después del largo tiempo de ebullición. Al cabo de los meses apareció el sedimento, pero el agua pesaba lo mismo: por tanto, el depósito sedimentario no era una transmutación del agua, sino que se había formado por otra causa. ¿Cuál? El pesaje del recipiente lo reveló: el matraz había perdido peso, justamente el mismo que pesaba el sedimento. Éste no era agua convertida en tierra, sino material del vidrio desprendido por la ebullición y precipitado al fondo en forma de fragmentos sólidos. De este modo había sido refutada, por fin, una antigua creencia química, sostenida desde la época de Aristóteles.

Este experimento, y otros similares, le llevaron al tema de la combustión (el gran problema de la química de este siglo), en el que pudo destruir la teoría del flogisto y denominar oxígeno a uno de los gases que componen el aire, y ázoe al otro más numeroso (nitrógeno). Pero, también, le permitió formular la «ley de la conservación de la materia», verdadera piedra angular de la química del siglo posterior: «La materia ni se crea ni se destruye; sólo cambia de unas sustancias a otras». En 1783 realizó el análisis y la síntesis del agua, simultáneamente con Cavendish (a cuyo aire inflamable llamó hidrógeno): fue otro golpe a la teoría griega de los elementos, pues el agua no era un elemento simple, sino un compuesto de dos gases. Desde 1787, para racionalizar esta ciencia, se dedicó a elaborar una nomenclatura química que permitiera denominar a los cuerpos con nombres simples; en este punto aplicó a la química las ideas taxonómicas o clasificatorias de Linneo, con tal sensatez y simplicidad que permitía adaptar sus principios a los futuros

descubrimientos, por lo que su sistema fue aceptado por los químicos. Todo ello estaba contenido en su *Traité élémentaire de chimie*, aparecido en 1789; poco después moriría ejecutado durante la revolución francesa.

Otras grandes figuras de la química en este tiempo fueron Antoine-François de Fourcroy (1755-1809), catedrático de la Sorbona y luego ministro de Instrucción, que escribió *Sistema de los conocimientos químicos* y *Filosofía química*, ambas traducidas a varios idiomas, y Claude-Louis Berthollet (1748-1822), químico de gran importancia en los círculos cortesanos y militares de París, pues había conseguido purificar el nitro para utilizarlo tanto en la fabricación de la pólvora como en la conversión del hierro en acero, y que además descubrió las propiedades decolorantes del cloro (de tan gran utilidad para la industria manufacturera textil).

Acerca de la historia natural —o ciencias de la Naturaleza— decía Cassirer [10] que «el siglo XVIII estaba imbuido de la creencia y convicción de que por fin había llegado en la historia de la humanidad el momento en que se podía arrebatar a la naturaleza su secreto, hasta entonces tan celosamente guardado». Parecía que el hombre iba a dominar a la Naturaleza, y siendo dueño de ella aumentaría su propio poder. Ésta era la idea dominante durante el siglo XVIII; a finales de él, Laplace iniciaría el cambio de mentalidad sobre las relaciones entre Naturaleza y hombre, como quedó dicho en un párrafo anterior. De todos modos, el conocimiento de la Naturaleza siguió progresando con rapidez gracias a la descripción y clasificación taxonómica de las especies colectadas. Por otro lado, entre muchos sectores del público culto se había extendido una gran afición a colectar plantas y flores, o a capturar mariposas u otros insectos hasta el punto de convertirse en una moda generalizada, que fue seguida incluso por gentes no expertas ni interesadas en la historia natural, pero sí en la belleza plástica de una colección entomológica de insectos o mariposas, o en el ornato que prestaban las colecciones de plantas y flores. Pero lo que para algunos era una pura frivolidad permitió la extensión de los conocimientos naturalistas, que llegaron a gran cantidad de público. La historia natural era, socialmente, la más arraigada y extendida de todas las ciencias.

[10] Es interesante la lectura de quien ya es un autor clásico en este punto: E. Cassirer, *La filosofía de la Ilustración*, Méjico, 1940.

A ello contribuyó extraordinariamente la idea de una taxonomía o clasificación rigurosa de las especies, pero con criterios fijos y lenguaje sencillo: ésa fue la gran contribución que el sueco Carlos de Linneo (1707-1778) hizo a la historia natural. Como es sabido, la unidad natural es el individuo de una especie; el término «especie» designa a un grupo de individuos o seres naturales que tienen las mismas características y cualidades: por ejemplo, la especie humana. La especie viene a ser, pues, el último eslabón en la jerarquía o clasificación organizada de los seres naturales. Esta organización fue llamada sistemática por Carlos de Linneo (1735) y taxonómica por Agustín de Candolle (1813), y se basa en que los grupos numéricamente menores de seres (taxonómicamente, de rango inferior) están subordinados a otros grupos numéricamente mayores (taxonómicamente superiores).

Investigador botánico, Carlos de Linneo quiso crear un sistema de clasificación de los vegetales que estuviera basado en sus estambres y pistilos; así formuló un sistema de nomenclatura binomial con 24 clases, diferenciadas por los caracteres de número y disposición de los estambres. Posteriormente elaboraría también una clasificación del reino animal. La décima edición de su *Sistema naturae*, aparecida en 1758 sigue siendo aún hoy la base universalmente aceptada para la denominación de animales y plantas. Según el sistema linneano, los seres naturales están organizados en tres reinos: mineral, vegetal y animal. Cada reino se divide en troncos (también llamados «tipos», «filos», «grupos» o «ramas»); éstos se subdividen en clases, y éstas en órdenes. Un orden se divide en familias; éstas se componen de varios géneros, y éstos contienen diversas especies, cuyas características concretas se realizan en todos los individuos que pertenecen a ella. Linneo decía que la especie y el género son las categorías taxonómicas con existencia real y objetiva, mientras que el orden y la clase son elaboraciones subjetivas de los científicos. En este punto, y a título de ejemplo, veamos cuál era la posición taxonómica del hombre según el sistema de Linneo [11]:

[11] Obsérvese que la clasificación, tomada exactamente de la obra de Linneo, está hecha en latín y en griego. La explicación de este hecho es que, en el siglo XVIII, el latín seguía siendo una lengua culta; en algunas universidades aún se enseñaba en latín, y en esa lengua se escribían preferentemente muchos libros y estudios de historia natural, costumbre que persistió durante el siglo XIX. El latín era especialmente útil para una clasificación sistemática o taxonómica ya que, por ser una lengua culta, podía servir a los na-

Reino:	*Animalia*
Grado:	*Metazoa*
Phylum:	*Chordata*
Subphylum:	*Vertebrata*
Superclase:	*Tetrapoda*
Clase:	*Mammalia*
Subclase:	*Theria*
Infraclase:	*Entheria*
Orden:	*Primates*
Suborden:	*Anthropoidea*
Superfamilia:	*Hominoidea*
Familia:	*Hominidae*
Género:	*Homo*
Especie:	*Homo sapiens*

En botánica, todavía se mantenía la polémica iniciada a finales del siglo anterior sobre el sexo de las plantas. A pesar de los escritos de Camerarius y los autores españoles, de los experimentos de Gleditsch y de las afirmaciones de Linneo, el abate Lázaro Spallanzani (1729-1799) aún la seguía negando en 1788, lo cual impulsó al español Martí i Franqués a repetir sus experimentos en 1791, y a encontrar la causa del error del italiano. No obstante, la clasificación sexual de las plantas hecha por Linneo no fue aceptada por los hermanos Antoine (1686-1758) y Bernard Jussieu (1699-1777), del Jardin du Roi de París: ellos proponían una clasificación natural basada en el conjunto de caracteres de las plantas; en esta misma línea estaría Adanson (1727-1806), con su *Familias de plantas* (1763). Años más tarde, su sobrino Antoine Laurent Jussieu (1748-1836) editaba el *Genera plantarum* (1789), que será la base de toda la botánica del siglo XIX. En otra área de investigaciones, J. Priestley descubría la respiración también en los vegetales.

La gran influencia social que tuvo el sistema de clasificación de Linneo provocó que la botánica escapase del cuidado de herbolarios y boticarios, y de auxiliar de la medicina pasó a convertirse en una moda o distracción de una aristocracia ociosa y de una burguesía con pruritos cientificistas. Simultáneamente con las colecciones de plantas, aparecerá la fiebre de otros muchos coleccionismos de diversa índole (mo-

turalistas de todos los países, y al no ser una lengua nacional se esperaba que no crearía ningún tipo de rechazo o de susceptibilidad.

nedas, minerales, fósiles, marfiles, corales, etc.), muy adecuadas para gabinetes y salones de burgueses y aristócratas, y que más tarde —por su importancia científica o cultural— pasarán a engrosar los fondos de los museos.

En zoología, el francés Renato A. Ferchault de Rèaumur (1683-1757), fabricó un modelo de interpretación exacta de la Naturaleza en su *Memoria al servicio de la historia de los insectos*, combatiendo en ella la todavía generalizada idea de las causas finales, según la cual todo había sido creado por Dios con el fin de producir bienestar en los seres: esta perfección de la creación era una de las pruebas metafísicas de la existencia de Dios. Pero, en este siglo, uno de los problemas que intrigaban aún a muchos investigadores era el de la reproducción animal. Tras reiterar la inexistencia de la generación espontánea, se dio una polémica entre el padre Needham (1713-1781), para quien los animálculos se formaban por la fuerza vegetatriz, y el mencionado abate Lázaro Spallanzani, que describió la acción de los genes y la segmentación de las células en el proceso de reprodución. La fecundidad, problema ya resuelto en los vegetales desde 1750, aún seguía siendo un misterio en los animales, debido a concepciones teóricas erróneas; mientras, perduraba la división entre los animalculistas o espermatistas (que creían que era el macho quien aportaba el elemento reproductor fundamental) y los ovistas (que defendían que el verdadero germen lo aportaba la hembra).

La geología conoció en su ámbito muchas controversias banales entre neptunistas y plutonianos: aquéllos defendían que la acción de las aguas había originado el mundo que conocemos, y que las rocas sólo eran los depósitos sedimentarios de los mares primitivos. A su vez, los plutonianos (también llamados vulcanistas) creían que los materiales en fusión que hay en el centro de la Tierra habían sido empujados a través de los volcanes hacia el exterior, donde podían ser reconocidos (por ejemplo, el granito), siendo las rocas el residuo consolidado de esta acción. El origen de ambas tendencias o teorías estaba en los trabajos de Jean-Etienne Guettard (1715-1786), un geólogo que había descubierto restos de volcanes extinguidos en la Auvernia francesa, pero que a la vez había destacado la importancia de la acción del agua en la transformación de la morfología del planeta, afirmando que el basalto era de origen acuoso. Nicolás Desmarés (1725-1815) descubrió más volcanes extinguidos en Europa central, y afirmó —en contra de

Guettard– que el basalto era de origen volcánico, pero que existían depósitos sedimentarios encima de estratos de antiguas lavas basálticas. Por otro lado, las observaciones que realizaron Johann G. Lehmann (†1767) y Georg Ch. Füchsel (†1773) sobre los estratos y la sucesión geológica de las rocas, pusieron los cimientos de la estratigrafía científica.

El neptunismo tiene como fundador al alemán Abraham-Gottlob Werner (1749-1817), el célebre profesor de la conocida Escuela de Minas de Freiberg (Sajonia), cuyo método era exclusivamente experimental, basado en la observación directa de rocas y estratos; presentó una secuencia temporal de las formaciones geológicas sajonas en cinco grupos (primitivas, de transición, sedimentarias, derivativas y volcánicas), en las que el mar era el gran agente del cambio geológico. Por el contrario, el plutonismo tiene como padre al inglés James Hutton (1726-1797); el británico admitía que muchas rocas parecían haberse formado como depósitos sedimentarios, pero afirmaba que sólo se habían consolidado bajo la acción del calor subterráneo, y que la materia fundida de debajo se había introducido en ellas. Los cambios continuaban en el presente, mediante el viento y otros agentes climatológicos: el proceso seguía funcionando.

La cristalografía es una rama, entonces naciente, de la geología. Creada por el abate René-Just Haüy (1743-1822), es el fruto de sus investigaciones: observando la exfoliación de la calcita, dedujo que los cristales mineralógicos estaban formados por unos diminutos poliedros, a los que llamaba moléculas integrantes. De este modo pudo enunciar la «ley de la racionalidad de los parámetros», que expondría en su *Ensayo sobre una teoría de la estructura de los cristales* (1784) y en el *Tratado de Mineralogía* (1801).

Entre los naturalistas de este siglo, además de Linneo, ocupa un puesto decisivo Jorge Luis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788). Intendente del Jardín del Rey de París desde 1739, escribió la más grande y célebre obra de divulgación en este ámbito: su *Historia Natural*, publicada en 36 volúmenes entre 1749 y 1804. Era defensor del método experimental: su estricta sumisión a los hechos le llevaba a condenar las clasificaciones sistemáticas, ya que rompían la unidad y relaciones de la Naturaleza. Pero sus planteamientos evolucionaron a lo largo de su vida; cuando empezó a escribir aquella magna obra, era fijista (defendía que el mundo y los animales actuales no habían variado desde

que fueran creados por Dios) y antropocentrista (negaba cualquier relación o parentesco del hombre con los animales); pero, a medida que avanzó en sus investigaciones, se volvió transformista (el mundo y los seres vivos han evolucionado desde que aparecieron en la Tierra: en esto sería seguido por su discípulo Lamarck), y llegó incluso a la idea de la selección natural de Darwin. Sin embargo, Buffon no fue aceptado por todos: muchos negaron su explicación (que iniciaba la paleontología) sobre los fósiles, a los que consideraba «los archivos del mundo». La síntesis de su pensamiento y teorías se encuentra en su *Tratado de las épocas de la naturaleza*, de 1778; en esta obra, la historia natural demuestra que el hombre ocupa un lugar modesto en el universo, con lo que Buffon adelanta la idea que Laplace enunciará para todo el universo 18 años después.

En cuanto a la medicina, este siglo conoce todavía algunas graves epidemias: la peste de 1720 en Marsella, la viruela de 1770 que pasó de Asia a Europa, y el tifus originado en las diferentes campañas militares. Desdichadamente, contra estas catástrofes para la salubridad pública sólo podía oponerse el aislamiento de sus focos mediante las cuarentenas y los cordones sanitarios. También en este ámbito se dio una división profunda entre los autores: por un lado, estaban los médicos teorizantes, como Stahl, autor de la corriente conocida como animismo, que defendía que el cuerpo humano es sólo instrumento de un alma razonable, y debía ser la razón la que dedujese la enfermedad y su causa. Por otro, estaban los médicos empíricos, que aprendían mediante la observación directa: así, el austríaco Auenbrugger (1722-1809) propugnaba el método de percusión para el estudio de enfermedades del tórax; y Hermann Boerhhave (1668-1738), el médico más famoso de la Europa de su tiempo, consiguió que se dejasen de considerar las enfermedades como trastornos de los humores y que fueran estudiadas y tratadas como efectos de lesiones de órganos.

Al hombre de nuestro tiempo le sorprende que ya en el siglo XVIII, y en relación con las investigaciones científicas y el interés público por la electricidad, el abate francés Bhertolon escribiera a finales de siglo un pequeño estudio titulado *Los efectos de la electricidad del aire sobre los hombres sanos y enfermos*. La sorpresa es mayor si tenemos en cuenta que en nuestros días, 200 años después de este escrito, la opinión pública aún no ha asimilado o admitido del todo estas cuestiones, de modo que la influencia de los iones positivos o negativos en la actitud

y la salud de las personas sigue aún poco conocida o es objeto de propaganda pseudocientífica por parte de algunos desaprensivos fabricantes de pulseras «ionizadas».

Otros adelantos se deben al médico italiano Juan Bautista Morgagni (1682-1771), fundador de la anatomía patológica, que decía que todo médico debía acumular observaciones a través de las disecciones. Por su parte, el histólogo francés Xavier Bichat (1771-1802) estudió los tejidos, y con su *Anatomía general* fundaba las anatomía y patología celulares. Fruto de estas investigaciones empíricas fue el que la terapéutica prescindiese de medicamentos dudosos o fantásticos e incorporara valiosas adquisiciones, algunas de ellas procedentes de América y conocidas a través de médicos y naturalistas españoles: la quinina contra la fiebre, la ipecacuana contra la disentería, la digitalina para fortalecer el corazón, y el oxígeno para aliviar el asma. Frente a estos remedios «alopáticos», Samuel Hahnemann (1755-1843) recomendó el método homeopático: para curar una enfermedad, debe administrarse al paciente una cantidad infinitesimal de una sustancia que en principio debería agravarla, pero que permitirá una reacción victoriosa del organismo. En medicina clínica, finalmente, la cirugía va a conocer un desarrollo y prestigio antes impensable: deja de estar en manos de los barberos para pasar exclusivamente a los médicos. En Francia, por ejemplo, Luis XV fundó en 1735 una Academia de Cirugía; pronto se inicia la producción de instrumental, y la especialización en las intervenciones: Daviel (1696-1762) fue el primero que operó las cataratas en los ojos extrayendo el cristalino.

Sin embargo, lo más transcendental de este siglo es la aparición de la medicina preventiva. La esposa del embajador británico en Constantinopla introdujo en Europa la inoculación: el pinchazo con una aguja mojada en el pus de un enfermo de viruela producía una fiebre muy débil, que permitía escapar luego a tan terrible enfermedad. Un médico ginebrino experimentó este sistema, y lo extendió luego; pero sólo a finales de siglo conseguiría Eduardo Jenner (1749-1823) perfeccionar el procedimiento y realizar la vacunación utilizando como elemento el líquido seroso de alguna pústula existente en los pezones de una vaca infectada. Como se ve, el procedimiento de la vacunación se funda en los postulados de la terapéutica homeopática.

Técnica y tecnologías

El progreso de la técnica se había desarrollado en el siglo XVII al producirse la ruptura con la tradición helenística, cuando las soluciones que se buscaban para la minería, la metalurgia y el transporte marítimo debían ser soluciones técnicas. Pero esos mismos problemas, por el interés económico y de poderío político-militar que llevaban consigo, servirían de estímulo e inspiración a la ciencia del siglo XVIII. Cuando en el siglo anterior calculaba Newton la trayectoria de un proyectil teniendo en cuenta la resistencia del aire, no prestaba ningún servicio a la artillería de su época, ya que las cuñas de los cañones eran desiguales, los proyectiles no eran idénticos ni se ajustaban perfectamente a ellas, y la cantidad y calidad de la pólvora variaba en cada disparo: tantas variaciones hacían inservibles sus teorías.

Por el contrario, el gran triunfo social y público de la ciencia nueva fue el que se había producido durante el XVII en el ámbito de la navegación: en aquel momento, el dominio de las rutas marítimas era la clave del éxito nacional, tanto político como económico. Así, al demostrar su valor, la ciencia fue respetada e integrada en la nueva civilización material y cultural. La importancia de la ciencia creció en la medida en que los europeos comprendieron que la superioridad militar y económica de su civilización sobre las más antiguas de la India, del Islam o de la China se debía a sus conquistas técnicas; pero las mejoras de la técnica exigían la aplicación y el desarrollo continuado de la ciencia.

En Gran Bretaña, a pesar del languidecimiento y ralentización de la ciencia, la tecnología no se había detenido: algunos cambios que allí se produjeron durante la primera mitad del siglo XVIII, luego tendrían una importancia decisiva para la ciencia y para la industria por su influjo en la primera revolución industrial. En este aspecto, J. Bernal [12] ha destacado varios de estos cambios en la tecnología británica:

1.º La rápida mejora de los procedimientos agrícolas, adaptando los que, desde el siglo anterior, existían en Holanda. El poder conseguir capital (procedente del comercio) para invertirlo en tierras, y el aumento de demanda de cereales, verduras y carne (por el crecimiento

[12] Bernal, *op. cit.*, p. 392.

de las ciudades) permitió que la agricultura produjera ganancias. Esto trajo una grave injusticia social: las *Enclosures Acts* expropiaron a muchos pequeños campesinos que no tenían títulos que probasen la propiedad de sus tierras, y cuyos medios de cultivo eran todavía pobres y atrasados.

2.° La acelerada expansión de la nueva industria pesada, basada en la hulla, y con mejores métodos en minería, transportes, y producción de hierro y acero. En esta área de la metalurgia, la máquina de vapor y el uso de la hulla (y no el carbón vegetal) para la mejor obtención del hierro, fueron los elementos decisivos.

3.° El cambio definitivo de una economía antigua, basada en la tierra, a otra moderna, basada en la hulla. Ello supuso el paso de la economía de subsistencia (o de alimentación) a la economía de la energía (o industrial) en el área del desarrollo de unas nuevas técnicas y unas nuevas fuentes de energía, sin que esto pueda extrapolarse —generalizándolo— a todos los campos de la producción.

4.° Esta transformación fue el principal factor del ascenso meteórico de Escocia como una fuerza industrial e intelectual de primera fila. Escocia no había participado del rápido desarrollo de Inglaterra en el XVII, pero al subir la demanda de hulla cambió su suerte. Además, por el influjo del calvinismo, había establecido relaciones con Holanda, creándose una corriente de ideas y hombres bien adiestrados, especialmente en medicina (que entonces incluía, también, la química). Así, las universidades escocesas (al revés que las inglesas y las europeas) eran centros de progreso científico, tanto teórico como práctico: en la de Edimburgo trabajaba James Watt.

La tecnología aplicada a los intrumentos de investigación mantuvo en el siglo XVIII la tradición que iniciara Galileo en el siglo anterior; en este sentido, recuérdese que el óptico británico Dollond (1706-1761) perfeccionó el anteojo, y que el telescopio con el que W. Herschel descubriera el planeta Urano medía 1,47 metros de diámetro, y tenía corregida la aberración de la esfericidad. Otras mejoras de interés fueron las referentes a los métodos de medida y cálculo; así, la calorimetría se benefició del perfeccionamiento del termómetro, construido primero en Inglaterra por el alemán Daniel G. Fahrenheit (1686-1736), que fue también autor de un aerómetro; después lo fue en Francia, por Renato A. Ferchault de Rèaumur (1683-1757), y finalmente en Suecia por Anders Celsius (1701-1744), quien estableció en 1742 la escala ter-

mométrica centesimal, habitualmente usada en los países europeos e hispanoamericanos.

Mayor problema representaban en Europa los diversos sistemas de medida de longitudes o extensión: había diferentes medidas en cada nación y en cada región, y —a veces— incluso dentro de una misma comarca. Para paliar las diferencias entre unos y otros, existían unas tablas de equivalencia; otras veces, las autoridades de un lugar fijaban barras de hierro a una pared pública para establecer un patrón de medida, que servía a la vez de base de las transacciones y ventas de paños. Algunas de éstas subsisten todavía en Berna (Suiza) o en Innsbruck (Austria). Los cálculos con estas medidas resultaban largos y difíciles por no ser de base decimal. Por ello, el afán unificador y reformista de la revolución francesa propició que, en 1790, la asamblea constituyente encargase a la Academia de Ciencias parisina la creación de un sistema mejor, que determinara un modelo o patrón de medida que debería servir de base a todos los demás. Con este propósito se encomendó a los matemáticos Mechain y Delambre que midiesen la longitud de la parte del meridiano comprendida entre Dunkerke (Francia) y Barcelona (España); la medición se llevó a cabo desde 1792 a 1799, y tras calcular la longitud total del meridiano, se dio el nombre de metro a la diezmillonésima parte del cuadrante del mismo: esta magnitud fue la base de todas las demás medidas del sistema de pesas y medidas que, por originarse en el metro, se llamó sistema métrico [13].

[13] La importancia del sistema métrico se evidencia en el hecho de que es el vigente en casi todos los países desarrollados, excepto los anglosajones (aunque Gran Bretaña lo va adoptando paulatinamente desde 1971). Con arreglo a este sistema, y según acuerdo de la Conferencia Internacional de Pesas y Medidas que se celebró en París en 1889, el metro se definía como la longitud a 0° C del prototipo internacional que, hecho con platino e iridio, se conserva en Sèvres (Francia). Dicha barra equivalía a la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre. En realidad, y a título de curiosidad y de mayor precisión, se ha comprobado que la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre es, aproximadamente, 0,2 mm. inferior al metro oficial, cuyo exponente es la mencionada barra.

En 1960 se celebró, también en París, la Conferencia General de Pesas y Medidas con el objeto de organizar un sistema internacional de unidades, que es una codificación del sistema métrico. En esta conferencia, el metro fue definido como 1.650.763,73 veces la longitud de onda de la radiación naranja del criptón 86 realizada en el vacío. La longitud del metro, por supuesto, es la misma, aunque formulada de distinta manera. La codificación resultante en esta conferencia sirvió de base a la legislación que, sobre medidas, han establecido todos los países adheridos a este sistema. Véase el estudio de G.

No obstante, el sistema tardó más de medio siglo en imponerse en Europa.

Con todo, el avance más espectacular que, en técnicas y tecnología, se dio en este siglo fue el referido al ámbito de la energía: la máquina de vapor. Como es sabido, su aplicación a la producción de bienes generó, a finales de siglo, el inicio de lo que se ha llamado la revolución industrial [14]. Esta máquina es una prueba de algo ya conocido; aunque algunos inventores recibieron las influencias de ciertos progresos científicos, se puede afirmar que las transformaciones técnicas de este siglo se deben más a los artesanos y mecánicos hábiles que a los teóricos. Ya lo decía entonces Voltaire: «Debemos todas las artes al instinto mecánico que hay en la mayoría de los hombres, y no a la filosofía». Lo verdaderamente curioso e interesante es que estas palabras las dijera un filósofo, y precisamente en el siglo de los *philosophes*.

El uso de la fuerza humana, de la energía animal o de la que provenía de la Naturaleza (hidráulica, eólica, etc.) será paulatinamente sustituido por el originado en la máquina de vapor. Ya en 1687, el francés Denis Papin (1647-1714) había realizado varias investigaciones sobre la aplicación del vapor como fuerza motriz. La necesidad de bombas de achique para el agua que se filtra en las minas llevó a la adopción de la máquina de Savery (1698), que habría de ser sustituida en 1711 por la de Thomas Newcomen (1663-1729): en esta máquina, el vapor producido en una caldera entraba en un cilindro y movía un pistón; cuando éste acababa su recorrido, una inyección de agua fría condensaba el vapor y creaba así un vacío, de forma que la presión atmosférica hacía descender de nuevo el pistón. En 1765, el ingeniero escocés

Puente Feliz, «El Sistema métrico decimal. Su importancia e implantación en España», en *Cuadernos de Historia moderna y contemporánea*, n.° 3, 1982, que edita la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad Complutense de Madrid.

[14] Si por revolución entendemos un cambio, violento o no, pero sí decisivo y definitivo en la sociedad, que abandona el sistema o forma de vida anterior y empieza a vivir de manera totalmente diferente, tendremos que admitir (como hace tiempo enunciara Gordon Childe) que en la amplia historia de la Humanidad sólo ha habido dos momentos que hayan cambiado decisivamente a la sociedad: la revolución neolítica (el paso de una sociedad depredadora a otra productora de alimentos) y la revolución industrial (el cambio de un sistema de producción manual y artesano a otro de producción con máquinas, masivo y en serie, y progresivamente automatizado). El término revolución industrial parece que fue creado por Engels, aunque posteriormente sería difundido y vulgarizado por Toynbee, a quien habitualmente se atribuye.

James Watt (1736-1819) logra transformar esta costosa máquina liberando al cilindro de la función de condensación mediante un condensador: la máquina resultante reducía más de un 70 % los gastos de uso. En 1780, con la ayuda financiera de Matthew Bulton (fabricante escocés con el que se había asociado), iniciaron la fabricación de máquinas de vapor de doble efecto: el vapor actuaba alternativamente en ambas caras del pistón, lo que hacía más regular el movimiento de vaivén; a la vez, gracias a una biela, la manivela transformaba el movimiento rectilíneo del pistón en un movimiento circular, más interesante éste para cualquier tipo de aplicaciones.

De este modo, una fuerza motriz con una gran potencia hasta entonces desconocida se puso al servicio del hombre: en 1785 funcionaba por primera vez en una fábrica algodonera. Aunque por entonces se realizaron diversos experimentos para la aplicación de la máquina de vapor al transporte, tanto terrestre como marítimo, habría que esperar al siglo siguiente para alcanzar el éxito: es en el siglo XIX cuando Stephenson aplicaría la máquina de vapor a los transportes por tierra, creando la locomotora, y el americano Fulton a los que se hacen por mar, creando el barco de vapor. Pero inicialmente, en sus comienzos a mediados del siglo XVIII, la energía de la máquina de vapor se aplicó a la industria textil, sector manufacturero con una demanda en alza y con previsiones de expansión desde principios de siglo, en el que se necesitaba aumentar la producción disminuyendo, a la vez, los costes.

En la industria de los tejidos, los ingleses habían previsto desde principios del siglo que su creciente comercio con las Indias orientales, que les suministraban artículos más baratos que los que ellos mismos fabricaban, tendría un efecto muy claro: obligarles a inventar procedimientos y máquinas que permitiesen producir esos artículos con menos mano de obra y menores gastos. Y eso fue justamente lo que ocurrió: los problemas de la lentitud al tejer y el límite que la longitud de los brazos del tejedor imponía a la anchura de las telas se solucionaron en 1733, cuando John Kay inventó la lanzadera volante, que simplificaba, unificaba y aceleraba el proceso de tejido. Con este nuevo invento se produjo un desequilibrio: estos nuevos telares necesitaban hilo, pero éste se seguía fabricando manualmente con los procedimientos medievales del huso y la rueca en casas o talleres familiares, con lo que no se podía cubrir la demanda.

La adecuada respuesta a esta demanda la darían las máquinas hiladoras que aparecieron sucesivamente [15]; los diferentes inventores o artesanos mejoraban en ellas los logros conseguidos por sus antecesores. Sin embargo, todo este proceso ocurriría en un espacio de tiempo muy corto. De este modo, tras la creación por Lewis Paul (1738) de la doble serie de tornos, James Hargreaves (†1778) inventó alrededor de 1767 la *spinning-jenny*; esta máquina de hilar, una especie de rueca con varios husos, (pronto mejorada por Haley) era ligera y poco voluminosa, por lo que podía servir al trabajo en el propio domicilio, con lo que un solo operario podía fabricar a la vez 80 hilos de entramado, en vez de ocho. Pero aún era de energía manual, sólo servía para hacer hilos de algodón, y éstos se rompían fácilmente debido a su escasa torsión.

En 1769 patentaba Richard Arkwright (1732-1792) su hiladora, a la que llamó *water-frame* (aunque, en los planos originales, esta máquina debía ser movida por un caballo); partiendo de las ideas de L. Paul y D. Bourn sobre el uso de los rodillos, construyó una máquina en la que se podían hilar simultáneamente muchos hilos fuertes y resistentes, aptos para la urdimbre de algodón. Pronto sustituiría Arkwright la energía hidráulica por la del vapor, utilizando un motor de vapor (patentado y fabricado por Bulton & Watt) y reuniría motores, máquinas y trabajadores en un solo lugar o fábrica: con esto se rompía el sistema antiguo (la llamada industria dispersa) de fabricar y tejer hilos en el propio domicilio, trabajando a tiempo parcial en esta industria. El paso definitivo lo daría Samuel Crompton (1753-1827) al construir hacia 1779, la *mule-jenny* o máquina intermitente de hilar, que fabricaba un hilo muy fino y extraordinariamente resistente debido a la torsión que se le aplicaba; así respondía la industria a la gran demanda pública de hilo fino para fabricar muselinas (tela muy ligera y casi transparente), tejido que en aquellos momentos estaba de moda. Sin embargo, la máquina de Crompton no pudo ser patentada, ya que era una mezcla o híbrido (de ahí el nombre de *mule*) de inventos anteriores, como el carro de la *jenny* de Hargreaves y los rodillos de la *frame* de Arkwright.

[15] Para una lectura seria y profunda, pero amena a la vez, de este proceso de inventos y mejoras en los albores de la revolución industrial, véanse la obra de P. Mantoux, *La revolución industrial en el siglo XVIII*, Madrid, Tecnos, 1981, y la de T. K. Derry y T. I. Williams, *Historia de la tecnología*, Madrid, Siglo XXI, 1977, concretamente, el volumen 3.

Pero fue en el año 1785 cuando se produjeron dos hechos definitivos y decisivos para la industria textil, que marcaron el nacimiento de lo que Engels llamaría después revolución industrial. El primero de estos hechos es que en ese año se canceló la patente de Arkwright (inscrita en 1769) sobre la *water-frame* por no ser original en su diseño, ya que se basaba en las ideas y hallazgos de otros autores o artesanos; esto supuso que muchos hiladores pudieran construirse esta máquina sin tener que pagar los derechos de patente a su inventor, con lo que su número se multiplicó. El segundo fue que se generalizó la aplicación de la energía de vapor —mediante las máquinas de Bulton & Watt— a las máquinas hiladoras: éstos ya lo habían realizado en su hilatura de Papplewick (Nottinghamshire, Inglaterrra), y lo mismo había hecho Arkwright. Su extensión general a las hilaturas inglesas supuso un extraordinario aumento de la producción de hilos, y un abaratamiento de sus costes; si comparásemos el coste de la producción de hilo de algodón en 1780 con el de 1812, veríamos que en éste había descendido el coste a la décima parte de aquél. De su importancia en la economía británica nos da una prueba palpable el que sus exportaciones de algodón hacia 1830 suponían la mitad de todas las exportaciones inglesas. Al final del siglo, y desde 1800, se encuentran en esta industria otras importantes innovaciones técnicas en las máquinas hiladoras británicas.

La incipiente industria de las hilaturas desequilibró otra vez el mercado. La oferta superó tanto a la demanda que en los pasillos del Parlamento de Londres se decía en 1784 que se tardarían dos generaciones en tejer los hilos hasta entonces fabricados, pues nunca se podrían encontrar suficientes máquinas para tejerlo. Esto espoleó al clérigo Edmund Cartwright (1743-1823), quien en 1787 construyó el *power-lown*, el primer telar mecánico que funcionaba con una máquina de vapor, lo que permitió a su creador fundar en Doncaster una factoría propia... que sólo tardó dos años en llegar a la bancarrota: la máquina de Cartwright movía tan bruscamente la lanzadera que provocaba roturas del hilo; además, el único eje que daba movimiento a la máquina era demasiado tosco, y el dispositivo que fijaba las dimensiones de la urdimbre era poco satisfactorio. Pero, desde que otra fábrica de Manchester empezó a utilizarlo en 1791 para la industria del algodón, fue extendiéndose y recibió varias mejoras. Así abrió un camino que sería continuado por otros con gran éxito: en 1820, un muchacho

a cargo de dos telares mecánicos producía en una fábrica 15 veces más paño que un tejedor antiguo trabajando con un telar de mano en su cabaña. En Francia, por su parte, Jacques Vaucanson (1709-1782) creó unas máquinas similares a las de los inventores-artesanos ingleses, pero en vez del algodón trabajó la seda; así, tras inventar un nuevo molino para la torsión de la seda (trenzaba varias hebras de hilo de seda natural), construyó en 1747 el primer telar totalmente automático.

Socialmente, esto trajo consigo efectos contrapuestos. Los positivos fueron que el algodón desplazó en la vestimenta a otras fibras, compitiendo con la lana, el lino y —en cierto modo— la seda. Su barato precio permitió que todo el mundo dispusiera de él con relativa facilidad: nunca la humanidad había antes disfrutado de vestidos tan abundantes, variados y saludables, pues además de ser barato y fácil de teñir, se lavaba rápidamente. No sólo proporcionó vestido a aquella sociedad, sino también ropa interior, sábanas, mantelerías... y pañuelos, lujo éste reservado hasta entonces a gentes acomodadas. A la vez, el efecto negativo fue que la elevada demanda de algodón trajo consigo, a pesar de las declaraciones iniciales de los fundadores de la república norteamericana, la prolongación de la esclavitud en los EE.UU. durante 100 años más; de 700.000 esclavos existentes en 1790, se pasó a 3.200.000 en 1850.

La segunda tecnología en importancia durante estos inicios de la revolución industrial fue la de la siderurgia. En el capítulo anterior quedó dicho que en Inglaterra el carbón mineral de hulla iba desplazando al carbón vegetal y a la madera como combustible en las herrerías y fundiciones. De este modo, la labor que en 1619 iniciara Dud Duley culminaba a principios de este siglo XVIII con Abraham Darby (1677-1717); para mejorar la calidad de la producción férrica y conseguir hierro colado no quebradizo, en su factoría de Coalbrookdale utilizaba carbón de coque procedente de la hulla, e inyectaba una corriente de aire en las llamas para acelerar la combustión y aumentar su poder calorífico. El rendimiento satisfactorio de su sistema desde 1709 convenció a los demás fabricantes, y el consumo de hulla se disparó en Inglaterra (y luego en el resto del mundo): de las 2.500.000 toneladas consumidas allí en 1700 se pasó a las 10.000.000 toneladas en 1800. Diferentes mejoras en la fabricación del hierro fueron llevadas luego a cabo por John Roebuck en su industria siderúrgica de Carron (Escocia), ya que su empresa se desarrollaba en aquellos momentos por

las exigencias de armamento (especialmente cañones) para la Guerra de los Siete Años. Henry Cort (1740-1800) dio un gran impulso en 1783 con la invención del pudelado, que consistía en que unas varillas batían el hierro fundido, con lo que apartaban las escorias y conseguían una mejor calidad en el hierro obtenido. Mientras tanto, en Francia eran introducidas estas innovaciones por la empresa Creusot-Montcenis; en sus cuatro altos hornos fundían diez millones anuales de libras de hierro colado.

Una matización importante es necesaria en este punto: todos estos inventos o máquinas son sólo la base de lo que luego será la revolución industrial. En casi todos los libros de historia se afirma equivocada y erróneamente que la revolución industrial comienza en Inglaterra durante el último tercio del siglo XVIII, pero no es así: lo que el siglo XVIII legó al XIX son las máquinas que, al difundirse y multiplicarse, producirían una nueva forma de fabricar bienes en serie (repitiendo un modelo o prototipo), masiva y mecánicamente, mediante la aplicación de esas máquinas al proceso de producción. Y esa forma se da o generaliza en Gran Bretaña durante el primer tercio del siglo XIX, y en el resto de Europa occidental y central durante el segundo tercio. Esta nueva forma de producción es lo que llamamos revolución industrial. Un ejemplo comparativo podrá mostrarlo mejor y más evidentemente: a las décadas de los años cincuenta y sesenta de nuestro siglo XX se las conoce como la era de la televisión, la época de los medios audiovisuales; sin embargo, la televisión ya había sido inventada antes de la segunda guerra mundial. Es, pues, necesario distinguir entre el hallazgo o invención de algo, y su uso habitual por todos. Por eso, lo que se produjo en Inglaterra en el siglo XVIII fue el hallazgo o invención de unas máquinas; su uso habitual y masivo en la producción de bienes (la revolución industrial) es lo que se dio en Europa y América durante la primera mitad del XIX.

Reformas y mentalidades en la España de los Borbones

Es sabido que en 1700, al morir sin descendencia Carlos II (el último rey español de la dinastía austríaca de Habsburgo), Europa se enzarzó en la llamada Guerra de Sucesión española, concluida con la Paz de Utrech (1713). Según su testamento, la corona española debía pasar

a un miembro francés de la Casa de Borbón; de este modo, con Felipe V y sus sucesores llegaron a España nuevos modelos de administración, de política centralista, de gustos o modas y de formas de vida; pero también llegaba una nueva política científica, más cercana a los objetivos y planteamientos de la existente en el resto de Europa. Este hecho supuso en España algo más que un simple cambio político o dinástico: era trasplantar a España las ideas y actitudes del absolutismo francés. Parecía, pues, que con la llegada a España de la dinastía de los Borbones iban a llegar también la modernidad y las «luces» de la Ilustración francesa, y que en nuestro país se instalaría el despotismo ilustrado que se daba en la vecina Francia, hasta entonces enemiga; «Ya no hay Pirineos», se cuenta que dijo el francés Luis XIV al conocer el testamento de Carlos II en favor de su nieto, el que sería Felipe V en España.

Despotismo ilustrado, en oposición al despotismo de Corte de Luis XIV es un término histórico-político acuñado por los historiadores alemanes del siglo XIX para designar una forma o modelo de gobierno de varios Estados europeos que se dio en la segunda mitad del siglo XVIII. Como han destacado Denis y Blayau [16], se caracterizaba porque la filosofía y la ciencia ocupaban un lugar preeminente no sólo en los objetivos de los soberanos, sino a la hora de tomar éstos decisiones o legislar reformas en favor de sus pueblos. Oportunistas o convencidos, los «ilustrados» eran mayoritariamente monárquicos; para ellos, era más fácil convencer a un príncipe que a toda una nación. Por eso defendían un despotismo regio que pudiera imponer reformas y mejoras en la vida de sus pueblos, según el modelo ilustrado de vida; los *philosophes* apoyaban el absolutismo de los reyes a condición de que éstos respetasen las libertades privadas y trabajasen para el bien común, pues no deseaban una revolución o cambio en las masas, sino en el espíritu de los príncipes.

La Ilustración dio a los soberanos, sensibles ya a la opinión pública, cierto vocabulario y estilo; se autoproclamaban «ciudadanos», «sensibles» a las peticiones de sus súbditos, «virtuosos», a la vez que reci-

[16] Ambos autores son los encargados del siglo XVIII en el libro *Historia moderna*, editado por la Ed. Akal de Madrid en 1980, y que ha sido ya citado en el capítulo anterior. Sobre el despotismo ilustrado, véanse las pp. 898-902.

bían nuevos principios y bastante espíritu laico. Indiferentes respecto a la fe, defendían sus regalías, toleraban todos los cultos y apoyaban a los partidarios de doctrinas hostiles a la preponderancia moral de la Iglesia frente a los Estados; por eso acabarían enfrentándose a los jesuitas, a los que expulsaron de sus reinos y persiguieron hasta lograr su disolución por el papa Clemente XIV en 1773. Los reyes del despotismo ilustrado, en realidad, tenían como modelo a Luis XIV más que a los teorizantes de la Ilustración, a los que agasajaban y manipulaban. Su ambigüedad consistía en cantar la libertad y el progreso, a la vez que aumentaban su poder absoluto [17]; la influencia de los filósofos no contribuyó a la liberalización del régimen absolutista, sino a reforzarlo por haber dotado al Estado de una organización más racional.

En España parecía que la llegada de los Borbones supondría la instauración del despotismo ilustrado en nuestro país, que debería producir reformas y cambios decisivos respecto a la situación de agotamiento político, crisis económica y rigidez en las mentalidades y conocimientos. La realidad, sin embargo, no fue así. Rodríguez Casado, buen conocedor de la Edad Moderna española, en un párrafo lleno de contenidos explica el carácter de la política ilustrada de Carlos III, el rey Borbón español más importante y representativo en este siglo:

> Si, como muy bien dice Palacio Atard, el Monarca del despotismo ilustrado está lleno de la filosofía de la Ilustración, y al sentir paternalmente las quejas de todos, actúa despóticamente para mejorar las condiciones de sus súbditos, hay que declarar sin rodeos que en España no hay despotismo ilustrado. Es decir, que Carlos III acepta y pone en práctica unas ideas económicas acomodándolas a las circuns-

[17] Véase un significativo ejemplo. Es de todos sabido que el rey de Prusia, Federico II de Hohenzollern, protegió, hospedó y sentó a su propia mesa a Voltaire en su palacio real, pareciendo acoger de buen grado las doctrinas antiabsolutistas que los franceses rechazaban; sin embargo, acerca del filósofo francés había dicho: «Hay que exprimir la naranja y tirar la cáscara». Además, todos los tratadistas recuerdan sus medidas favoreciendo la agricultura (a él se debe la masiva siembra de patatas en Prusia); pero pocos saben que tales medidas no se debían a un amor por la fisiocracia, sino a que la corona poseía un tercio del suelo nacional, y del mundo rural extraía las tres cuartas partes de los ingresos del Estado. Los déspotas ilustrados no eran filántropos: para llevar adelante sus reformas se apoyaban en la aristocracia a costa del tercer estado. Por eso, la causa del fracaso de José II de Austria fue su deseo de devolver a cada uno de sus súbditos las posesión de sus derechos naturales.

> tancias propias de su país; que procura alentar la investigación científica convirtiéndola en servidora de la agricultura y la industria; que coincide con Feijoo al preocuparle las reformas universitarias... Pero junto a esto le interesa —de modo fundamental— el espíritu moral y religioso de su pueblo; lucha contra el jansenismo; da ejemplos claros de piedad sólida, extendiendo en lo que puede el culto a la Virgen María (la Inmaculada, Patrona de España) en una época en que la filosofía de la Ilustración en los países católicos europeos presentaba la Mariología como una superstición, los jansenistas la Salve como un tejido de errores y necedades, y aún de los breviarios y misales se suprimían las más bellas invocaciones con que las generaciones cristianas habían mostrado su confianza en la madre de Dios [18].

Así pues, aunque los libros de historia definen erróneamente al régimen borbónico en España como despotismo ilustrado, no deja de ser cierto que ese régimen se acercó —en líneas generales— al régimen vigente en Francia y en otros Estados del oeste y sur de Europa, y que sigue siendo válida para España la vieja fórmula de ese régimen: «Todo para el pueblo y por el pueblo, pero sin el pueblo». Por todo ello, es necesario tener en cuenta estos extremos para mejor entender la situación de la ciencia y la política científica en la España del siglo XVIII. A este respecto ha señalado Palacio Atard, el gran tratadista del dieciocho español, que los Borbones animaron esta crítica al pasado e impulsaron el espíritu de reformas que alentaban los ilustrados españoles; pero, a la vez, advierte Palacio que en la España del XVIII, junto a los ilustrados vivían hombres que pertenecían a la corriente del pasado, con unos problemas ya caducos y con anacrónicos modos de enfrentarlos; estos hombres lucharon —y a veces con éxito— contra los ilustrados, contra aquel modelo de «hombre económico» que, trastocando la jerarquía de valores existentes en la vida hispana, daban prioridad a la felicidad material y terrena: los ilustrados españoles fueron tratados de *extranjerizantes* por algunos moralistas [19].

Éstas son las coordenadas que, en el plano de las mentalidades e ideologías, conformaban las reformas que se plantearon en la España

[18] Vicente Rodríguez Casado, «Política interior de Carlos III», en *Simancas. Estudios de Historia Moderna*, Valladolid, C.S.I.C., 1950, vol. I, p. 127, párrafo segundo de la nota 2.

[19] Vicente Palacio Atard, *La España del siglo XVIII. El siglo de las reformas*, Madrid, U.N.E.D., 1978, pp. 18-19.

del XVIII; de todas ellas, sólo las referidas a la ciencia, la técnica y la enseñanza deben ser aquí objeto de nuestra atención. Inicialmente debe destacarse que la labor crítica de la primera parte del siglo respecto al nivel de los estudios recogería sus frutos en el reinado de Carlos III. En realidad, no se trataba sólo de reformar los planes de enseñanza, modernizándolos con disciplinas nuevas y una pedagogía más eficaz —como señalara Feijoo—, sino que también se intentaba someter las universidades al control directo del gobierno. Palacio recuerda un hecho clave: cuando en 1770 el bachiller Ochoa defendió su tesis doctoral, en la que contradecía algunas regalías o derechos de la corona, el Consejo de Castilla ordenó reprender a los doctores que habían aprobado aquellas conclusiones, así como castigar a Ochoa y a las autoridades académicas que consintieron aquel acto [20]. Desde entonces se prohibió sostener tesis en las que se discutiese la potestad regia y las regalías de la corona: para asegurar esta medida se designó en cada universidad un censor real. Evidentemente, esta medida no afectaba directamente a la ciencia ni a la política científica del gobierno, pero sí mostraba un espíritu regalista, autoritario y conservador, poco acorde con la libertad de planteamientos, que es la esencia misma del sistema científico.

La situación de las universidades españolas, tanto peninsulares como americanas, al empezar el siglo era bastante negativa en general. Tal estado era la herencia de finales del siglo anterior, pero no se hallaba muy lejos de la situación general de las universidades europeas tomadas en conjunto. Esta circunstancia fue ya entonces advertida por la Administración española y por los reformistas ilustrados, que quisieron reformarla introduciendo estudios avanzados y aplicados; pero sus intentos chocaron con los privilegios de las universidades. Éstas, en general, formaban teólogos (para el servicio de la Iglesia), jurisconsultos (para el del Estado) y médicos, quedando las demás áreas sin cultivo serio. Estas anómalas circunstancias se evidenciaban en las asignaturas de sus planes de estudio, en los que apenas se recogían los descubrimientos y teorías producidos en física, química y matemáticas durante el siglo XVII; de igual modo, se patentizaban en los libros de texto aprobados y recomendados que, en general, eran extranjeros y anticua-

[20] *Ibidem*, p. 111.

dos. Por eso, en una circular de 1778 dirigida a los catedráticos, se les instaba a que escribiesen manuales para que pudieran estudiarlos sus mismos discípulos.

Con todo, no debe caerse en una visión negativa y pesimista; a título de ejemplo, recordemos que la Universidad de Salamanca, en 1771 y para el estudio de la física, recomendaba la obra de Musschenbroek; éste seguía siendo el texto oficial utilizado por los universitarios franceses... ¡en 1803!, después ya de las reformas revolucionarias. Por otro lado, se ha venido creyendo que en las universidades españolas no existía una enseñanza práctica de las ciencias experimentales durante el siglo XVIII, que sólo se daría en el seno de las corporaciones o entidades científicas privadas; pero eso no es del todo exacto. Es cierto que los ilustrados intentaron potenciar las prácticas de esas ciencias, y que encontraron una sistemática oposición en las universidades y una escasez de apoyo por parte de los sectores económicos e industriales [21]; pero también es cierto que, en algunas universidades, las ciencias experimentales se enseñaban adecuada y prácticamente; así ocurría, por ejemplo, con la química y la medicina en la Universidad de Valencia, tras el plan de estudios de su rector, Vicente Blasco [22].

De todos modos, el acontecimiento que desencadenó la reforma universitaria en tiempos de Carlos III fue la expulsión de España de los jesuitas (1767), hasta entonces artífices de grandes áreas de la enseñanza en la Península y en Hispanoamérica, por no hablar de otras realizaciones suyas (por ejemplo, las famosas reducciones de indios en el Paraguay). Desde ese momento, la actividad reformista en materia de educación cobró una gran impulso; el primer fruto fue el proyecto de un nuevo plan de estudios para todas las universidades, encargado al jurista y filólogo Gregorio Mayáns y Siscar (1699-1781), quien lo presentó en 1767. Después vinieron el plan de Olavide [23] para la Univer-

[21] Rafael Huertas García-Alejo, *Orfila, saber y poder médico*, Madrid, CSIC, 1988, p. 18.

[22] A. Ten, «La ciencia experimental en la universidad española de la Ilustración: el Laboratorio químico de la Universidad de Valencia», en *Asclepio* n.º 37, 1985, pp. 287-320. También en Mariano y José Luis Peset, «El plan de estudios de 22 de diciembre de 1786 y la enseñanza universitaria en Valencia», en *Actas del III Congreso nacional de Historia de la Medicina*, Valencia, 1969.

[23] Acerca de este acertado y reformador plan de estudios, véase la obra de F. Aguilar Piñal, *Plan de estudios para la Universidad de Sevilla por Pablo Olavide*, Barcelona, Cultura Popular, 1969. En él, además del Plan de Olavide completo, hay un buen estudio introductorio del autor.

sidad de Sevilla (1768); el proyecto de Campomanes para crear en Salamanca un Real Convictorio Carolino, que habría de ser el modelo de todo colegio universitario (1769); el *Memorial por la libertad de la literatura española* de Pérez Bayer (1770), pieza clave contra los todopoderosos colegios mayores; las incitaciones, entre 1769 y 1771, del Consejo de Castilla a todas las universidades para que revisasen y modificaran sus planes de estudio; y, finalmente, la reforma misma de los colegios mayores por los decretos de 1771 y 1777.

El espíritu y objetivos de estas reformas quedaban ya reflejados en el plan de Olavide. En él se proponía un cambio radical en el concepto mismo de la universidad, producido por la aplicación de tres principios: el monopolio estatal de la enseñanza superior, la autonomía interna dentro de las normas generales dictadas por el Estado (los profesores no tenían libertad de cátedra, sino que debían explicar los textos oficiales aprobados) y las restricciones impuestas a los que quisieran ingresar en las universidades (a los clérigos y a los pobres se les prohibía cursar estudios en ellas). Aunque el plan fue aprobado por una real orden de 1769, nunca se puso en práctica. Sin embargo, es innegable que en las reformas y los adelantos que se produjeron en la España borbónica tuvieron gran influencia algunas medidas sociales y universitarias tomadas por Carlos III, que trastocaron el orden tradicional de procedencia social en los miembros de la Administración del Estado; la creación (en 1771) de la Orden de Carlos III señaló el triunfo de los manteístas (titulados universitarios procedentes de la clase media, y media-baja) sobre los colegiales (titulados procedentes de la nobleza), ya que sólo los títulos nobiliarios o la pertenencia a las órdenes militares permitían ocupar los más altos cargos en la magistratura y en los Consejos. Con ello, el rey abría a las clases medias las puertas del poder y la nobleza (*vituti et merito* es la divisa de la nueva orden), adelantándose a lo que años más tarde pediría el tercer estado en la vecina Francia.

Con estos fundamentos, no es de extrañar que el cultivo de las ciencias recibiera un nuevo impulso en España, consiguiendo sacarla de la extraña situación existente desde finales del siglo anterior. En este sentido, ha destacado Vernet [24] que en España había una actitud nega-

[24] Vernet, *op. cit.*, p. 133 y ss.

tiva al iniciarse este siglo, en el que iba a surgir uno de los más arraigados (incluso entre los propios españoles) elementos de nuestra *leyenda negra* hispana: la ya famosa polémica de la ciencia española [25]. A principios del siglo XVIII, en nuestro país se pensaba que ya estaban realizados los grandes descubrimientos, y que poco se podía hacer en el futuro como no fuera repetir o reiterar lo ya descubierto o realizado. Como exponentes de esta falta de ciencia en España, Vernet recuerda varios hechos significativos; el primero es que —en 1723— Juan Farreras, bibliotecario mayor del rey, se opuso a que sus funcionarios hiciesen reseñas de los libros publicados en España para enviarlas a periódicos franceses, aduciendo que esta divulgación era inútil porque en ellas no se encontraba ningún descubrimiento nuevo, que era lo que buscaban reseñar los padres jesuitas que editaban el *Journal de Trévoux* (y las *Mémoires*), de gran impotancia en su tiempo [26]. El segundo es que Linneo pensaba algo similar de sus colegas botánicos de España, lo cual fue rebatido por José Quer y Martínez (1695-1764), quien de este modo vino a ser el primer apologista de la ciencia española. Por último, la idea de la decadencia científica hispana culminaría en aquel desafortunado artículo de la *Encyclopédie méthodique* (1782), titulado «España», en el que Nicolás Masson de Morvilliers dijo que la ciencia nada debía a España; con eso desató una polémica que ha durado hasta la llegada de nuestro siglo.

[25] En este punto, además del mencionado libro de Vernet Ginés, hay obras de indudable interés: M. de la Pinta Llorente, *Notas eruditas en torno al proceso de la decadencia intelectual en la España del siglo XVIII*, 1965, pp.373-382; L. S. Granjel, *Panorama de la ciencia española del siglo XVIII*, en C.H.M.E. n.° 5, 1966, pp.13-26; Ernesto y Enrique García Camarero, *La polémica de la ciencia española*, Madrid, Alianza, 1970. La versión contraeuropeizante, está expuesta por el catedrático de química, Juan Fages y Virgili en su discurso de recepción en la Real Academia, sobre *Los químicos de Vergara y sus obras*, Madrid, 1909, y fue reiterada por José Rodríguez Carracido en su discurso de contestación. Ambas están recogidas en las pp. 115-118 del libro de Antonio Moreno González, *Una ciencia en cuarentena. La física académica en España (1750-1900)*, Madrid, C.S.I.C., 1988.

[26] Si bien es cierto que las obras de Voltaire y los *philosophes* han tenido más transcendencia, Alfred Cobban ha señalado que no es menos cierto que, en su época, el *Journal de Trévoux* de los jesuitas, el *Année Littéraire* de Fréron (el gran enemigo de Voltaire), y la literatura antifilosófica de escritores como Palissot ocupaban un lugar muy influyente en el pensamiento y la literatura francesas de su época. Véase su artículo «La Ilustración», en el tomo VII de la *Historia del mundo moderno*, de la Universidad de Cambridge, editada en España, en Barcelona, Sopena, 1978, p. 77.

Pero no es exacto lo que subyace en todas estas apreciaciones; es sabido que los españoles somos los más duros críticos con nosotros mismos [27] y con nuestras actuaciones, lo cual se traduce en calificar demasiado severamente nuestras propias realizaciones, en tratarlas con menosprecio y cierto desdén, y en creer verdaderos los juicios de valor negativos, formulados sin haber examinado comparativamente esas realizaciones ni haberlas paciente y exhaustivamente contrastado. En este tema, el juicio de Vernet es tan duro que parece una virtual descalifi-

[27] Aunque el párrafo citado se presta a la polémica, nos referimos en él a una actitud española muy propia de nuestra forma de actuar y pensar: a la acerba y durísima crítica que nos hacemos a nosotros mismos y a nuestras realizaciones y obras, menospreciando lo español y ensalzando lo extranjero. Esta actitud, sabida y conocida en el plano interno, es —sin embargo, y para confusión de los no españoles— distinta y diferente a la utilizada en el plano externo: en una discusión con un extraño, los españoles solemos defender lo nuestro como si fuera lo mejor o insuperable, aunque en nuestro fuero interno lo consideremos negativo o lo hayamos criticado antes; es una doble cara, hacia dentro o hacia fuera. Este menosprecio de lo nuestro parece ser un atavismo oriental, herencia quizá de la cultura arábigo-andalusí; por otro lado, el discutir sin «dar el brazo a torcer» es también en España conocido desde antiguo, pues de él se hicieron eco algunos de nuestros escritores del Siglo de Oro, cuando aconsejaban:

Procure siempre acertalla
el honrado y principal;
pero, si la acierta mal,
defendella, ¡no enmendalla!.

Por el contrario, la imagen que los extranjeros tienen de nosotros es que somos gentes orgullosas y soberbias, que creen que todo lo suyo es lo mejor y lo único válido. En realidad, nuestro nacional complejo de inferioridad (actitud interna) nos lleva a adoptar como mecanismo de defensa esta actitud soberbia de exaltación de lo nuestro (actitud externa). La realidad es que solemos juzgar lo español como poco valioso, creyendo que sólo es positivo e interesante lo que hacen «los otros», los extranjeros. Esta actitud despectiva hacia lo nacional es la consecuencia del trauma nacional que sufrió España en 1898 (el «desastre del 98», la pérdida de la guerra con los EE.UU.) que, a través del regeneracionismo, caló hondamente en nuestra conciencia nacional: ya entonces decían los periodistas que «la nación de la filosofía, la retórica y la gramática había sido vencida por la de la física, la química y la industria», produciendo más un desánimo que un estímulo, lo que llevó a actitudes negativas, como el irónico «¡Que inventen ellos!» de Unamuno, o los versos llenos de amor y tristeza de Antonio Machado: «Castilla miserable,/ ayer dominadora,/ envuelta en sus harapos/ desprecia cuanto ignora...» La actual cultura de masas, y los medios de comunicación, que están rompiendo los tipismos y las particularidades nacionales, han hecho que los españoles nos vayamos dando cuenta —por fin— de que somos similares en todo al resto de los pueblos europeos, con sus glorias y sus miserias que, en líneas generales, vienen a ser iguales para todos.

cación de la labor científica española en el siglo XVIII; por el contrario, ése fue precisamente el siglo de las más grandes e interesantes expediciones científicas españolas a la América Hispana, de transcendencia sobradamente reconocida por toda Europa, y cuya modélica realización (dentro de las posibilidades de la época) y noticias despertaron tal interés en los naturalistas que serían después imitadas minuciosamente por Humboldt y Darwin.

En segundo lugar, esa extraña situación de decaimiento en las ciencias, a medio camino entre el descanso ralentizado y la sensación de que se ha llegado a una meta anhelada desde siglos atrás, no es un fenómeno español, sino de toda Europa. A este respecto, recuérdese que un autor tan crítico como John Bernal ha destacado que la misma Inglaterra se encontraba en una situación idéntica, como ha quedado reflejado en el primer párrafo del segundo epígrafe de este capítulo; precisamente por eso, los adelantos industriales británicos fueron producidos por los hábiles artesanos que crearon sus máquinas (como también quedó dicho en el tercer epígrafe), no por los científicos y teóricos de sus instituciones, pues tanto las universidades como la Royal Society se hallaban en franca decadencia, como ya señalara Bernal. Y esto mismo es lo que ocurría en Francia y en las demás naciones europeas.

Finalmente, es sabido que las universidades españolas seguían manteniendo un nivel teorizante y decadente en general, exactamente igual que las de toda Europa, salvo las holandesas y escocesas; también es cierto que el control de la corona y de la Iglesia sobre ellas era fuerte. Pero no conviene tampoco exagerar estos factores, creyendo que la decadencia científica era un problema sólo de España, producido por la influencia de una Inquisición oscurantista que impedía cualquier avance o experimento. En este punto, el mismo Vernet trae oportunamente a colación un ejemplo muy significativo: Mateo José Orfila y Rotger (1787-1853), famoso médico y químico español que se nacionalizó francés en 1819, y que llegaría a catedrático de química en la Sorbona y decano en su Facultad de Medicina, así como a presidente del Colegio de médicos, relataba que en su juventud (1805) había ganado en la Universidad de Valencia un certamen público sobre geología; alguien denunció a la Inquisición las ideas sobre la antigüedad del mundo expuestas por él, por lo que fue llevado a declarar ante el inquisidor Nicolás Laso. El mismo Orfila relataba así aquella entrevista:

> Me encontré delante de un sacerdote de unos cincuenta años, de buena planta, de aspecto majestuoso, de maneras nobles y distinguidas. Pronto me di cuenta de que sus conocimientos y su espíritu le colocaban en primera fila de los hombres de la Ilustración. «Ayer por la tarde —me dijo— tuvisteis un gran éxito que aplaudo, tanto más cuanto que aprecio a la juventud estudiosa y procuro estimularla con todos los medios de que dispongo. ¿Quién sois? ¿De dónde venís? ¿Qué queréis hacer?». De repente, sus palabras amistosas desvanecieron el miedo que tenía y me cohibía ante una conversación que podía tener consecuencias desagradables para mí. Le contesté respetuosamente, procurando demostrar que no estaba intimidado. Me preguntó: «¿Es verdad que en la sesión de ayer por la noche, cuando se os preguntó, dejasteis entrever, siguiendo los conocimientos físicos y geológicos que habéis aprendido en los libros franceses, que el mundo es más antiguo de lo que se ha creído hasta ahora, y que al mismo tiempo dejasteis traslucir que vuestras opiniones sobre la creación de tantas maravillas no son completamente ortodoxas? Decidme la verdad». Mi contestación fue clara, de modo que quedara satisfecho. Entonces se levantó y me invitó a entrar en su hermosa biblioteca, señalándome, entre otros libros, las obras completas de Voltaire, de Rousseau, de Helvetius y de otros autores modernos. Para terminar me dijo: «Marchaos, joven; continuad tranquilamente vuestros estudios y no olvidéis desde ahora que la Inquisición de nuestro país no es tan rencorosa como se dice ni se preocupa tanto en perseguir como dice la gente» [28].

En consecuencia, deben rechazarse las actitudes negativas y descalificadoras para la ciencia española en el siglo XVIII, aunque deba admitirse que el estancamiento científico era una situación generalizada en toda Europa a principios del siglo XVIII, por lo que el afán refor-

[28] Esta anécdota, con idénticos contenidos, aparece en varias obras: así en la de J. Sureda Blanes sobre Orfila, en la de M. Rubio y Bellvé titulada *Orfila y el crimen Lafarge. Notas relativas a este célebre proceso, precedidas de la biografía del insigne Dr. Mateo Orfila, hijo preclaro de Mahón*, editada en Mahón en 1892, y en una conferencia que el famoso doctor Luis Simarro pronunciara en el Ateneo de Madrid, *La España del siglo XIX. Colección de conferencias históricas*, Madrid, 1887. En ésta, contenida en las pp. 521-560, se dice con cierto infantilismo e ingenuidad que, como despedida, el inquisidor Laso le dijo: «Han delatado a usted, pero usted me ha convencido: vaya con Dios y sea el honor de España, y sepa que el Santo Oficio no es tan bárbaro como cuentan». Respecto a Orfila, el lector puede consultar la obra de Rafael Huertas García-Alejo antes citada.

mista de los Borbones y los ilustrados españoles también se ocupó de este ámbito, creando los elementos institucionales adecuados a tal fin. De este modo, se esforzaron en mejorar y poner al día los conocimientos científicos en España (objetivo primario de su política), para lo cual era necesario reformar las universidades (consecuencia lógica, pero objetivo secundario por las dificultades que presentaba). Estas reformas se vieron favorecidas por la decidida política de la Administración española en estos aspectos, así como por el continuo contacto con los científicos del resto de Europa. Entre las medidas de esa política debe destacarse la creación por Felipe V (1718) de becas para que los españoles pudiesen estudiar en el extranjero; sin embargo, estos viajes serían infructuosos; al volver, aquellos jóvenes no aplicaban prácticamente sus conocimientos, y la mayoría de las veces se convertían sólo en diletantes y «eruditos a la violeta», como los llamaba en su obra el militar y escritor José Cadalso. Pero estas becas rompieron el aislamiento estudiantil impuesto dos siglos atrás por Felipe II.

Otro sistema, que acabó resultando más eficaz a corto plazo, pero que no dejó consecuencias de interés para España, fue contratar y traer científicos y expertos extranjeros a España, para enseñar sus ciencias o sus artes a los españoles. Todos conocen el establecimiento de campesinos alemanes en Jaén, en unas colonias que tenían como capital a La Carolina (nombre en honor de Carlos III); pero muchos ignoran que algo similar se hizo en los ámbitos científicos; así fue como vinieron a España los naturalistas William Bowles, Peter Loefling, Joseph Dombey, el químico Joseph-Louis Proust, y otros más. Hubo, también, otros científicos, como Louis Godin, que fueron contratados o enviados a universidades e instituciones españolas en América. Respecto a esta política científica de los Borbones, Herrgen, uno de aquellos extranjeros, escribía en una carta una muy interesante apreciación:

> Jamás podrá hacerse idea de este desgraciado país. Las sumas enormes que España gasta en fomentar la ciencia no se aplican en ningún lugar del mundo a estos fines. Pero, a pesar de tanto gasto, no se ha progresado nada por ahora: falta una dirección competente, y faltan conocimientos en la cabeza de aquellos que tienen entre manos este asunto.

El segundo factor favorable a las reformas estribaba en la disminución del rigor en la censura. Por un lado, se concedían generosa-

mente permisos para leer las obras prohibidas (que, generalmente, eran filosóficas y teológicas) incluidas en el *Índice*; el de 1747 lo confeccionaron los jesuitas contra los jansenistas, mientras que el de 1790 lo hicieron los ilustrados contra los folletos revolucionarios franceses. Por otro, las obras de Newton, Clairaut, D'Alembert y Euler se podían adquirir con relativa facilidad. El número de traducciones aumentó extraordinariamente en España; Buffon, Musschenbroek, Nollet, Linneo, etc. Si a esto se le añade la prohibición de representar los «autos sacramentales», tan significativos en los siglos anteriores, se comprenderá hasta qué punto había cambiado la ideología y mentalidad de los grupos ilustrados dirigentes. En este mismo sentido, el relato anterior de Orfila muestra que la Inquisición ya no era un peligro para los hombres de ciencia, pues continuaba dirigiendo su vigilante rigor hacia los conversos judaizantes. En realidad, la Inquisición había sido en el pasado un instrumento religioso más al servicio de los reyes que de la Iglesia; ahora, en el siglo XVIII, la monarquía absoluta no necesita del Tribunal del Santo Oficio; la maquinaria del gobierno borbónico actúa con mayor poder, y la Inquisición empieza a declinar y deja de ser peligrosa... excepto al final del siglo, en los años de reacción contra la revolución que amenaza desde la Francia regicida y republicana.

De este modo nació una nueva época de cierto esplendor en la ciencia española, que duraría hasta principios del siglo siguiente en el que, desdichadamente, quedaría truncada por los avatares políticos, así como por la quiebra económica producida tras la independencia de la América española. Erróneamente podría pensarse que a ese esplendor contribuyó la fundación de nuevas universidades, tanto en España (la de Cervera en 1717, al suprimirse la de Barcelona, y la de Santiago de Compostela en 1771) como en los territorios extrapeninsulares (las de Caracas, en 1721, y La Habana, en 1728). Pero las universidades, en general, no contribuyeron a este nuevo esplendor; en ellas todavía persistía el latín como lengua docente (lo que también ocurría en muchas universidades europeas) y el absentismo frecuente de bastantes profesores, y las cátedras se repartían irregularmente (debido a la manipulación y control de los colegios mayores), con lo que el nivel científico se mantuvo pobre y excesivamente teorizante. Ya en las primeras décadas del siglo vieron los reyes que las universidades se mostraban reacias a cambios y reformas; por ello se aprestaron a realizar una doble labor: por un lado, intentar conquistarlas y dominarlas para imponerles

sus medidas y reformas; por otro, fundar otras instituciones paralelas donde fuese más eficaz el dominio del rey y sus ministros ilustrados.

Estas nuevas entidades se convirtieron en centros de difusión de la cultura y las ciencias, en donde se impartía matemáticas, física aplicada y otras ciencias de interés público. Así fueron surgiendo la Biblioteca Real (1711), nutrida con ejemplares de los libros que se editaban en España; el Real Seminario de Nobles (1725), dedicado a proporcionar una educación científica a los miembros de la nobleza, dirigido por los jesuitas y, tras su expulsión, por Jorge Juan; este seminario sería el modelo de otros varios que se crearían en toda España a lo largo del siglo; las Academias de Artillería de Barcelona (1736-1760) y de Guardiamarinas de Cádiz (1717-1748), en las que se impartía una enseñanza moderna de matemáticas, aunque algo pobre aún: ambas serían suprimidas y refundidas al crearse en 1763 la Academia de Artillería de Segovia, en la que funcionaba un laboratorio de química, cuya dirección encomendó Carlos III al francés Joseph-Louis Proust; los Reales Colegios de Cirugía de Cádiz (1748), Barcelona (1760) y Madrid (1787); el Real Gabinete de Historia Natural (1753), con las colecciones de Pedro Franco Dávila, y, finalmente, los Reales Estudios de San Isidro (1767), para paliar en aquel mismo centro la desaparición del Colegio Imperial de los jesuitas expulsados, y donde se crearía (1770) también una biblioteca a la que se concedió el mismo privilegio que a la Biblioteca Real: recibir un ejemplar de todos los que se publicasen en España.

Al margen de estas instituciones oficiales, hubo otras de índole particular, pero que por su utilitarismo o deseo de aprovechar la ciencia para aplicarla a la creación de riqueza, prestaron grandes servicios a la ciencia y a su difusión en determinados círculos de España. Entre ellas se destacaron algunas como la Regia Sociedad de Medicina y Ciencia, de Sevilla (1700), que impartió enseñanzas prácticas de todas las ciencias (llegando a crear un Jardín Botánico en Sevilla, en 1776), y otras muchas de gran transcendencia, como la Real Junta de Comercio de Barcelona (1763).

Entre estos organismos privados, fueron singularmente importantes las famosas Sociedades Económicas de Amigos del País, cuya fundación se publicaba en *La Gaceta de Madrid* (hoy, Boletín Oficial del Estado) y entre cuyas actividades culturales y científicas estaba el cultivo de las ciencias. Como ejemplo de ello, recuérdese que en el labo-

ratorio de la Sociedad Vascongada (1765, la primera de todas), los químicos Juan J. Elhúyar de Suvisa (1754-1804) y su hermano Fausto (1755-1833) lograron obtener el wolframio (cuya existencia era conocida por sus maestros suecos Scheele y Bergman, que no habían podido obtenerlo); para ello, hubieron de conseguir unas temperaturas tan altas que no podían alcanzarlas muchos laboratorios de Europa [29]. Vernet ha señalado que el coste de estas instituciones debió ser enorme, ya que habían sido montadas muy adecuadamente, y no tenían nada que envidiar a las extranjeras; los científicos europeos que las visitaron se hacían lenguas de ellas. Pero los esfuerzos no obtuvieron el fruto que cabría esperar: los fallos de una Administración pública anquilosada y rutinaria, poco dispuesta a las novedades, así como el retraso del Estado en sus pagos, dieron al traste con tantos esfuerzos y esperanzas.

Ciencia y tecnología en España

Las matemáticas mantuvieron su decadencia en España, a pesar de que seguían formando parte del plan de estudios del Colegio Imperial de los jesuitas y del Seminario de Nobles. Estos centros recibían una enseñanza normal, adecuada a las necesidades del momento, pero sus profesores no eran matemáticos de gran valía, y no hicieron aportaciones extraordinarias o descubrimientos novedosos. Mayor influjo tuvo, sin embargo, el hecho de que Francia enviase, en 1735, una expedición científica a Quito, para medir la extensión o longitud de un grado del meridiano en la zona ecuatorial. Por orden de Felipe V, formaron parte de ella los españoles Jorge Juan y Santacilia (1713-1773) y Antonio de Ulloa y de la Torre-Bernardi (1716-1795), guardiamarinas de la Academia de Cádiz; su participación mostró las carencias científicas que tenían los españoles en comparación con aquellas grandes figuras de la Académie des Sciences de París, y produjo un espíritu de emulación y reformas.

No obstante, ya habían cristalizado anteriormente en España algunas reacciones positivas; José Patiño había conseguido que en 1717

[29] Vernet, *op. cit.*, p. 149.

se inaugurase en Cádiz la Academia de la Real Compañía de Caballeros Guardiamarinas, pretendiendo mejorar con ella la preparación náutica y matemática de los marinos españoles. Años después, y a iniciativa particular, surgió una «Conferencia Físico-Matemática Experimental» en Barcelona, que en 1764 se transformaría en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Parece, pues, que la renovación en este ámbito se produjo en el seno de las nuevas instituciones pedagógicas, a través de las que se difundían por España los avances conseguidos en toda Europa. Así ocurrió, por ejemplo, con el cálculo infinitesimal, conocido y enseñado en España en el Seminario de Nobles, y utilizado sistemáticamente por Jorge Juan, director de aquél al ser expulsados los jesuitas que lo regían. Con todo, su más decidido cultivador y divulgador fue Benito Bails (1730-1797), autor de *Elementos de matemáticas* (1772) en el que estudiaron los matemáticos españoles de finales de siglo. A su vez, el cálculo diferencial (las llamadas «matemáticas sublimes») tuvo como primer tratadista en España a José Chaix (1766-1811). Matemáticos de primera fila fueron, también, Agustín de Pedrayes Fayo (1744-1815), profesor en la Real Casa de Caballeros Pajes, y Gabriel Císcar y Císcar (1760-1829), que sería enviado por el gobierno español a las reuniones previas al establecimiento del sistema métrico decimal.

En astronomía, el heliocentrismo estaba ya aceptado en general y contaba con prestigiosos defensores. Como el europeo, el público español seguía interesándose por los fenómenos celestes. Por ello, mantuvieron su importancia aquellos almanaques que predecían, entre otras cosas, los eclipses, el paso de cometas, los cuartos de Luna, etc.; entre ellos destacaron los de Diego de Torres Villarroel (1693-1770), catedrático de matemáticas en Salamanca, pero más conocido como astrólogo, y los del jesuita José Cassani (1673-1750), quien en su *Tratado de los cometas* (1737) hizo un inventario de ellos y de sus fechas de aparición. Sin embargo, como ha señalado Vernet, la incorporación de España a la astronomía moderna es consecuencia de su colaboración con Francia en la mencionada expedición (1735-1744) a Quito; como consecuencia de ella, Antonio de Ulloa y Jorge Juan escribieron unas *Observaciones astronómicas y físicas* [30], en las que demostraban conocer el cálculo infi-

[30] A las *Observaciones astronómicas y phísicas hechas de orden de S. Magestad en los Reynos del Perú por D. Jorge Juan... y D. Antonio de Ulloa... de las quales se deduce la figura*

nitesimal y la aberración de la luz (descubierta por Bradley en 1726). Editada esta obra por la corona española, con todo el lujo y adelantos de la época, se anticipó incluso a los franceses, que apenas habían editado unos opúsculos de escasa difusión, a pesar de que el mérito era suyo y de que los dos españoles habían aprendido de ellos [31].

Esa incorporación se evidencia en el papel desempeñado por España en dos grandes trabajos astronómicos y geodésicos que realizaron los europeos de finales de siglo. El primero de ellos fue la observación del tránsito de los planetas Mercurio y Venus delante del Sol. El paso de Venus de 1761 fue estudiado en Madrid por el jesuita austríaco Christian Rieger (1714-1780), profesor del Colegio Imperial; a su vez, el de 1769 fue observado por J. Chappe d'Auteroche en la española California, durante una expedición de la que formaron parte Joaquín Velázquez y Cárdenas de León (1732-1786), Salvador de Medina y Vicente Doz; también lo fue por José Antonio Alzate y Ramírez (1738-1799) desde Méjico, y por Vicente Tofiño de San Miguel (1732-1795) en su observatorio de Cádiz. Estas últimas fueron sintetizadas por José Joaquín Ferrer y Cafranga (1763-1818), cuyos resultados coincidían tanto con los obtenidos por Laplace que éste los resaltaría públicamente años más tarde. Por su parte, el paso de Mercurio era ya conocido por Averroes y observado científicamente desde el siglo anterior; en el XVIII, el paso de 1789 fue observado y estudiado desde Montevideo por los marinos Alejandro Malaspina (1754-1810) y Dionisio Alcalá Galiano (1762-1805).

La segunda de aquellas magnas empresas fue la prolongación del meridiano de París, fruto del interés de la revolucionaria Asamblea Na-

y magnitud de la Tierra y se aplica a la navegación, 1749, hay que añadir la *Relación histórica del viage a la América meridional hecho de orden de S. Magestad para medir algunos grados de meridiano terrestre, y venir por ellos en conocimiento de la verdadera figura y magnitud de la Tierra, con otras varias observaciones astronómicas y phísicas*, 1748, la *Disertación histórica y geográfica sobre el Meridiano de Demarcación entre los dominios de España y Portugal...*, 1749, la *Carta del Mar del Sur* y las *Noticias secretas de América* (inédita hasta 1826), lo que arroja en total la cifra de casi nueve volúmenes firmados conjuntamente por ambos autores. Estas obras no sólo sirvieron para engrandecer la importancia (y contribución) de los trabajos de los dos representantes españoles en aquella importante expedición, sino que también sirvieron de revulsivo para renovar las imprentas españolas, languidecidas desde principios del siglo anterior. Véase Lafuente, Mazuecos, *Los caballeros del punto fijo...*, pp. 221-222.

[31] *Ibidem*, pp. 224-225.

cional Constituyente hacia el proyecto de la Académie des Sciénces sobre el logro de un sistema universal de pesas y medidas. Partiendo de las medidas de Bourger y La Condamine sobre el meridiano de Dunkerque a Colliure [32], se verificaron las de D.Cassini, y se encargó a Jean B. Delambre y a Méchain (1744-1804) que las prolongaran hasta Barcelona, lo que se realizó entre 1792 y 1798. El gobierno español encargó a cuatro militares (un capitán de ingenieros, dos tenientes de navío y un alférez de navío) que ayudasen a Méchain; también tomó parte en las mediciones el matemático valenciano José Chaix. La prolongación posterior, desde 1803 a 1809, de la medida y trazado del meridiano hasta la isla balear de Formentera favoreció las relaciones de algunos españoles, como el médico Francisco Salvá y Campillo (1751-1828), el botánico Antonio Martí i Franqués (1750-1832) y el geodesta Agustín Canellas y Carreras (1765-1818), con Méchain y —tras su muerte— con Jean-Baptiste Biot (1774-1862), astrónomo y matemático, y Dominique-François Arago (1786-1853), físico y astrónomo que había descubierto la rotación de la polarización magnética. En aquella segunda etapa, con Biot y Arago colaboró el matemático José Rodríguez y González (1770-1824); de él se sabe que, tras revisar los cálculos que el coronel Lambton realizara en la India, encontró los suficientes errores como para obligar a J. B. Delambre a modificar las medidas de los diámetros ecuatorial y polar de la Tierra. Con toda razon afirma Vernet que estos trabajos contribuyeron a la formación de los primeros geodestas españoles y, a la vez, cubrieron la Península con la primera red de triangulación europea.

Al quedar equiparada al resto de Europa, pudo España contar con astrónomos bien formados y con aptitud para la investigación. Así surgieron los primeros observatorios astronómicos, a los que se dotó de instrumentos adecuados y modernos: el del Colegio Imperial, en Madrid, fundado a instancias del padre Rábago, confesor de Fernando VI; el de Cádiz (1754), dirigido por L. Godin, en el que los guardiamarinas hacían sus prácticas hasta que fue trasladado a San Fernando (1798); el de Madrid (1790), cuyo primer edificio proyectó y construyó Juan de

[32] El grabado con la triangulación utilizada para la medida de dicho meridiano, cuyo original está en la Bibliothèque National de París, ha sido reproducido en la página 41 de la obra citada de Lafuente y Mazuecos.

Villanueva, el arquitecto del Museo del Prado y del Palacio Real de Madrid; y, cerrando esta etapa, el del Ferrol en 1806. En otras áreas, conviene recordar que Tomás Vilanova y Muñoz escribía en 1785 sobre Urano, recién descubierto por Herschel en 1781, y que en España se estudiaron las auroras boreales de 1768 y 1787 tanto como las observaciones de Ulloa sobre las auroras australes. El público culto no estaba ajeno a estas cuestiones, como ocurre en cambio en nuestro tiempo actual, pues los escritos y libros de divulgación de la época estaban puestos al día; en el *Almanaque náutico* de 1792 aparecen ya las coordenadas de Urano, y tanto *Discursos de astronomía* (1761) de Carlos Lemaur, coronel de ingenieros, como el *Viaje estático al mundo planetario* (1793) del jesuita Lorenzo Hervás y Panduro muestran una buena y modernizada información. El mismo Jovellanos, en su época de alcalde de corte, se preocupó por editar en España las obras de Herschell y Lalande; éste era muy aceptado desde que recogiera en algunas obras las observaciones de Tofiño y de otros autores españoles.

A su vez, la náutica había decaído desde mediados del siglo anterior; pero pronto cambiaría tal circunstancia, ya que en 1681 se fundaba en Sevilla el Real Colegio de San Telmo para enseñar a niños huérfanos y desamparados las artes y ciencias de marinería, pilotaje y artillería. A su vez, esta ciencia volvió a resurgir en la Península con un buen nivel, del cual son exponentes los atlas marítimos y los tratados sobre los diversos procedimientos de cálculo aplicables a la navegación; entre sus autores destaquemos a Miguel Archer, José González Cabrera, Gabriel Císcar y Císcar, José de Luyando, José de Vargas Ponce, e incluso a Isidoro Antillón; sin embargo, por encima de todos destaca singularmente Vicente Tofiño, cuya obra es el punto de partida de la cartografía española moderna.

La física verá durante este siglo surgir nuevas ramas. En España, esta disciplina era considerada como una preparación para el estudio de la medicina, pero la llegada de las teorías de Newton trocó este panorama. La física newtoniana fue divulgada por Antonio Jimeno y Pujades (1729-1808), profesor de matemáticas en la Academia de Artillería segoviana y autor del *De studiis philosophicis et mathematicis* (1789), y por José Viera y Clavijo (1738-1813), quien a su regreso de París fue contratado como profesor del gabinete de física del Marqués de Santa Cruz. Fue luego introducida en el plan de estudios de las universidades españolas por el conde de Aranda; como ciencia experimental debía

ser estudiada con máquinas, por lo que inicialmente éstas se importaron de Holanda, Francia e Inglaterra, pero luego dieron origen a una nueva artesanía (en la que destacaron el vidriero José Valls y el tornero Juan González Figueras) de construcción de aparatos científicos (termómetros, barómetros, microscopios, higrómetros, máquinas neumáticas e hidrostáticas, cámaras oscuras, etc.) que acabaron resultando bastante más baratos y —además— mejores que los importados hasta entonces [33].

La química se hallaba aún, como en el resto de Europa, en manos de farmacéuticos y médicos... cuando no en las de trasnochados alquimistas que todavía buscaban hallar la piedra filosofal o el agua de la vida y la eterna juventud; la magistral obra de Goethe evidencia que ésta era, ¡en pleno siglo de las luces!, una creencia muy popular y extendida por toda Europa. Los esfuerzos del gobierno y de varias sociedades particulares, que contrataron químicos franceses o enviaron a jóvenes españoles como pensionados (becarios) al extranjero, consiguieron mejorar en nuestro país esta ciencia. Pero, en general, dieron escasos frutos, y nuestra química no progresó adecuadamente. Sólo destacaron, además de los contratados Chavaneau y Proust, Juan de Cabriada (†1714), que introdujo la yatroquímica o aplicación de la química a la medicina, tal como estableciera Paracelso; Félix Palacios Baya (1678-1737), traductor en 1721 del libro de N. Lémery y autor de un procedimiento de obtención del fósforo; a su vez, Valentin Foronda (1752-1822) trabajó sobre la obtención del platino; Pedro Gutiérrez Bueno (†1822), catedrático en el Museo de Historia Natural y director de su laboratorio químico; Diego de Larrañaga y Arrambarri (†1815), que estudió en Freiberg (Sajonia) y Hungría, e introduciría en Almadén, a principios del siglo siguiente, el sistema de extracción de mercurio que Leithner había descubierto en 1787.

No obstante, por encima de todos descollaron Mateo J. Orfila y Rotger (1787-1853), médico, químico, y estudioso de los venenos, que en 1814 creó la toxicología... ¡en París!, así como los hermanos Juan José (1754-1796) y Fausto (1755-1833) de Elhúyar, formados por Wer-

[33] Una visión actualizada, y seriamente contrastada, de la situación de la física en el siglo XVIII la ofrece Antonio Moreno González, *Una ciencia en cuarentena. La física académica en España (1750-1900)*, Madrid, C.S.I.C., 1988.

ner en la Escuela de minas de Freiberg, en Sajonia (Alemania), y descubridores en 1783 del procedimiento de obtención del wolframio; Fausto sería enviado por el gobierno español a Hungría para aprender el sistema de amalgamación de metales preciosos inventado por Ignaz von Born, y aplicarlo luego en los beneficios españoles de América. Antonio Martí i Franqués (1750-1832) se dedicaba a finales de siglo al estudio de la química de los gases —área preferida por los químicos del XVIII—, tomando así parte en los mencionados estudios y polémica de Lomonosov y Boyle, y en la controversia entre los defensores del flogisto de Stahl y los seguidores de Lavoisier; en sendas *Memorias*, presentadas en 1787 y 1790, muestra conocer en profundidad el tema de los gases atmosféricos, haber repetido los experimentos realizados por los investigadores europeos de ese tema, y fijar con más precisión que los demás la composición del aire, con la particularidad de establecer la invariabilidad de su proporción. Su segunda *Memoria* se difundió por Europa, y sus conclusiones fueron recogidas en varios libros de la época sobre química.

La historia natural (ciencias de la Naturaleza) contó con muchos cultivadores, pero su enseñanza e investigación se realizó —en este ámbito más que en otros— al margen de las universidades, en instituciones de nueva creación. La más destacada, sin duda, es el Real Gabinete de Historia Natural, cuyo proyecto sugirió Antonio de Ulloa en 1752 al rey Fernando VI, para fomentar en España el estudio de la Naturaleza, entonces muy abandonado. El rey nombró una comisión de extranjeros: el británico William Bowles, encargado de colectar minerales, rocas y fósiles, al igual que los alemanes Andreas Keterlin y su hijo Johann, y el francés Augustin de La Planche, químico; como director se puso a Antonio de Ulloa; éste, ante las dificultades que encontró y el nulo rendimiento de los extranjeros contratados, dimitió en 1755. Desde entonces, el gabinete cayó en el olvido, y empezó a dividirse; diversos elementos de sus colecciones sirvieron al padre Flórez para formar el Gabinete de Historia Natural del Príncipe de Asturias. Sin embargo, desde 1767 la Corte empezó a negociar con Pedro Franco Dávila la adquisición de sus valiosas colecciones, lo que finalmente se realizó en 1771; como primer director del Real Gabinete [34] se nombró

[34] Acerca del origen y vicisitudes iniciales del Real Gabinete de Historia Natural (que luego sería el Museo Nacional de Ciencias Naturales, de Madrid) pueden consultar-

al mismo Franco Dávila (1711-1786). Para su adecuada instalación, Carlos III adquirió un palacio que el conde de Saceda (de la familia Goyeneche) tenía en el número 13 de la madrileña calle de Alcalá, y que serviría para sede —a la vez— de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Así lo señala aún la bella inscripción latina que aquel rey hizo esculpir en el dintel de la puerta: *CAROLUS III REX / NATURAM ET ARTEM SUB UNO TECTO / IN PUBLICAM UTILITATEM CONSOCIAVIT / ANNO MDCCLXXIV.*

Tras la compra de aquella colección, Carlos III quiso que el Real Gabinete de Madrid fuese no sólo un gran museo, capaz de competir con los mejores del mundo, sino un modelo de los que en adelante se crearan en Europa. Para ello envió reales órdenes a los intendentes de las provincias peninsulares y a los virreyes de las provincias americanas, interesando especialmente al Clero, para que contribuyesen al esplendor del naciente gabinete con envíos de las especies más representativas de sus respectivos territorios. En este deseo está la base de algunas expediciones españolas a América y la de algunos contratos a científicos extranjeros. El gabinete abriría sus puertas en 1776, recibiendo numerosos visitantes a los que impresionaba favorablemente. Al poco tiempo, el local de la calle de Alcalá se iba quedando pequeño ante la llegada de colecciones de todos los lugares de la Península y del mundo hispano; por ello el rey ordenó a su arquitecto, Juan de Villanueva, la construcción en el Paseo del Prado, y junto a su Jardín Botánico, de un edificio más grandioso y capaz [35] para destinarlo a Museo de Historia Natural, en el que pudiera impartirse la enseñanza de las ciencias naturales en España. A principios del siglo XIX, una vez terminada su

se dos obras fundamentales: la ya clásica del padre Agustín José Barreiro, *El Museo Nacional de Ciencias Naturales*, Madrid, C.S.I.C., 1944, y la más reciente, de M.ª Ángeles Calatayud Arinero, *Pedro Franco Dávila y el Real Gabinete de Historia Natural*, Madrid, C.S.I.C., 1988. Datos de interés ofrecen, también, algunos prestigiosos naturalistas que presentaron diversas comunicaciones al respecto en las sesiones de la Real Sociedad Española de Historia Natural, y que han quedado recogidas en los correspondientes números de su *Boletín*; así José Rodríguez Mourelo notificaba en 1914 la existencia de una correspondencia entre el marqués de Grimaldi y el padre Enrique Flórez sobre las colecciones de Franco Dávila, y en las sesiones de abril y julio de 1915 presentaba otras Francisco de las Barras de Aragón sobre envíos al Real Gabinete de colecciones procedentes de América.

[35] Barreiro, *op. cit.*, p. 20.

construcción, Fernando VII lo destinaría a museo de pinturas: aquel edificio es el actual Museo del Prado.

Para España, la creación del Real Gabinete no tuvo importancia sólo por ser un mero depósito de colecciones de ciencias naturales; su verdadero destino se evidenciaría años después, cuando toda Europa comprendió la importancia que para el estudio y progreso de las artes y las ciencias tenían los museos, que desde entonces comenzaron a ser centros, también, de investigación y enseñanza. Por eso, el conde de Floridablanca dispuso en 1787 que las ciencias naturales se estudiasen en el Gabinete Real de Madrid, usando los objetos y colecciones allí reunidos. Así se crearon en él una serie de laboratorios que después se transformarían en cátedras de enseñanza experimental; todos estaban atendidos por grandes figuras: Carlos Gimbernat en geología, Christian Herrgen en mineralogía, Josef-Louis Proust en química [36]. Además, para dar a conocer las colecciones y los estudios con ellas relacionados, se fundaron en 1779 los *Anales de Ciencias Naturales*, de los que se publicaron siete tomos. Por otro lado, en el cercano Jardín Botánico, la enseñanza de esta disciplina era impartida por Antonio José Cavanilles y, a principios del siguiente siglo, por Simón de Rojas Clemente.

A propósito del Jardín Botánico, debe recordarse que este tipo de jardines tiene un fin científico, en orden a observar y estudiar todas las características de las plantas, lo que les distingue de aquellos que sólo tienen fines ornamentales o de recreo; por ejemplo, el Jardín del Buen Retiro, de Madrid. En la Edad Moderna, y en Europa (dejando, pues, al margen los creados por los andalusíes y algunas culturas amerindias precolombinas), los primeros aparecen a mediados del siglo XVI en Pisa (1544) y Padua (1546), y luego en Bolonia y Roma (1568); tras ellos se crearían los de Leyden (1577), Leipzig (1580) y Montpellier (1593). El Jardín del Rey de París (hoy Jardín de Plantas) se fundó en 1610 y se inauguró en 1635; poco después surgían los de Copenhague y Oxford (1640) y, más tarde, el de Londres (1673); el de la Upsala de Linneo data de 1657. Posteriormente, durante el siglo XVIII surgirían otros muchos en el resto de Europa.

España tenía desde la Edad Media, como es bien sabido, una tradición de jardinería y estudio científico de las plantas, fruto de la civi-

[36] Calatayud, *op. cit.*, pp. 131-133.

lización andalusí musulmana; es, pues, lógico que el naturalista y médico real, Andrés Laguna, expusiera a Felipe II en 1555 la conveniencia de crear en España modernos jardines dedicados a ese uso científico. El rey prudente accedió a ello, y España fue la primera nación que siguió el ejemplo de Italia; en una parte de los jardines reales de Aranjuez, se fundó en 1568 un jardín botánico dedicado, preferentemente, a las plantas de aplicación médica; poco después, los médicos de Sevilla pedían la creación allí de otro jardín; aunque no se logró su creación, Simón Tovar (médico sevillano) creó uno particular para su estudio. En 1598 se fundaba otro en Madrid, en la Huerta de la Priora, junto al Real Alcázar (hoy, Palacio Real), conforme al proyecto de Honorato Pomar, médico de Felipe III. Desdichadamente, en el XVII desaparecerían todos ellos.

Ya en el XVIII, Riqueur, boticario de cámara de Felipe V, hizo un minúsculo jardín botánico en su soto de Migas Calientes, con plantas de carácter medicinal, y otro en San Ildefonso (La Granja, Segovia); pero el mejor de los existentes era el que formó J. Quer, con carácter verdaderamente botánico y no médico. Años después, el rey Fernando VI fundaría en 1755, en su finca de Migas Calientes (legada por Riqueur), un jardín botánico destinado a la enseñanza; para ello quiso contratar al mismo Linneo. Éste no aceptó, pero envió a España a su discípulo Peter Loefling (1729-1756), quien llegó en 1751, y al que el rey encargaría acompañar a la expedición que debía estudiar la flora de las tierras españolas de América; las noticias que proporcionó a Linneo en sus cartas lograron cambiar las críticas que éste hacía a los botánicos españoles, que se trocaron en elogios. La enseñanza en el Jardín Botánico debía ser buena: allí estudió J. Celestino Mutis, de 1757 a 1760, año en que partió para la América hispana, donde divulgaría aquellos conocimientos y dirigiría la expedición científica a Nueva Granada. Años más tarde (1774), y con mejor criterio, Carlos III trasladaría el Jardín Botánico madrileño al Paseo del Prado, ordenando erigir sus edificios a Juan de Villanueva e inaugurándolo en 1781.

El primer director y profesor fue José de Quer y Martínez (1695-1764) quien, en su obra *Flora española*, no seguía el sistema de clasificación establecido por Linneo, sino el de Tournefort. Su sucesor en la cátedra y en la dirección del Jardín Botánico sería Miguel Barnades (1708-1771), educado en Montpellier. Tras él, Casimiro Gómez Ortega (1741-1810), formado en Bolonia e introductor de los nuevos métodos

físico-químicos; tenía como segundo catedrático y coautor de su *Curso elemental de Botánica* (que sería traducido al italiano en 1788), a Antonio Palau y Verdera, el gran divulgador en España de la obra y doctrinas de Linneo. Por último, y tras unas sonadas polémicas con su antecesor, en 1801 era nombrado nuevo director y catedrático único del Jardín Botánico el gran Antonio José Cavanilles y Centí (1745-1804). Por otro lado, en Sevilla y para la Regia Sociedad Médica de Sevilla, Antonio Ramos creaba en 1776 un nuevo Jardín Botánico [37].

En zoología y biología se puede percibir también el renacimiento científico de España en ese siglo. Aunque el famoso benedictino, fray Benito J. Feijoo y Montenegro (1676-1764) fue un gran divulgador de este género de conocimientos, su verdadero desarrollo provino de la traducción al español de la monumental obra de Buffon. Entre sus cultivadores deben ser mencionados José Clavijo y Fajardo (1730-1806), director de hecho del Real Gabinete desde 1785, y luego objeto de un fantástico y famoso drama romántico de Goethe; Ignacio Asso, autor de la *Ictiología hispánica* (1784); Tomás Vilanova, que escribió una *Ornitología general*; y, especialmente, Félix de Azara y Perera (1746-1821), cuyas observaciones sobre los animales americanos llenaron de admiración a los naturalistas europeos hasta el punto de ser traducidas a varios idiomas y de que Cuvier mismo pusiera las notas de la edición francesa de *Viajes por la América meridional*, y de que Darwin elogiase sus conclusiones. Por eso ha destacado Vernet que en sus escritos aparecen las ideas de mutación que De Vríes desarrollaría en el siglo siguiente.

La geología se iniciaba entonces como una disciplina específica gracias al suizo Horace B. de Saussure (1740-1799), quien sistematizó y dio ese nombre a todos los conocimientos acerca de lo que entonces se denominaba «orictognosia». En España, el mismo Franco Dávila publicaba su *Ensayo de cristalografía*, en el que describía 175 cristales y su

[37] Acerca del Jardín Botánico de Madrid, aún mantiene su fuerza y extraordinaria calidad el estudio de Miguel Colmeiro y Penido, su director a finales del XIX, titulado «Bosquejo histórico y estadístico del Jardín Botánico de Madrid», en el *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, 1875, pp. 211 y ss. Sobre el de Sevilla, véase en el mismo *Boletín*, 1918, p. 449 el estudio de Francisco de las Barras de Aragón titulado «El botánico D. Antonio Ramos, fundador del Jardín de la Real Sociedad Médica de Sevilla».

dureza e intensidad; lo más importante era que, en esta obra, mostraba conocer el valor de la ley de constancia de los diedros (que luego sería enunciada en 1783 por Carangéot). También comenzaron entonces a darse explicaciones lógicas a los fenómenos naturales; así ocurrió con los terremotos, donde los tratadistas siguieron dos teorías: la de la explosión y la de la exhalación. Según la primera, serían explosiones (en las cavernas subterráneas) de los elementos minerales y químicos que las componen, las cuales estarían provocadas por el fuego interior de la Tierra: la ruptura de la corteza terrestre provocaría el temblor. La segunda teoría atribuía el origen de los terremotos a una exhalación de vapores internos del planeta. Simultáneamente, los naturalistas españoles empezaron también a interesarse y cultivar la paleontología. En nuestro país, el hallazgo y estudio de fósiles se remonta a la Edad Media, en la que las explicaciones que recibían los grandes huesos de los animales prehistóricos eran las de restos de antiguos gigantes. En este siglo tuvieron gran importancia los que aparecieron en Concud (Teruel), objeto de una interesante polémica, y algunos que se encontraron en Cataluña.

Todos estos ámbitos científicos fueron los más cuidados en las reformas ilustradas de los Borbones y de sus camarillas reformistas, pues pensaban que su aplicación en España podría crear riqueza en nuestro país. Por ello, y para su desarrollo y modernización (como se vio en el anterior epígrafe), fueron contratados y traídos a España diversos científicos extranjeros. Entre ellos deben reseñarse, singularmente, dos matemáticos y geómetras: Louis Godin (1704-1760), astrónomo francés, discípulo de Joseph-Nicolas Delisle y miembro de la Academia de Ciencias de París, que en 1733 propuso realizar una expedición al ecuador para determinar el valor de un grado del meridiano en aquella latitud; de ese modo, fue uno de los miembros de la expedición geodésica al virreinato del Perú. Concluidos los trabajos en 1744, se trasladó a Lima, donde ocupó la cátedra de matemáticas en la Universidad de San Marcos, participando activamente en la reconstrucción de esa ciudad y de El Callao tras el terremoto de 1746. Vino a España, y en 1752 fue nombrado Director de la Academia de Guardiamarinas de la Armada, en Cádiz, donde probablemente impuso el cálculo diferencial entre sus asignaturas. El segundo de ellos, Cipriano Vimercati (†1800), matemático italiano, fue contratado por Carlos III para explicar «ma-

temáticas sublimes» (cálculo diferencial) en la Academia de Artillería de Segovia.

Entre los naturalistas extranjeros, destaquemos al británico William Bowles (1721-1780), que escribió *Introducción a la Historia natural y a la Geografía física de España*, así como una *Historia de la langosta de España*. Christian Herrgen (†1816), mineralogista, introdujo en España la teoría neptunista de Werner. Más conocido es Peter Loefling (1729-1756), el botánico sueco discípulo de Linneo; recibió en 1751 el encargo de Fernando VI de acompañar a la expedición enviada para estudiar las producciones y la flora de las tierras españolas. Muerto en Venezuela durante la expedición, Linneo publicaría en Estocolmo sus notas con el nombre de *Iter Hispanicum*. Finalmente, Joseph Dombey (1742-1794), médico y naturalista francés, era uno de los mejores botánicos del siglo: formó un magnífico herbario con plantas de Perú y Chile, y también descubrió el cloruro de cobre; en su honor, y para perpetuar su nombre, Cavanilles llamó *dombeya* a un género de plantas.

Respecto a los ámbitos de física y química, deben ser recordados dos franceses. El primero es François Chavaneau (1754-1852), quien desarrolló desde 1777 su actividad en Vergara, contratado por Carlos III para enseñar física en el Real Seminario Patriótico que allí tenía la Sociedad Vascongada de Amigos del País. Hacia 1786 enseñaba física en Madrid, en el Museo de Historia Natural, y se le encargó el laboratorio de química de la Casa de Vidrio y Cristal; fue autor de unos *Elementos de ciencias naturales* (1790), que sirvieron de texto en diferentes instituciones. Según Vernet, el principal mérito de este francés radica en haber conseguido en 1786 un nuevo método de purificación del platino, dotando a España durante unos años del monopolio de una nueva industria, aunque otros autores minimicen su contribución [38]. El segundo, más conocido internacionalmente, es Joseph-Louis Proust (1754-1826), médico francés y experto en química al que Carlos III trajo para el Real Seminario Patriótico de Vergara (1777), y en 1788 nombró director del Real Laboratorio de Química de la Academia de

[38] J. Vernet, *op. cit.*, p. 178. La contraposición la marca J. Fages Virgili, *Los químicos de Vergara y sus obras*, Madrid, 1909. Otra visión, más actual y contrastada que la anterior, puede verse en el libro citado de Antonio Moreno González, pp. 116-118.

Artillería de Segovia; fue autor de la «ley de las proporciones definidas».

Por lo que a la medicina se refiere, las medidas reformistas de los Borbones españoles fueron más allá de la fundación de la Real Academia de Medicina (1734) y de los Reales Colegios de Cirugía para la Marina (Cádiz, 1748) y para el Ejército (Barcelona, 1764). Como medida inicial, y con el objeto de mejorar su enseñanza y proporcionar al país una medicina más eficaz, se creó el Hospital de San Carlos (Madrid, 1787). En contraposición, Peset dice que en las universidades se dictaban (literalmente) las lecciones: ni se explicaban, ni se hacían prácticas de anatomía o de medicina hospitalaria. Pero Aguilar Piñal ha señalado que los médicos fueron grandes escritores y pensadores, así como traductores de las novedades que surgían en el extranjero; con ello, y a pesar del obstruccionismo de los colegiales que dominaban las universidades, los médicos no sólo curaban, sino que discutían los avances médicos y científicos en sus academias y tertulias, procurando divulgarlas entre sus colegas.

La enseñanza de la medicina en el Colegio de Cirugía de Barcelona era muy buena; Vernet le considera el modelo y guía de las reformas pedagógicas que luego se generalizarían en España, y Orfila implantaría en Francia los métodos aprendidos en él. Su fundador, Pedro Virgili (1699-1776), fue el primero en abrir la traquearteria hasta el quinto anillo cartilaginoso, siendo considerado el restaurador de la cirugía en España. También destacaron Blas Beaumont, con *Instituciones quirúrgicas* (1753); Juan de Adeva, autor de *Verdadera medicina* (1754); Francisco Bruno Fernández, con *Tratado de las enfermedades de los ejércitos* (1761); Antonio Corbellá, que escribió un interesante *Tratado de las enfermedades del pecho* (1795), y otros. Por estudiar las cuestiones que en ese siglo tuvieron más consecuencias sociales y demográficas, merecen especial mención José Amar, que escribió sobre la viruela; Aréjula, con trabajos sobre las epidemias, y F. J. Balmis, que difundió la vacunación y la llevó a Hispanoamérica en una famosa expedición.

La medicina hospitalaria tenía ya bastante extensión e importancia, aunque los hospitales seguían siendo más un refugio de desahuciados y moribundos que un lugar de curación. No obstante, el «Libro de los obregones», aparecido a mediados del siglo anterior, seguía rigiendo acertadamente este tipo de actividad sanitaria. Conectada con la medicina, la farmacia también conoció mayor auge y adelantos en este si-

glo, mejorando la calidad de los remedios o fármacos, que eran minuciosamente estudiados y experimentados. Sus mejores tratadistas fueron José Alsinet, autor de *Utilidades de la quina* (1763); Francisco Alonso, que estudió las aguas medicinales de Balsaín y La Granja, y Francisco Carbonell, con *Elementos de Farmacia* (1802).

En lo referente a tecnología y aplicaciones prácticas de los descubrimientos científicos, los nuevos conocimientos de física permitieron que Agustín de Bethencourt y Molina (1758-1824) y Francisco Salvá y Campillo (1751-1828) intentasen la construcción de nuevos telégrafos. Hasta entonces, se usaban habitualmente los de señales ópticas, que ya habían recibido varias mejoras: espejos parabólicos, uso de anteojos con objetivos acromáticos (descubiertos y fabricados por John Dollond desde 1758), etc. Bethencourt proyectó una línea de Madrid a Cádiz, pero no se llevó a cabo; a la vez, en 1787 hizo ensayos de trasmisión eléctrica entre Madrid y Aranjuez en orden a una posible red de telégrafos eléctricos que desplazasen a los de señales ópticas. Por su parte, Salvá presentó una interesante y pormenorizada comunicación a la Real Academia de Ciencias de Barcelona, en 1790, sobre un sistema de telegrafía eléctrica que mejoraba los proyectados en el extranjero; Godoy le invitó a mostrarlo ante los reyes. Tampoco éste se llevó a la práctica, probablemente porque las inversiones que requería eran cuantiosas y porque se rompía la rutina del aparato burocrático y presupuestario del Estado. Otros aprovecharían su perspicacia e ingenio: en 1808, Bethencourt sería nombrado director general de puentes y calzadas... por el Zar Alejandro I, y el ingeniero español construiría en Rusia la Feria de Nijni-Novgorod, la maquinaria de la Casa de la Moneda rusa, el puente colgante de Varsovia, a la vez que fundaba la Escuela de Ciencias Exactas y ensayaba —nuevamente— el telégrafo eléctrico.

De modo análogo, y conforme al espíritu de progreso y utilidad de aquel siglo, los nuevos conocimientos de física y química se aplicaron a la industria siderúrgica hispana. En ella persistían aún los sistemas tradicionales, como el de la ferrería de Vizcaya o el de la farga de Cataluña; conocidos y utilizados desde la Edad Media [39], aumenta-

[39] Estos procedimientos están descritos con todo detalle en tres obras: J. R. de Luanco, *Química general*, Barcelona, 1884, pp. 760-767. Felipe Calvo Calvo, *La España de los Metales*, Madrid, 1964, pp. 57-65, con interesantes ilustraciones. Finalmente, E. Calle Iturrino, *Las ferrerías vascas*, Bilbao 1963.

ron su rendimiento al aprovechar la corriente de los ríos para mover sus fuelles y mazos. Informados de lo que ocurría en el extranjero, gobernantes y particulares ensayaron mejoras que aumentasen y mejorasen la producción; una de ellas se refería al combustible. Aquellos altos hornos eran encendidos con carbón vegetal, lo que producía una progresiva desaparición de los bosques de la zona; por ello empezaron a utilizar como combustible carbón mineral en los hornos de las Reales Fábricas de Orbaiceta y Trubia (fundadas en 1784 y 1794 respectivamente), pero esta experiencia fracasó; de este modo, la utilización de carbón mineral en la siderurgia hispana se retrasaría un siglo (hasta 1884) respecto a los demás países europeos. Mientras, Antonio R. Ibáñez (1794-1809), director de las industrias militares de Orbaiceta, creó en Sargadelos (Lugo) una fundición con altos hornos de carbón vegetal, así como la famosa fábrica de cerámica, lo que le valió ser nombrado marqués de Sargadelos y conde de Orbaiceta.

En la industria textil también destacó Bethencourt; tras dedicarse al hilado y teñido de la seda (inventó el procedimiento para blanquearla), construyó un telar para hacer medias de punto cruzado. En Cataluña, la industria textil conoce la conversión de los antiguos talleres en las modernas fábricas; a pesar de la prohibición del gobierno inglés, en 1805 aparecía allí la *mule jenny*, aunque las dificultades del momento impidieron su difusión. El año anterior, Francisco Sanponts aplicaba el vapor a la industria textil por vez primera en España; mientras, Eustaquio de Azara y Perera, obispo de Barcelona, introducía la maquinaria textil en Ibiza. Desdichadamente, los acontecimientos en los que pocos años después se vería envuelta España rompieron esta comunicación tecnológica con Inglaterra, quedando nuestro país descolgado de la revolución industrial durante más de 100 años; esas máquinas, que en Inglaterra cimentaron su industrialización, desarrollo y modernización, en España sólo fueron una excepción en su fallido proceso industrial. Por su parte, la ingeniería era otro ámbito tecnológico en el que descolló Bethencourt (primer director de la Escuela de Puertos y Caminos de Madrid), así como José Lanz, un amigo de Godoy; ambos impulsaron grandes obras de ingeniería dirigidas —acertadamente— tanto a la creación de una política hidráulica como a dotar a España de una buena infraestructura viaria, construyendo 2.000 kilómetros de carreteras.

Reflejo en América de la ciencia hispanoeuropea

El XVIII es un siglo tan decisivo para América como el XV, en que fue descubierto e incorporado a la dinámica histórica del mundo occidental. Desde 1765 se inicia en el nuevo continente una cadena de acontecimientos que, a la larga, significarían el comienzo de un profundo cambio en la estructura de la sociedad occidental; empezaba lo que Hobsbawm ha denominado «revoluciones atlánticas», y lo que Seco Serrano ha definido como el «ciclo revolucionario de la burguesía». En ese año los habitantes de las Trece Colonias se rebelan contra su soberano; la guerra de la Independencia norteamericana (1776-1783) envolvería en su lucha a Francia y España.

Francia había perdido en 1763 sus últimas posesiones coloniales en el norte de América, al finalizar su lucha con Inglaterra en la Guerra de los Siete Años (1756-1763). Por el contrario, España seguía siendo la potencia principal en aquel escenario, en el que se empezaba a jugar el futuro del mundo occidental. Por ello, mientras Francia hablaba de guerra y se aliaba abiertamente (1778) con los norteamericanos, España (dirigida entonces por José Moñino Gómez, conde de Floridablanca) les apoyaba de manera más encubierta y menos comprometedora, tratando de evitar una guerra abierta con los británicos... que acabaría estallando en 1779. Pero la Paz de París (1783), que consagraba la independencia de los EE.UU., abría la gran incógnita sobre el futuro de la América española; ¿cómo iban a reaccionar los criollos españoles ante la nueva realidad? Algunos contemporáneos pensaban que se había creado un peligroso modelo a imitar.

Aunque durante el siglo XVIII había (según ha afirmado Pierre Chaunu) un condominio encubierto de las potencias extranjeras (Inglaterra, Holanda, Francia) sobre el comercio hispanoamericano, España mantenía plenamente su soberanía y su función política y administrativa. Palacio Atard ha señalado que América, para la España borbónica, era un territorio al que había que gobernar evitando errores y corrupciones, una fuente de riquezas necesarias para restablecer a España en el puesto de primera potencia (perdido el siglo anterior en los Tratados de 1648 y 1659), y una zona apetecida por otras potencias, lo que exigía reforzar su seguridad fortificando sus lugares más vulnerables y creando una flota que infundiese respeto y temor a las otras potencias europeas. Todo esto explica las reformas gubernativas de aquel siglo,

con la creación de nuevos virreinatos e instancias administrativas dirigidas a asegurarle a España un dominio pacífico de aquellas tierras. Ése había sido el origen de los Tratados con Inglaterra (1749) y con Portugal (1750).

Este último produjo una rebelión en las reducciones jesuitas de Paraguay, porque cedía muchos de aquellos territorios a Portugal; a esto hay que sumar que la Compañía de Jesús fue expulsada de España y de todos sus territorios de Ultramar; 2.617 jesuitas dejaron la América española. En sus misiones, y en algunos de sus colegios y escuelas fueron sustituidos por otros religiosos, especialmente por los franciscanos. Si a todo ello le añadimos que la Inquisición había perdido completamente su prestigio, podremos entender que las reformas ilustradas en la América hispana permitiesen a la corona el control de la educación, las universidades y las instituciones científicas. Simultáneamente, los sabios europeos que se interesaban por América y sus productos comenzaron a visitarla; este contacto favoreció una evolución en las ideas, una mejora en los conocimientos científicos, y una toma de conciencia de la propia identidad e importancia por parte de los españoles afincados en aquellas tierras (los criollos).

Muestra de la importancia de los jesuitas en la exploración, civilización y conocimiento de las tierras españolas de América es lo ocurrido en California. Los jesuitas habían penetrado en ella desde el último tercio del XVII; en 1701, los padres Kino y Salvatierra habían llegado a la conclusión de que era una península. La Compañía de Jesús se encargó de fundar ciudades y organizar su administración, dirigiéndose desde 1741 cada vez más al norte, donde los rusos (en Alaska), los franceses (en Luisiana) y los ingleses (en Canadá) amenazaban la hegemonía hispánica. En 1767, con la expulsión de los jesuitas, los franciscanos les sustituyeron en la exploración de la Alta California. Entre ellos destacó la figura de fray Junípero Serra (1713-1784), que recibía un apoyo interesado de Antonio Bucareli y Ursúa, virrey de Nueva España (Méjico), quien soñaba con encontrar el tan anhelado paso del noroeste.

La corona española fundó en el XVIII nuevas universidades en las tierras de América; las de Caracas (1721), La Habana (1728), y San Felipe, en Santiago de Chile (1738). También las colonias británicas contaban con establecimientos similares; en lo que hoy son los EE.UU., las universidades también gozaron de mayor favor que en Europa. En

este siglo fueron fundadas las universidades de Yale (1701), en New Haven (Connecticut), y la de Princeton (1746), en la ciudad de ese nombre (New Jersey). Como su matrícula era escasa, y sus servicios en el reclutamiento de profesionales resultaba indispensable, se ejerció una gran presión para aumentar el número de estudiantes. En la época de la revolución e independencia americana, las Trece Colonias tenían una población alrededor de 2.500.000 habitantes, que contaban con siete colegios de rango universitario. Además, había una fundación misional en New Hampshire, así como la Sociedad de Filadelfia, dirigida por Franklin, que pronto se convertiría en la Universidad de Pennsylvania. Si a ello se le añade que en el Canadá británico había otro colegio de tipo universitario en Dartmouth, veremos que en las colonias británicas había un total de nueve instituciones de enseñanza superior... frente a las casi 25 de las tierras españolas de América. Tras la independencia de los EE.UU., se fundaría en Boston (1780) la Academia Americana de Artes y Ciencias; ésta, y la Sociedad Filosófica Americana que B. Franklin fundara en 1743 en Filadelfia, vendrían a ser el origen y las decididas impulsoras de muchas investigaciones y estudios.

En las nuevas universidades de la América hispana, creadas en el siglo XVIII, quisieron los ilustrados llevar a cabo las reformas y mejoras que no podían realizar en las universidades peninsulares. Por eso allí se inauguraron las primeras cátedras y academias de matemáticas; la de Bogotá, por José Celestino Mutis (1762) y la de Caracas, por el padre Francisco de Andújar (1798). En la aplicación del cálculo matemático a la geografía y la geodesia, destacó Joaquín Velázquez y Cárdenas de León (1732-1786), quien, tras fijar la situación geográfica de muchas ciudades mejicanas y levantar sus mapas, trazó la triangulación geodésica del valle de Méjico y contribuyó a crear la Escuela de Minas, de la que fue su primer director.

De idéntico modo se cultivaron las demás ciencias. Así, la astronomía contó no sólo con estudiosos, sino con observatorios precisos y muy bien montados, como los de Montevideo (1789) y Bogotá (1803). En el primero de ellos, Alejandro Malaspina y Dionisio Alcalá-Galiano (comisionados para este fin) pudieron observar aquel mismo año el paso de Mercurio ante el Sol. Por su parte, en 1769 y dentro de la expedición que dirigía J. Chappe d'Auteroche, el mismo Joaquín Velázquez, junto a Salvador de Medina y a Vicente Doz, habían observado y estudiado desde California el paso de Venus. Lo mismo haría

en 1799, desde Méjico, José Antonio de Alzate y Ramírez (1738-1799). No menos importante era el astrónomo de Nueva Granada (hoy Colombia) Francisco José de Caldas y Tenorio (1771-1816), a juzgar por sus interesantes manuscritos. Por lo que respecta a la física, se trabajaba sobre posibles mejoras al instumento de Torricelli y de Pascal. Así, se construyeron barómetros portátiles tanto en España como en América; en tal menester destacaron el mejicano José M.ª de Bustamante (1786-1829), quien fabricó también un teodolito, y el mismo Francisco José de Caldas, que ideó un sistema hipsométrico por medio del termómetro y del agua hirviendo.

Como era de esperar en un escenario tan rico y variopinto como el de la América española, las ciencias de la Naturaleza fueron intensamente cultivadas. La geología en América se inicia con buen pie: Antonio de Ulloa descubría en las arenas del Río Pinto (hoy Colombia), en 1736, un resistente mineral al que llamó platina (platino), que F. Chavaneau conseguiría purificar, creando así una nueva industria para España. Pero los hermanos Elhúyar fueron los que impulsaron decisivamente esta ciencia: Fausto había estudiado en Hungría el procedimiento de Von Born para la amalgamación de metales nobles, que trasmitió a su hermano Juan José, organizador de las fundiciones de plata de Mariquita (en Nueva Granada). A esto hay que sumar los extranjeros contratados por España para introducir ese procedimiento en otras zonas: así, los británicos Conrad y Christian Heuland en Chile; el barón sueco Freihern von Nordenflycht, enviado a Perú, y Sonneschmidt a Méjico. Por su parte, Fausto de Elhúyar organizaría en Méjico, en 1792, el Real Seminario de Minería; de esta institución, Vernet recuerda que Humboldt decía que ninguna ciudad del Nuevo Continente, sin exceptuar las de los Estados Unidos, presenta establecimientos científicos tan grandiosos y sólidos como la capital de Méjico. Como exponente, recuérdese que el químico madrileño Andrés Manuel del Río (1765-1849), profesor de este centro, fue el descubridor del «eritronio», al que luego Berzelius llamaría «vanadio», y el autor de una muy meritoria y acertada obra sobre geología, que fue publicada en Méjico en el año 1800.

Algo similar ocurrió con la naciente paleontología, siendo los descubrimientos realizados en América más importantes y decisivos que los realizados en la Península; el ejemplo más patente es el hallazgo por el religioso Manuel Torres, en 1787, de un esqueleto de megaterio

en los barrancos del río Luján, que dos años después sería montado y enviado a España. Por su parte, Félix de Azara y Perera (1746-1821), enviado como ingeniero militar a América para delimitar la frontera con Brasil, no sólo realizó observaciones geodésicas, sino que observó, estudió y colectó a los animales de aquella zona; algunos de sus escritos podrían considerarse lecciones de etología (ciencia de la conducta animal), por lo que sería traducido al inglés, francés y alemán; sus *Essais sur l'Histoire Naturalle des quadrupòdes de la province de Paraguay* se editaron en París en 1801, siendo citado por Darwin en su *Diario del viaje de un naturalista alrededor del mundo,* y elogiado en *El origen de las especies.* Azara, en su obra *Viajes por la América meridional,* dice en una de sus reflexiones zoológicas que se ve perpetuarse a los individuos singulares que la Naturaleza produce a veces por una combinación fortuita; con ello está sentando las bases de las ideas de mutación que De Vríes desarrollaría en el siguiente siglo.

La botánica conoció en la América hispana del siglo XVIII un extraordinario desarrollo. Pero éste no procedía de la gran riqueza en flora de aquellas feraces tierras, sino del influjo que las enseñanzas recibidas en el Jardín Botánico de Madrid habían producido en aquellos investigadores y estudiosos. La flora española de José Quer había sido para ellos un modelo a imitar; en las clases de Gómez Ortega, Barnades y Palau habían aprendido el sistema y clasificación de Linneo. Luego, al llegar a aquellas tierras americanas, de vegetación exuberante, los botánicos se hallaban en su paraíso. No es, pues, de extrañar que en el siglo XVIII pudieran brillar allí con una luz extraordinaria, cuyos rayos iluminaban la vieja Europa, botánicos como Mutis, Pavón, Ruiz, Caldas, Cervantes, etc.; todos ellos habían sido formados en las aulas del Jardín Botánico madrileño. Buena muestra de esta influencia es que, apenas se convirtió Cervantes en catedrático de botánica en Méjico, impuso allí el mismo método, procedimientos y sistema de ejercicios que él había tenido en Madrid. También en las colonias británicas se cultivaba la botánica; en 1728, cerca de Filadelfia, John Bartram fundaba el primer jardín botánico de los actuales EE.UU. de América.

En el ámbito de la medicina, es sabido que en América se conocían y practicaban todos los adelantos que en esta disciplina se producían en Europa. Por lo mismo, el descubrimiento por Jenner de la vacuna contra la viruela tuvo repercusiones inmediatas en el Nuevo continente; Francisco Javier Balmis y Berenguer introdujo y difundió

esta vacuna en América con una expedición real (1803-1806), compuesta por 36 bebés con sus respectivas nodrizas, a los que se había inoculado el virus salutífero; la expedición circunnavegó los territorios españoles de las Antillas, la América del sur y Filipinas. Balmis y la corona esperaban así convencer a los habitantes de los territorios españoles acerca de la bondad y conveniencia del nuevo preparado de medicina preventiva. Recientemente, el microbiólogo español Dimas Fernández-Galiano ha descubierto que Balmis llegaba tarde a Méjico, pues la vacuna ya había sido introducida allí poco antes por el mismo arzobispo de Méjico; esto nada tiene de extraño, puesto que —en aquel siglo— la beneficencia era una actividad de la Iglesia, y aquel arzobispo era un ilustrado, y como tal utilizaba en favor de sus feligreses las colosales rentas de aquella mitra.

Por lo que respecta a la tecnología, la que más importaba a los españoles era la que se refería a las minas y la explotación de los minerales. Es, pues, lógico que nos hayan quedado escritos de intendentes, ingenieros de minas y naturalistas en los que se hable de éstas y de los procedimientos utilizados en su explotación. Así, los de José A. Alzate, sobre las minas de azogue de Nueva España (Méjico), y Pedro Vicente Cañete Domínguez (1754-1816), sobre todas las de Potosí (Bolivia). De gran interés eran, también, las industrias metalúrgicas, cuyos procedimientos tradicionales (ferrería vizcaína y farga catalana) han sido descritos en el epígrafe anterior; es sabido que el rendimiento de estas industrias aumentaba cuando se aprovechaba el agua exterior para mover los fuelles y el martinete (martillo), por lo que en el siglo XVIII se ubican preferentemente en las orillas de los ríos; de este modo, fuera de España, fargas catalanas fueron establecidas a lo largo de los ríos Mississippi y Orinoco.

Capítulo V

LAS GRANDES EXPEDICIONES ESPAÑOLAS

Situación de los territorios europeos en América

Después de la Paz de Utrech (1713), que ponía fin a la guerra desatada en Europa con motivo de la sucesión al trono de España (reflejada en el capítulo anterior), la situación de las colonias europeas en América las perfilaba ya como zonas conflictivas, en función de los intereses y objetivo de expansión de cada imperio europeo presente en el nuevo continente. Palacio Atard [1] ha reflejado con gran acierto esa situación.

El imperio inglés abarcaba dos zonas diferentes: las colonias del norte y la zona antillana en el Caribe. Las Trece Colonias (Georgia se funda en 1727, y las otras ya fueron expuestas en el capítulo III) comprendían la llanura entre los montes Apalaches y el océano Atlántico. Era una zona geográficamente continua, social y económicamente no homogénea y, desde un punto de vista político, Pennsylvania y Maryland eran colonias privadas, mientras que las demás eran gobernadas directamente por la corona británica: la dureza de esta administración provocaría una reacción independentista en estas colonias durante el siglo xviii. Las colonias del norte, a su vez, procuraban extenderse a costa de los establecimientos franceses del Canadá y la Alta Luisiana. Por otro lado, la zona antillana, compuesta por Jamaica, las Bahamas, las Barbados y las islas de Sotavento, tenía entonces las colonias más

[1] Vicente Palacio Atard, *La España del siglo xviii. El siglo de las reformas,* Madrid, U.N.E.D., 1978, pp. 33 y ss.

ricas: además de sus productos naturales (azúcar y café), eran la base del contrabando británico en los puertos hispanos, y servían también de escala a los buques de esclavistas negreros.

El imperio francés tenía también dos zonas, que estaban situadas en los mismos espacios que los ingleses. En el norte, Francia había perdido la bahía de Hudson, Acadia y Terranova en la Paz de Utrech, pero aún conservaba una extensa área compuesta por el Canadá francés (Quebec, Montreal y cuenca del San Lorenzo) y la Luisiana (Illinois y cuenca del Mississippi), que envolvía a las Trece Colonias inglesas. Sin embargo, era en su zona antillana (Guadalupe, Martinica y el este de Santo Domingo —Haití—) donde Francia obtenía sus mayores beneficios.

El imperio portugués permanecía inalterable en los espacios inmensos de las costas del Brasil, protegido por la tutela que Inglaterra dispensaba a Portugal desde su restauración o separación de España en 1640. Esa protección había sido ratificada en 1703, durante la Guerra de Sucesión española, en el Tratado de Methuen; por él, un Portugal obsesionadamente temeroso de ser otra vez absorbido por España, se sumaba a la alianza antiborbónica europea, poniendo su territorio como base de operaciones contra la España de Felipe V de Borbón. De esta manera, Portugal se supeditaba a los intereses británicos, cuyo comercio en las zonas lusas de América del Sur recibía así extraordinarias facilidades e impulso.

Frente a esta situación, los territorios españoles no sólo mantenían su fuerza a pesar del cambio de dinastía y de modelo de administración, sino que proseguían el tradicional empuje hispano de expansión. Así, por ejemplo, el virreinato de Nueva España continuaba extendiéndose hacia el norte, disputando de este modo la costa noroeste a franceses, ingleses y rusos; es el caso de las misiones creadas por el jesuita padre Kino o por el franciscano fray Junípero Serra. Entre las que se fundaron en el siglo XVIII, destacan las de San Diego, Los Ángeles y San Francisco; ésta lo fue en 1776, el año de la Declaración de la Independencia por Jefferson en Filadelfia. Además, en 1763, por la Paz de París, España recibía de Francia el territorio de Luisiana en compensación por la pérdida de Florida, tomada por Inglaterra durante la Guerra de los Siete Años (1756-1763); por si fuera poco, la misma Florida volvería nuevamente a España en 1783, al terminar la Guerra de la In-

dependencia de los EE.UU. Por todo ello, en la segunda mitad de siglo se planteó la necesidad de dividir aquel extenso virreinato.

En la zona antillana, España conservaba intactos todos sus territorios, a pesar de las depredaciones británicas y de su furtivo establecimiento en Belize. En las zonas del sur de América, los problemas de seguridad (ya puestos de relieve en los Tratados con Inglaterra —1749— y Portugal —1750—) y de gobierno obligaron a la creación de dos nuevos virreinatos: el de Nueva Granada (1749), desgajado de los antiguos de Perú y Nueva España y comprendiendo la zona norte de Venezuela (antes, Audiencia de Santo Domingo), Panamá, Colombia y Ecuador (antes, Audiencia de Santa Fe), y el del Río de la Plata (1776), segregado del de Perú y compuesto por Bolivia (antes, Presidencia de Charcas), Paraguay, Argentina y Uruguay.

Destaca Palacio Atard que fue José Patiño, ministro de Felipe V, el primero en precisar con claridad lo que América significaba para la política de la monarquía española, procurando hacer prevalecer los intereses españoles en América por encima del revanchismo hispano hacia Europa. Por ello, el gobierno afrontó los problemas allí planteados introduciendo mejoras en la administración indiana (en la España del XVIII todavía se llamaba «Las Indias» a aquellos territorios) y reestructurando el comercio ultramarino; la primera medida fue trasladar la Casa de la Contratación a Cádiz, pues las arenas del fondo del delta del Guadalquivir hacían imposible la llegada a Sevilla de buques de mayor tonelaje y puntal, como los grandes galeones que se utilizaban entonces para hacer más rentable el viaje. Posteriormente se fundaron las Compañías de Comercio de Caracas y de Filipinas, inspiradas aún en las ideas mercantilistas de Colbert. Más tarde, en la época de Carlos III, el sistema de monopolio ejercido por la Casa de la Contratación sería sustituido por el régimen de libertad de comercio; así lo establecían la real cédula de 1768 y la pragmática del comercio libre de 1778.

Ésta era la situación política y territorial de las potencias europeas con presencia en América. Pero, ¿cuáles eran su situación económica y sus intereses en el nuevo continente? Sobre los intereses europeos en América hay un hecho básico que debemos tomar como punto de partida; en el siglo XVIII, el tráfico marítimo de intercambios entre Europa y sus colonias de América aumenta sin cesar. De este modo, además de las tradicionales especias, Europa pedía y consumía cada vez más

azúcar, café, algodón, índigo y tabaco de los países tropicales; a su vez, exportaba allí productos manufacturados. El más productivo era el llamado «comercio triangular» (Europa-África-América), que rendía hasta un 400 % de beneficio al armador. Ese auge no sólo llegaba a los puertos costeros, sino también a los fluviales del interior. Esta expansión comercial trajo consigo una importante acumulación de capitales; la mayor parte del oro y la plata producidos en América se atesoraba en la Europa occidental, y la abundancia de dinero sucedió a la escasez monetaria del siglo anterior.

En el siglo XVIII, las potencias europeas más pujantes económica y comercialmente en aquella área eran Francia e Inglaterra. Ésta, a pesar de las guerras en las que se vio envuelta, realizaba un comercio exterior que pasó de 14 millones de libras en 1714 a 24 millones en 1750, y a casi 40 millones en 1790; su mayor número de barcos (3.300 en 1702, 8.100 en 1764, y 9.400 en 1776) logró vencer la competencia de Francia y los Países Bajos. Por su parte, Francia tenía al 85 % de su población en el campo; al no conseguir las transformaciones agrícolas ocurridas en Iglaterra, los campesinos franceses se dedicaban a los oficios rurales tradicionales, lo que no favorecía una rentable balanza de pagos que fomentase un fuerte comercio exterior. Lyon y París eran los dos grandes centros del comercio colonial, especialmente con las Antillas, cuyo tráfico (sumando sus importaciones y exportaciones) a lo largo del siglo pasa de 25 millones de libras en 1716 a 263 en 1788.

Mientras tanto, los Países Bajos se encontraban en decadencia y sólo comerciaban con las Indias orientales. El norte de Europa seguía dominado por Inglaterra, que en aquel entorno distribuía productos coloniales y manufacturados. Portugal, entregado a los intereses británicos, no logró que el oro llegado del Brasil crease industrias ni renovara su agricultura. Pero en España se produjo un alza económica espectacular; la pragmática del comercio libre (1778) revitalizó a Cataluña y el comercio con América: su industrialización y el cercado de las tierras comunales significaron la adaptación de España al capitalismo [2]. A este respecto, y para conocer la producción española a finales del si-

[2] Bartolomé Bennassar y otros, *Historia moderna*, Madrid, Akal, 1980, en especial las pp. 748-760.

glo,cualquier estudioso puede consultar la magistral obra [3] de Canga Argüelles, hacendista español de principios del siglo XIX.

Finalmente, para una mejor comprensión de las relaciones entre la América española con su metrópoli pensinsular europea, conviene resaltar un aspecto de cierta importancia: la demografía. A este respecto, debe recordarse que, a finales del siglo XVIII, España tenía entre los 10 millones y medio de habitantes (censo de Floridablanca) y los 11 millones y medio (estimación del profesor F. Bustelo). Por su parte, la América hispana contaba con 18 millones de habitantes, de irregular distribución tanto étnica como geográfica: la población blanca (20 %) se concentraba en las grandes ciudades, en los altiplanos y en los puertos costeros, siendo naturales o criollos el 98 % de ellos; los indios (46 %) se ubicaban, especialmente, en Méjico, Centroamérica, Bolivia y Perú; los negros esclavos (el 8 %) estaban distribuidos en las áreas del Caribe, del golfo de Méjico, del Río de la Plata y de la costa peruana; finalmente, los mestizos (26 %) crecieron rápidamente en este siglo, con cerca de 16 variantes étnicas que venían a constituir, según Mario Hernández Sánchez-Barba, unas castas coloniales consideradas un elemento de equilibrio.

Éstas eran las características básicas de las tierras que los ilustrados españoles y europeos se propusieron conocer con toda la profundidad y exactitud propias de hombres del «siglo de las luces». A la vez, tenían también un espíritu utilitarista, en orden al conocimiento y aprovechamiento de las riquezas de la Naturaleza; éstos eran, a juicio de los ilustrados, los medios que conducían al progreso. Y, para los hombres del XVIII, ése era el objetivo final a conquistar por los *philosophes* de este siglo.

Ciencias, esperanzas e intereses

Para reyes y políticos, el conocimiento y descripción de la Tierra era algo muy importante. Pero su interés no provenía de las interpre-

[3] José Canga Argüelles, *Diccionario de Hacienda*, 3 vols., Madrid, 1833-1835. En el volumen I, en las pp. 101-103 resume con precisión el estado de la industria española a finales del siglo XVIII.

taciones geológicas de los neptunistas de Werner o de los plutonianos de Hutton; ellos se interesaban sólo por ampliar sus dominios, extraer las riquezas de la tierra, y adquirir más poder. Éste es el objetivo auténtico y verdadero de todas las expediciones y exploraciones que, desde el descubrimiento de América, realizaron los europeos por todas las partes de nuestro planeta Tierra.

De ahí que una de las áreas científicas más cuidadas, e incluso fomentada y protegida por los reyes, fuese la cartografía, pues permitía levantar mapas más precisos de los territorios descubiertos y explorados. A principios del siglo XVIII, las determinaciones astronómicas tomadas en diferentes partes del mundo eran tan numerosas que permitieron acabar con muchos de los errores que desfiguraban los mapas. El problema es que los datos verdaderos y los falsos estaban entremezclados desde hacía varios siglos, por lo que una revisión total era una tarea muy difícil. El primer paso de esta ingente tarea lo dio con éxito un geógrafo francés: Guillermo Delisle (1675-1726) editó un mapamundi en 1700 con los contornos y particularidades de las cuatro partes del mundo, poniendo por vez primera en su verdadero lugar las regiones orientales del antiguo continente, con sus verdaderas dimensiones. A partir de entonces, cualquier mejora de detalle que hubiera de recibir el mapa del mundo debía ser realizada sobre la reforma radical efectuada por Delisle. Otra gran figura resultaría Jean-Baptiste Bourguignon D'Anville (1697-1782), de honda vocación por la geografía, que constituyó la ocupación fundamental de su vida. Realizó una serie de mapas de Francia con gran calidad, a los que imprimió el sello de su originalidad. Como curiosidad, recordemos que fue el autor del primer *Atlas de la China* moderno editado en Europa.

A la labor de estos pioneros cartográficos hay que añadir la extraordinaria actividad científica de la Académie des Sciénces de París, que buscaba medidas astronómicas y matemáticas más precisas con las que perfeccionar la geografía y la cartografía entonces existentes. Por eso enviaba viajeros aislados, y posteriormente comisiones, a diferentes partes del globo; ya en 1672 había enviado a Ridrer a la isla de Cayena a resolver un problema de la física terrestre, y en 1694 M. de Chazelles se desplazó por el Mediterráneo para determinar la latitud y longitud de algunas posiciones importantes y solucionar algunas dudas sobre ese mar, tan mal representado en las cartas de la época, que aún seguían los datos antiguos de Tolomeo. En el XVIII, Maupertuis y Clairaut fue-

ron enviados a Laponia para medir (1735-1737), más allá del círculo polar, un arco del meridiano, mientras que La Condamine, Godin y Bouguer medían simultáneamente (1735-1739) en Perú un arco del meridiano junto al ecuador. Estas expediciones, a la vez que mostraban la madurez científica de Francia, resolvían definitivamente el problema de la forma exacta del globo terrestre.

Por todo ello, durante la primera mitad del siglo XVIII el ámbito científico de la cartografía era un fiel reflejo de las inquietudes geográficas de la Ilustración francesa, cuyos nombres destacan por encima de los de cualquier otro Estado europeo; Delisle, Bourguignon, Maupertuis, La Condamine, y Jean-Dominique Cassini son los autores que sientan definitivamente las bases de los futuros logros y avances tanto en geografía como en cartografía. Durante la segunda mitad del siglo, los antiguos y los nuevos métodos de proyección serían estudiados de un modo crítico por Johann-Heinrich Lambert (1728-1777) a partir de 1772, cuando ya trabajaba sobre la proyección cónica, así como por Leonhard Euler (1707-1783) desde 1777, en que puso los fundamentos de la topología, y por el matemático francés Joseph-Louis Lagrange (1736-1813) en 1779. Los viajes de la época hacían necesario disponer de mapas fiables y precisos; pero, recíprocamente, sus informaciones y experiencias eran la base de nuevos trazados, que cada vez resultaban más exactos. Entre los ejemplos más conocidos de estas recíprocas influencias están los viajes del famoso capitán James Cook (1728-1779), organizados por la Royal Society de Londres.

Pero el mayor avance cartográfico de la segunda mitad del siglo fue también realizado en Francia, donde se elaboraron dos importantes y famosos mapas. El primero de ellos es el llamado «mapa de Cassini» o *Carte de l'Académie*. Planeado por Colbert en el siglo anterior e iniciado por Jean Picard (1620-1682) y Jean-Dominique Cassini (1625-1712), fue realizado por César-François Cassini de Thury (1714-1784), durando sus trabajos de 1750 a 1789. Constaba de 183 hojas, a escala 1:86.400, y es un imperecedero monumento a la capacidad científica y a la habilidad técnica de los cartógrafos franceses del siglo XVIII, por ser el primer mapa de todo un país que se realizaba sobre la base de la triangulación geodésica y los estudios topográficos. Se cuenta que el rey Luis XIV (†1715), al serle presentada la primera hoja del mapa en el que las dimensiones de Francia hasta entonces aceptadas quedaban

más reducidas, comentó con ironía: «He perdido con mis astrónomos más territorios que los que he conquistado con mis ejércitos» [4].

El segundo mapa, del que sólo aparecieron 32 de las 230 hojas proyectadas, era el *Atlas et descriptions minéralogiques de la France* (1780), realizado por los geólogos Jean-Etienne Guettard (1715-1786) y Antoine-Grimoald Monnet (1734-1817); su importancia estriba en que era el fruto de un gran trabajo de compilación que, por primera vez, se reflejaba en un mapa geológico (o mineralógico, como entonces se decía). A raíz de la aparición de ambas cartas o mapas, se extendió por toda Europa el deseo de hacer lo propio en cada país, induciendo a los gobiernos a estudiar sus territorios y levantar las cartas correspondientes. Además, muchas de estas tareas tenían —por su propia índole— un carácter y objetivo militar; de todos modos, son varios los mapas y estudios que pertenecen ya al siglo XIX.

Por otros motivos, y ciertamente con otros objetivos, muchas sociedades y corporaciones científicas europeas se interesaron por este asunto, que vino a constituir un revulsivo para estudiosos y sabios; su fruto fue la aparición de nuevas sociedades científicas, pero también un nuevo impulso a las ya existentes. Así, por ejemplo, a raíz de la publicación del «mapa de Cassini», se hizo un proyecto conjunto franco-británico de triangulación de los territorios del noroeste de Francia y del sureste de Gran Bretaña, con el fin también de medir con precisión y exactitud las diferencias de longitud y latitud entre los Observatorios de París y Londres. Como es natural, Cassini dirigió (en 1783)

[4] Antonio Lafuente y Antonio Mazuecos, *Los Caballeros del punto fijo. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispano-francesa al Virreinato del Perú en el siglo XVIII*, Barcelona, Serbal- CSIC, 1987, pp. 18-19 y ss. Los Cassini eran una familia (casi una dinastía) de astrónomos que estuvieron al servicio del Rey de Francia. El patriarca era Jean Dominique (1625-1712); de origen italiano (inicialmente era Gian Domenico), fue profesor en Bolonia, pasando en 1672 a ser el primer director del Observatorio de París. Descubrió la luz zodiacal y seis de los satélites de Saturno, cuyo anillo dividió en anillos parciales que llevan su nombre. A la vez, fue quien introdujo en Francia los pozos artesianos. Su hijo Jacques (1677-1756) fue amigo de Newton y de Halley, y dirigió el observatorio desde 1712, en que murió su padre. Ayudó en los trabajos realizados para precisar la figura de la Tierra, como quedó explicado en el capítulo anterior. El nieto, César-François (1712-1784), sucedió a su padre en la dirección del observatorio, y dedicó sus trabajos a la confección del mencionado mapa de Francia. El biznieto, Jacques-Dominique (1748-1845), también sucedió a su padre en el observatorio, y terminó el mapa comenzado por él.

su propuesta a la Royal Society de Londres; los trabajos empezaron en Inglaterra al año siguiente, dirigidos por el mariscal de campo William Roy [5].

En América, este movimiento supuso un estímulo no sólo en los territorios que las potencias europeas tenían en aquel continente (fundamentalmente, España e Inglaterra), sino también para los recién nacidos Estados Unidos de América. En éstos, a la Sociedad Filosófica Americana fundada por Franklin en 1743, vino a sumarse pronto la Academia Americana de Artes y Ciencias, fundada en Boston en 1780; en su seno se reflejaría, también, el interés por el estudio de aquellas tierras vírgenes y —a la vez— unos objetivos expansionistas, que eran los mismos que se daban en las potencias europeas. Todos estaban movidos por las riquezas potenciales de América; los EE.UU. tendían ya la vista hacia las tierras al oeste del Mississippi (aunque la conquista del oeste tendría lugar en el siglo XIX); los europeos, por su parte, buscaban un mejor conocimiento y explotación de los territorios que ya poseían.

Para los investigadores y científicos del XVIII, el estudio del suelo era tan importante como el punto de partida de cualquier otra investigación o trabajo. Desde que el naturalista suizo Jacobo Scheuchzer aplicase en sus viajes por los Alpes (entre 1702 y 1711) el uso regular y sistemático del barómetro para medir alturas, se generalizó este tipo de observaciones; muchas de ellas estaban encaminadas a probar la influencia de la configuración del suelo en las condiciones de vida vegetal y animal.

Todos pensaban que las riquezas del suelo y del subsuelo americano podrían aumentarse, pues entonces parecían poco rentables. La explotación minera tenía un gran papel, que en los territorios españoles se convertía en el primordial. Pero ya empezaba a cobrar importancia la economía agropecuaria. Por ello, a la vez que se extendía y mejoraba la tecnología minera, se promovía la diversificación de la economía agraria. Pero en los territorios de Nueva España y de Nueva

[5] D. Mckie, «Ciencia y tecnología», en *Historia del mundo moderno*, de la Universidad de Cambridge, editada en español en Barcelona, Sopena, 1980. Más en concreto, en el volumen VIII, p. 97, describe este autor inglés el auge y fundación de sociedades científicas de índole naturalista, destacando especialmente la fundación (1788) en Londres de la Sociedad Linneana.

Granada, y en otros lugares, la evolución de la propiedad de las tierras tendía ya a la extensión del latifundio; esto implicaba la necesidad de disponer de mano de obra abundante y barata, por lo que se admitió la importación de esclavos negros. De este modo, en el Tratado de Utrech (1713) España concedió a la Compañía Inglesa de Asiento de Negros el privilegio de este negocio por un período de 30 años. Además, España quería conseguir una mayor participación en la explotación comercial que las potencias europeas practicaban en América.

Es este tipo de razones, por encima de otras, el que explica el interés de los reyes españoles en poseer un mejor conocimiento de los productos naturales de las tierras hispanas en América. Junto a esto, pero siempre en relación con ello, debe recordarse el deseo de Carlos III al crear en 1771 el Real Gabinete de Historia Natural; el rey pretendía que no sólo fuese un gran museo, capaz de competir con los mejores del mundo, sino un modelo de los que en adelante se crearan en Europa, a la vez que un centro de enseñanza de las cada vez más modernizadas ciencias de la Naturaleza (o historia natural, como entonces se las denominaba). Para eso tenía que albergar entre sus colecciones un ejemplar de cada una de las variadas producciones con que la Naturaleza había dotado a la Península y a la América hispana, ya fuesen plantas, ya fuesen animales o minerales.

Este motivo indujo a Carlos III a enviar reales órdenes tanto a los intendentes de las provincias peninsulares como a los virreyes de las provincias americanas, así como al Clero de ambos territorios, para que contribuyesen al esplendor del naciente gabinete con envíos de las especies más representativas de sus respectivas tierras. En este deseo, y en el interés por llegar a las riquezas que aún ocultaban aquellas tierras, está la explicación o base de las expediciones españolas a América, y la de algunos contratos a científicos extranjeros, como ya se dijo en el capítulo anterior.

No obstante, no conviene enfatizar el utilitarismo o búsqueda de riquezas naturales como si éste fuera el único motivo de las expediciones españolas; la realidad es que hay un cambio de mentalidad en los europeos y americanos del «siglo de las luces». En los siglos XVI y XVII el espíritu y objetivos que movían los viajes de exploración eran el comercio y el afán de los Estados por poseer colonias que les produjeran un poder político y económico; sin embargo, en el siglo XVIII el motivo no será tanto la conquista cuanto el deseo de saber y la voluntad

de ampliar los conocimientos científicos sobre la Naturaleza y sus productos. Así, en muchos arriesgados viajes ya no irán los aventureros, sino los científicos; en muchas singladuras, los veleros llevarán verdaderos especialistas en historia natural (astrónomos, geógrafos, botánicos, etc.), que levanten mapas, midan latitudes y longitudes, colecten especies botánicas y fijen con precisión la cartografía. Y todo ello para entregárselo a un público ávido de saber.

En esta área de conocimientos, los avances de las ciencias que se dieron en aquel momento sólo pudieron realizarse por la ayuda prestada por la tecnología de la navegación. Los trabajos de Bernoulli en 1738 y de Euler en 1749 establecieron los grandes principios en los que se basarían los barcos de vela. A partir de entonces, los grandes veleros dejaron de ser fabricados por artesanos hábiles que trabajaban con métodos personales, transmitidos de generación en generación, para pasar a ser la obra de técnicos e ingenieros, con la colaboración de matemáticos y científicos que aportaran sus conocimientos a la construcción de los barcos. En Francia, concretamente, estos técnicos se formaban en la Escuela de Construcción de París (antecesora de la actual Escuela de Ingeniería Marítima); uno de ellos, por ejemplo, era el caballero Charles de Borda (1733-1799), que entre 1771 y 1772 emprendió numerosos viajes para comprobar la utilidad de los diferentes métodos de medida de longitud y latitud, y que luego formaría parte de la comisión encargada de medir el arco del meridiano entre Dunkerque y Barcelona, y de la comisión para el establecimiento del sistema métrico decimal.

La tecnología naval aumentó la capacidad y velocidad de los buques; los costados del barco retrocedieron hacia el interior desde la batería baja hasta el puente inferior (la mitad superior del buque), pero al ampliarse la manga —ancho del barco— o superficie, a medida que se aproximaba a la quilla (la mitad inferior del buque), se produjo una mayor estabilidad en estas embarcaciones, lo que las volvió más seguras [6]. La eslora —largo del barco— solía ser de 40 metros para los

[6] La marina de guerra constaba de buques de línea (para el combate), fragatas (para los reconocimientos) y corbetas (navíos ligeros, para transmitir órdenes). En el último tercio del siglo XVIII dejaron de fabricarse buques de un solo puente; quedaron los de dos puentes, con 74 a 80 cañones, y los de tres, con 100 a 120 cañones; cada uno podía hacer hasta 5 disparos por minuto. A título de ejemplo, el *Etats de Bourgogne*, botado en 1785, tenía 63 metros de largo (eslora) , 17 metros de ancho (manga), 8 metros de altura

mercantes o buques comerciales, y de 60 para los de la armada o buques de guerra. La manga venía a ser la tercera o cuarta parte de la eslora. La proa —delantera del barco— se elevaba, mientras la popa —trasera del barco— se reducía; el castillo de popa de los antiguos galeones era sustituido por una toldilla que luego se suprimiría también para ofrecer menos resistencia al aire. El casco —parte sumergida del barco— se forraba con muchos clavos de cabeza ancha, aunque los ingleses los sustituyeron por delgadas planchas de cobre que reducían el peso y disminuían la resistencia al agua; pero este forro era muy caro y debía cambiarse con mucha frecuencia.

A su vez, también fue cambiado el aparejo, o sistema impulsor del barco, formado por el conjunto de palos, vergas, jarcias y velas; los mástiles se robustecieron, y las velas se hicieron más numerosas y manejables. Todas estas mejoras permitían más velocidad de crucero y mayor facilidad de maniobra; los grandes veleros del siglo XVIII se parecían más a los veloces *Clippers* del XIX que a los pesados galeones del XVII. Además aumentó la seguridad: los marinos no sólo podían dirigir sus buques con la ayuda de mapas con más garantías, sino que contaban con archivos de mapas y de diarios de navegación creados por los gobiernos de Francia (1720), Inglaterra y Holanda (1740). De este modo, sea cual fuere el lugar de destino del viaje, los capitanes podían documentarse antes de zarpar.

Por su parte, los instrumentos ópticos se perfeccionaron; Hadley puso a punto el octante en 1731, y más tarde apareció el sextante, que permitía tomar la altura del Sol y calcular con un mínimo error la latitud de un lugar. Pero el problema, como ya se dijo en el capítulo anterior, era determinar la longitud; ya en 1714, por un erróneo cálculo de ésta, un buque había estado errando durante un mes por el Pacífico Sur, muriendo por ello 80 personas víctimas del escorbuto; y en 1763, un buque francés que se dirigía a El Cabo arribó a Brasil. Por eso el Parlamento de Londres ofreció una recompensa a quien lograra encontrar un método seguro para el cálculo de la longitud. En 1764 conseguía ese premio John Harrison (1693-1776); este mecánico inglés

(puntal), 3.116 metros cuadrados de velamen, 1.100 tripulantes, y 118 cañones; podía almacenar víveres y agua para 180 y 120 días respectivamente. Véase la *Historia Universal Marín*, Barcelona, Ed. Marín, 1973, tomo 4, pp. 506 y ss.

inventó un cronómetro muy perfecto, aunque caro, que pudo utilizarse en el segundo viaje del capitán Cook (1772), al que dotó de una mayor seguridad en rumbos y posiciones.

Finalmente, la seguridad se extendió también a los tripulantes y viajeros. Una severa higiene, el empleo de medios contra el escorbuto, la cerveza y el *choucroute* disminuyeron la mortalidad en el mar; muestra de ello es que, durante los tres años de su segundo viaje, el capitán Cook perdió sólo un hombre por enfermedad. Otra de las precauciones tomadas durante los viajes era que las expediciones se compusieran de dos navíos, actuando uno de ellos como explorador. Así aumentaron en número y exactitud las observaciones astronómicas, los sondeos de profundidad y otros estudios. Generalmente, al avistar tierra, se anclaban los buques y, mediante pequeñas embarcaciones, se inspeccionaba la costa con todo cuidado. A causa de todas esas precauciones, sólo la expedición La Pérouse acabó en una catástrofe.

Grandes viajes y exploraciones

Con estas premisas, es fácil comprender que todos los Estados europeos se lanzaran durante el siglo XVIII a realizar grandes viajes y expediciones que les permitiesen encontrar nuevas fuentes de riquezas, explorar los territorios todavía desconocidos, abrir nuevas y más rápidas rutas, y proporcionar a sus científicos los datos que necesitaban para completar el conocimiento total de la Tierra y de los productos de su naturaleza. Estas expediciones fueron preparándose progresivamente con medios y métodos cada vez más científicos; en vez de partir en busca de hallazgos fortuitos o casuales, los comandantes de las expediciones recibían instrucciones concretas sobre los objetivos a conseguir; redactadas por sabios de la Corte, les señalaban los problemas a resolver y las búsquedas a efectuar. Muchas veces, los científicos mismos (astrónomos, médicos, naturalistas, etc.) pasaban a formar parte de las expediciones, lo que convirtió las relaciones y diarios de viajes en auténticos documentos científicos o «diarios de campo».

Además, había otro aspecto científico, de índole geográfica y astronómica, que fue la causa de algunas expediciones; la hipótesis del continente austral, uno de los problemas más controvertidos durante aquellos siglos. Desde que los navegantes españoles señalaran en el si-

glo XVI —y luego los holandeses en el XVII— la existencia de tierras al sur del océano Pacífico (Nueva Guinea, Australia y Nueva Zelanda), se pensó que éstas deberían ser las costas septentrionales de un gran continente austral. Ese continente, hasta entonces desconocido, tenía que existir necesariamente para que el globo terrestre mantuviese un equilibrio lógico: de no ser así, el hemisferio norte de la Tierra contendría más tierras emergidas (y más peso) que el hemisferio sur, y eso supondría un desequilibrio en nuestro planeta que resultaba inadmisible para muchos astrónomos y físicos. Hasta entonces, todos los navegantes que doblaban los estrechos de Magallanes o de Drake ponían rumbo al noroeste, lo que dejaba sin solución el problema de la existencia o no del supuesto continente austral [7].

Los holandeses, con espíritu comercial mercantilista, fueron los primeros en lanzarse a estas exploraciones, intrépidas y aventuradas por lo peligrosa que aún resultaba la navegación a principios de aquel siglo. Así, en 1721 salía Jacob Roggeveen del puerto de Texel, con tres veleros y 290 hombres, rumbo a los mares del Sur, en una exploración fletada por la Compañía de las Indias Orientales holandesa. Tras pasar por Brasil (donde desertó parte de la tripulación), llegó a las islas Shetland del Sur (junto a la Antártida) y, subiendo por el Pacífico hacia las islas de Juan Fernández, arribó el domingo de pascua de 1722 a una isla, extraña por las enormes esculturas que tenía, a la que llamó isla de Pascua. Siguiendo su marcha por los archipiélagos de Tuamotú y las Salomón, llegó a Nueva Guinea y desembarcó en Batavia (hoy Yakarta), donde —a pesar de ser holandés— se le apresó y confiscaron sus barcos.

Los ingleses, como es lógico por su condición insular y sus intereses comerciales, fueron grandes navegantes y exploradores. Entre 1740 y 1744, el comodoro George Anson, al frente de seis navíos y capitaneando el *Centurión,* dobló el estrecho de Magallanes, atacó ferozmente la costa chilena (Inglaterra y España combatían en la Guerra de Sucesión de Austria [1741-1748]), y por el Pacífico llegó al puerto amigo

[7] Sobre los viajes y expediciones de este período, ya legendarios, es muy aconsejable y asequible releer, además del libro de Sedillot citado en los primeros capítulos, un pequeño y denso libro, realizado en colaboración por varios profesores universitarios, *La conquista de la Tierra,* Madrid, Salvat-Alianza, 1970, libro RTV n.º 82. Recientemente ha aparecido el trabajo de J. F. de la Bodega y Cuadra, *El descubrimiento del fin del mundo, 1775-1792,* Madrid, Alianza, 1990.

del Macao portugués; desde allí atacó y apresó al riquísimo *Galeón de China* español, también llamado el *Galeón de Manila,* que hacía la ruta Manila-Acapulco. En su *Diario,* Anson dejó notas de gran interés científico, así como los detalles de la ruta del *Galeón de China,* que los españoles habían procurado mantener en un absoluto secreto. Murió siendo primer lord del Almirantazgo.

20 años después, el gobierno británico decidió enviar nuevas expediciones a las aguas del Pacífico en busca de tierras aún desconocidas. En Inglaterra eran muchas las personas que creían en la existencia de un amplio continente austral, y que insistían para que se realizasen las expediciones necesarias para descubir aquellas tierras del sur; en este aspecto, destacaron especialmente los escritos de Dalrymple; en ellos se recogían todos los datos sobre este tema conocidos hasta entonces por los viajes ya realizados. Para Inglaterra, la potencia marítima más importante del mundo, era una cuestión de prestigio e interés conocer bien la región de los mares australes, tanto desde el punto de vista estratégico como desde el de la expansión comercial; decididos a ello, los ingleses llevarían desde 1760 la iniciativa en esas exploraciones, siendo los que realizaron la labor más positiva.

Para lograr estos propósitos, el gobierno inglés armó dos embarcaciones que puso bajo el mando del almirante John Byron (1723-1786), el abuelo del famoso poeta romántico, a quien dio instrucciones concretas [8]. Desde 1764 a 1766, Byron navegó por aquellos mares y, además de reconocer y tomar posesión de las islas Malvinas contra todo derecho [9], hizo un buen estudio del estrecho de Magallanes, y

[8] El interés del gobierno británico en este tipo de expediciones podría explicar, al menos por analogía, las expediciones enviadas por el gobierno español a sus territorios de América. En las instrucciones dadas a Byron se decía: «Nada más propio para elevar la gloria de un país entre las potencias marítimas, y nada puede contribuir tanto a la dignidad de la Corona, como hacer descubrimientos de nuevas regiones. Y hay motivos para creer que pueden encontrarse en los mares del Sur, entre el cabo de Buena Esperanza y el estrecho de Magallanes, grandes tierras e islas aún desconocidas, en latitudes cómodas para la navegación y en climas propios para la producción de géneros útiles al comercio».

[9] Las Malvinas (a las que los británicos llaman Falkland) pertenecían ya a España, por lo que la toma de posesión por Byron no sólo no fue legal, sino que fue inmediatamente rechazada por Francia y España. Parece que habían sido descubiertas por los marineros del *San Antonio,* dirigidos por el piloto Esteban Gómez, cuando desertaron de la flota de Magallanes en 1520. Por ello, en el *Islario General* de Alonso de Santa Cruz (1541) se da noticia de estas islas, que ya aparecían en los mapas realizados alrededor de

descubrió las islas del Desengaño, del Rey Jorge y alguna de las Mulgraves. A su vuelta partió una nueva expedición en dos naves, mandadas por S. Wallis y Carteret; el primero descubrió en 1767 varias islas del archipiélado de Tuamotu y la de Tahití, pasando luego a las Samoa y las Marianas; el segundo, la isla de Pitcairn (famosa porque, en 1790, desembarcarían en ella los marineros amotinados de la *Bounty*, hecho que ha inspirado novelas y películas), los archipiélagos de Santa Cruz y Salomón, y las islas de Nueva Bretaña.

Los franceses, por su parte, también realizaron viajes de descubrimiento y exploración; en 1766, el gobierno fletó las fragatas *Boudeuse* y *L'Etoile* y encomendó su mando a Louis-Antoine de Bougainville (1729-1811), naturalista y militar, que ya se había destacado luchando

1526, y en la carta geográfica de Diego Ribero (1529), donde reciben el nombre de San Antón; con el tiempo se transformó en Santón y luego en Sansón, como aparece en el mapa de Bartolomé Olives (1562). Los ingleses, por su parte, afirman que fueron descubiertas por John Davis en 1592, tras desertar de la expedición corsaria de Cavendish (aunque varios historiadores han mostrado la falsedad de su pretendido informe), y por Richard Hawkins en 1594 (noticia también falsa: ni siquiera aparecen estas islas en la cartografía inglesa hasta el siglo XVII). Si acaso hubiera que atribuir su descubrimiento probado a alguien, sería a los holandeses Sebald dee Weert, en 1600, y Cornelius Schouten, en 1616; ante el arribo de éstos, los españoles enviaron (1618) dos navíos, con víveres y armamento, a las islas para levantar allí una fortaleza que defendiera su posesión. A finales del XVII, el inglés John Strong reconoció el estrecho que separa las dos islas mayores, al que llamó Falkland; este nombre tuvo fortuna, y en los mapas ingleses pasó a designar todo el archipiélago.

Posteriormente a estos hechos, expediciones francesas arribaron en 1706 a estas islas, a las que llamaron Malvinas en honor de los marineros de Saint-Malo *(malouins)* que las avistaron. Alrededor de 1744, el comodoro inglés George Anson recomendó a su gobierno que ocupara las islas; iniciados los preparativos, la protesta del gobierno español hizo desistir al inglés. Pero, en 1764, el francés Bougainville desembarcó allí, creó un fuerte y un poblado, y dejó en ellos sendas guarniciones. Al año siguiente llegó el mencionado Jonh Byron, y tomó también posesión de las islas. El gobierno español no permaneció impasible, y envió instrucciones al gobernador de Buenos Aires, Francisco de Paula Bucareli y Ursúa, a la vez que realizaba gestiones diplomáticas con Francia. Bougianville entregó el fuerte de Saint-Louis a los españoles, que le llamaron Puerto Soledad, y dejaron allí un destacamento militar. Como los ingleses se negasen a evacuar las islas, el gobernador Bucareli envió una escuadra de cinco buques contra ellos; los ingleses capitularon en 1770. La diplomacia británica reconoció la soberanía española sobre las islas en 1771. Tras la independencia de Argentina en 1816, fueron incorporadas a ella; pero, haciendo uso de la fuerza, Palmerston las ocupó en 1833. Después de 150 años de negociaciones, y a pesar de las recomendaciones de la ONU, Gran Bretaña no las ha devuelto aún a Argentina, lo que originó una guerra en 1982 que resultó desastrosa para ésta.

junto a Montcalm en Canadá y por su intento de colonizar también las Malvinas en 1764. Zarpó de Brest en 1766, llevando a bordo un astrónomo, un naturalista y un ingeniero, en un viaje de circunnavegación de la Tierra. Sus observaciones en este periplo, expuestas en *Viaje alrededor del mundo* (1771), sobrepasaban a las de los capitanes ingleses, y sólo fueron superadas por Cook. En su obra aparecen interesantes reflexiones de tipo roussoniano sobre la bondad natural del hombre primitivo. Pasando por el estrecho de Magallanes, Bougainville estudió varios arrecifes e islas de Oceanía (los archipiélagos más orientales de la Polinesia), desembarcó en Tahití, y descubrió las Samoa (a las que denominó Islas de los Navegantes), las Nuevas Hébridas (que llamó Grandes Cícladas), y el archipiélago de la Luisíada. Tras explorar Nueva Guinea, las Molucas y Java, regresó a Francia después de tres años de singladuras. Fue éste el primer viaje en el que se emplearon rigurosamente los procedimientos de la época para determinar la longitud de cada punto.

En 1771 y 1772 se organizaron otros dos viajes para ensayar los relojes marinos de Berthoud y Le Roy; no sólo mostraron la seguridad del procedimiento de cálculo de la longitud, sino que mejoraron considerablemente los mapas del Atlántico y del mar del Norte, que hasta entonces eran muy defectuosos. El segundo de estos viajes fue el del explorador Yves J. de Kergelen de Trémarec (1734-1797), quien descubrió en el Índico la isla que lleva su nombre, y escribió varias relaciones de sus viajes. En lo que a América se refiere, M. Garnier navegó en 1769 por aquellas aguas y consiguió rectificar muchos puntos en las cartas marítimas de aquellas latitudes. Las costas del continente australiano, descubierto y cartografiado por los españoles en el siglo XVI, fueron navegadas y estudiadas por el capitán Marion (1729-1773); dirigiéndose al este, llegó a Nueva Zelanda y allí fue muerto por los nativos.

Pero también por tierra se realizaron grandes expediciones. En la Rusia de 1724, el zar Pedro I el Grande llamó a San Petersburgo a uno de sus mejores marinos, el danés Vitus Bering, para solicitar su ayuda en el proyecto de un mapa preciso de Siberia. Con la orden de hallar un establecimiento europeo, Bering partió con dos oficiales y 30 hombres, realizando un viaje épico por Siberia; atravesaron a caballo o en trineo grandes extensiones de nieve, marismas, ríos y estepas transportando en carros (y a veces a hombros) los materiales necesarios para

reconocer los territorios descubiertos. Tras repostar en Yakutsk, a orillas del Lena, llegaron a Ojotsk, en la costa del nordeste de Asia, al norte del océano Pacífico. Desde allí, Bering embarcó hacia la península de Kamchatka, y desde ésta hacia el norte; descubrió la isla de San Lorenzo y, a pesar de la niebla, reconoció que un estrecho (el que hoy lleva su nombre) separaba Asia de América. Bering realizaría una nueva expedición marítima en 1741, en la que descubriría la isla de su nombre (en el Archipiélago del Gobernador), en donde invernó; allí murió de escorbuto, junto con dos tercios de su tripulación.

Mientras, los rusos efectuaron otras expediciones terrestres que, descendiendo el Lena en trineo, exploraron el litoral del océano glacial Ártico; Prutchitchev (1735-1736), Laptev (1736-1740) y Cheliuskin, que en 1742 alcanzó la tierra continental más septentrional de Asia en el cabo que lleva su nombre, frente a las islas de Severnaia Zemlya. Más tarde, desde 1768 a 1774, Catalina II ordenó realizar otras exploraciones de su vasto imperio, tanto marítimas (estudio y cartografiado del litoral) como terrestres (estudio de las regiones del interior). El resultado, sin embargo, de los trabajos y estudios marítimos no varió notablemente la forma del norte de Asia que Bourguignon D'Anville había dibujado en su mapa, antes mencionado.

Sin embargo, los viajes más conocidos e interesantes (incluso desde el punto de vista científico) son los del capitán James Cook (1728-1779), efectuados en relación con el problema del continente austral. Hasta sus viajes, todos los buques que atravesaban los estrechos de Magallanes o de Drake ponían rumbo al noroeste, dejando sin solucionar el problema de la existencia del hipotético continente: la respuesta la daría este capitán británico, que protagonizó cuatro grandes viajes de extraordinaria importancia científica por lo obtenido en sus notables singladuras.

El primer viaje de Cook (1768-1770) surgió con ocasión de un compromiso internacional de tipo científico contraído por Inglaterra; ésta se había ofrecido para observar, en la isla de Tahití, la conjunción de Venus con el Sol (el llamado paso de Venus) que debía producirse en 1769, con el fin de determinar la distancia del Sol a la Tierra. El gobierno británico designó a Cook, ya familiarizado con cálculos y determinaciones geográficas, hidrográficas y astronómicas, para mandar el *Endeavour*; en él embarcaron el astrónomo M. Green, el naturalista Banks, el cartógrafo Buchan, el médico Monkhouse y el botánico sue-

co Solander. Se hicieron a la vela desde Plymouth en agosto de 1768; tras desembarcar en Tahití en el mes de abril, estudiaron allí el paso de Venus, tan esperado por todos los astrónomos de Europa. Mientras, Cook levantaba el mapa de la isla y reconocía el archipiélago, al que llamó Islas de la Soledad. Desde agosto, dio comienzo a la segunda parte de su programa de viaje: la exploración y los descubrimientos.

Se dirigieron hacia el sur «para ver —escribía Cook— descubrir un continente y no perder tiempo en buscar islas». En aquel tiempo, en toda Europa estaba generalizada la creencia en un continente austral, lo que no era de extrañar si se tenía en cuenta lo referido por los navegantes y pilotos españoles y portugueses desde principios del siglo XVII. Poniendo luego rumbo suroeste, Cook divisó tierra en octubre: cayó entonces en la cuenta de que había cometido un error de 31° 6' en el cálculo de la longitud respecto al meridiano. Aquellas islas, que Cook llamó Nueva Zelanda, eran las que ya en 1642 había descubierto Abel Tasman; tras circunnavegarlas durante casi seis meses, levantó un exacto mapa de las islas, entró en contacto con sus habitantes (los maoríes) y puso nuevamente rumbo oeste. De ese modo llegó al norte de la isla de Van Diemen (hoy Tasmania), y exploró en 1770 la costa oriental de Australia; en su *Diario* Cook reflejaba la gran sorpresa que le causaron los canguros. Explorando esta costa con rumbo norte, una roca coralina a ras del agua hizo encallar al *Endeavour*; Cook reparó el buque y puso rumbo a Inglaterra, pasando por el estrecho de Torres.

Las noticias y mapas realizados por Cook y sus oficiales en aquella expedición eran de tal precisión y exactitud que despertaron la admiración de Europa. Entre sus logros se destaca el haber podido añadir a los mapas del Pacífico la cartografía de la costa oriental australiana, y el haber establecido la insularidad de las tierras de Nueva Zelanda y de Van Diemen. Esto no resolvía el problema de si aquellas tierras eran, o no, el tan buscado continente austral, pero hizo tambalear aquella teoría; sin embargo, Cook había navegado por unas extensas costas que quizá podrían ser las del referido continente (de hecho eran las de otro continente: el australiano). Por todo ello, la Royal Society de Londres pidió permiso al gobierno británico para enviar una segunda expedición, cuyo objeto fuera comprobar definitivamente la existencia o no del supuesto continente austral.

En su segundo viaje (1772-1775), Cook llevó dos navíos, el *Resolution* y el *Adventure*, que zarparon de Plymouth en julio de 1772 con

la instrucción de aproximarse lo más posible al polo austral. Doblado el cabo de Hornos, su lucha contra los hielos de las aguas australes le hizo desistir y poner rumbo a Tahití; tras avituallarse en aquellas islas, zarpó con rumbo oeste y arribó a las Tonga, cuya posición determinó correctamente. Desde allí se dirigió a Nueva Zelanda; en noviembre de 1773 puso rumbo al sur con objeto de acercarse al polo austral o al continente que se creía que debía existir en sus alrededores. Llegó así hasta el paralelo 71, debajo incluso del círculo polar antártico, pero los hielos de la banquís le obligaron a retroceder hacia el norte, dirigiéndose hacia las islas Marquesas, aún desconocidas a pesar de haber sido descubiertas por el español Álvaro de Mendaña en 1595. Cook determinó su posición en 1774, y lo mismo hizo después con las Tonga, con las del Espíritu Santo (a las que bautizó como Nuevas Hébridas) y con la gran isla que él llamó Nueva Caledonia. Desde allí buscó nuevamente el continente austral; tras pasar por el estrecho que hoy lleva su nombre, entre las dos islas de Nueva Zelanda, navegó hacia el sureste y dobló otra vez el cabo de Hornos. Descubrió unas islas a las que dio el nombre de Georgia en honor de Jorge III, y bajó de nuevo hacia el sur; una vez más detenido por los hielos flotantes, puso rumbo a Inglaterra.

Al desembarcar en julio de 1775, después de circunnavegar el mundo en su latitud más meridional, había demostrado la falsedad de las teorías —y esperanzas— acerca del continente austral. Por el contrario, en el ámbito práctico, el mapa del sur del Pacífico, hasta entonces casi vacío, quedaba establecido con pequeñas diferencias respecto al que hoy tenemos. Además, dejó constancia en su *Diario* de la existencia de una gran tierra, cuyas costas había visitado, que ni era el continente austral que otros (como Dalrymple) suponían, ni se hallaba en la latitud exigida por aquellas especulaciones teóricas. Sin embargo, Cook se engañaba doblemente: creía que el mar polar antártico era impenetrable más allá de los 71° de latitud, y que no existían tierras a partir del círculo polar [10]. Las navegaciones, en el siglo XIX, de Biscoe, D'Urville, J. Clark Ross y otros demostrarían lo contrario.

[10] Efectivamente, Cook se equivocó; a mediados del siguiente siglo (en 1841), James Clark Ross descubrió el continente austral, que nosotros conocemos como la Antártida, aunque no pudo explorarla; esta hazaña, así como la llegada al Polo sur, estaba reservada a Amudsen (1910-1911) y Scott (1910-1912).

El tercer y último viaje de Cook (1776-1780) tenía otro objetivo. Ya en 1773, y por encargo de la Royal Society, el capitán Phipps había intentado sin éxito llegar al polo norte por encima de las Spitzberg para encontrar el anhelado paso del noroeste del Atlántico al Pacífico, por encima de las tierras de América; pero la banquís le había impedido pasar de los 80° de latitud. Ahora se encomendaba a Cook la misión de hallar aquel paso, pero en vez de buscarlo por Groenlandia o las tierras del Labrador (de este a oeste, como se había señalado a Phipps) se haría por el noroeste de América (de oeste a este). Este viaje suponía el triunfo del capitán Cook; hasta entonces había navegado, estudiado y cartografiado los océanos y mares del sur, y ahora se le proponía explorar los del norte; de este modo, en menos de diez años surcaría todos los mares del globo, poniéndoles bajo la hegemonía científica de Inglaterra.

Zarpó de Plymouth a bordo del *Resolution*, junto con el *Discovery*, en julio de 1776; en noviembre salían de El Cabo hacia las islas recién descubiertas por Marion y Kerguelen, que llevan sus nombres, pasando por Tasmania, las Tonga y Tahití. Desde allí, dirigiéndose hacia el norte, llegó a unas islas que llamó Sandwich (hoy Hawai); allí se maravilló de que aquellas gentes hablasen la misma lengua que los del archipiélago de la Soledad, lo que le asombraba puesto que Tahití está separada de Hawai por cerca de 4.500 kilómetros de distancia a través del mar. En febrero de 1777 zarpó hacia la costa noroeste de América, avituallándose cerca de la desembocadura del río Oregón (hoy llamado Columbia), fuera ya de los territorios españoles. El mal tiempo le impidió desembarcar y reconocer las islas que ocultan la costa, lo que había de hacer su acompañante George Vancouver en su viaje de 1792 a 1794; no obstante, sus singladuras subieron hasta el paralelo 60, donde la costa tuerce hacia el oeste y forma la península de Alaska; allí advirtió que el mapa que trazara Vitus Bering exigía muchas rectificaciones, lo que efectuó.

Reconociendo la costa, Cook llegó a las islas Aleutianas y dobló hacia el norte. Una vez traspasado el estrecho de Bering, y en cumplimiento de la misión que se le había encomendado, subió 5° más al norte en busca del famoso paso del noroeste. Pero los hielos le impidieron avanzar más, por lo que hubo de retirarse poniendo rumbo al sur; en enero de 1779 desembarcaba en las islas Sandwich, cuyos habitantes habían mostrado gran afabilidad. Un mes después estalló una

rebelión, y un marinero inglés mató a uno de los jefes locales: se produjo entonces una escaramuza, y un indígena acometió a Cook, asestándole un golpe que le produjo la muerte. Después de la batalla, los ingleses intentaron varias veces recoger su cuerpo, consiguiendo recuperar sólo un trozo del tronco y, posteriormente, sus manos y el cráneo.

El mando pasó entonces a Clerke, el capitán del *Discovery*, quien puso nuevamente rumbo al norte; pero, al pasar otra vez el estrecho de Bering, los hielos detuvieron su avance. Con rumbo sureste, reconoció la costa del nordeste de Asia, cuya configuración exacta se determinó en aquella expedición. Siguiendo aquella costa, llegaron a la península de Kamchatka, que también cartografiaron, y en noviembre desembarcaban en el puerto amigo del Macao portugués. Allí se enteraron de que se había declarado la guerra entre Inglaterra y Francia, pero también de que el rey Luis XVI había expedido a la armada francesa un salvoconducto para la expedición británica:

> El capitán Cook, salido de Plymouth el mes de julio de 1776 —decía el rey— para intentar descubrimientos en los mares del Japón y California, debe hallarse a punto de volver a Europa; y siendo empresas semejantes de utilidad general para todas las naciones, quiere el rey que el capitán Cook, donde quiera que los comandantes de nuestros barcos encuentren a tan célebre navegante, sea tratado como el comandante de una potencia neutral y aliada...

Gracias a tan noble gesto, los dos navíos británicos pudieron alcanzar, con toda seguridad, las costas de Inglaterra en 1780, tras cuatro años de ausencia.

A pesar de estos grandes hallazgos y realizaciones, es preciso reseñar otra expedición que —por el contrario— acabó en un desastre total, lo que nos muestra lo realmente peligroso de estos viajes y expediciones, y el mérito y reconocimiento debidos a sus autores. El rey Luis XVI quiso que Francia completase en el Pacífico los descubrimientos realizados por Cook, y encomendó esta misión a Jean-François Galaup de La Pérouse (1741-1788). El plan del rey francés consistía en reconocer los archipiélagos del Pacífico sur, las islas de Nueva Guinea, Australia, la costa noroeste de América y las aguas del mar del Japón. Esto permitiría quitarle a Inglaterra el monopolio de las expediciones

científicas, que Cook le había conseguido en la segunda mitad del siglo XVIII.

Militar y marino experto, La Pérouse había tomado parte en la Guerra de los Siete Años, actuando en la India y Canadá; la parte técnica del viaje correría a cargo del caballero Paul-A. Fleuriot de Langle (1744-1787). Capitaneando respectivamente la *Boussole* y la *Astrolabe*, en las que cargaron toda suerte de instrumentos, equipos y personal científico, zarparon de Brest en agosto de 1785; desde Canarias, fueron a Brasil y, tras doblar el cabo de Hornos, tocaron Chile, la isla de Pascua y las Sandwich (Hawai), para subir por la costa americana hasta Alaska. Luego, en dirección sursuroeste, atravesaron el Pacífico y llegaron a las Marianas, recalando en Macao y Filipinas; tomando luego rumbo norte, pasaron en abril por Formosa, y bordeando la costa de Corea entraron en el mar del Japón, donde reconocieron las costas de la isla nipona de Yeso (hoy Hokkaido) y el estrecho (bautizado con su nombre) que la separa de la de Sajalín. Siguiendo la línea de las Kuriles, arribaron a la península rusa de Kamchatka, fondeando en su puerto de Petropavlovsk; desde allí se envió por tierra a Lesseps (1787), con diverso material y un detallado relato de lo descubierto y cartografiado en el viaje; utilizando trineos, atravesó Siberia y Rusia, y en poco más de un año llegó a París.

Mientras, La Pérouse ponía rumbo al sur, hacia Australia. En las Samoa, un incidente con los indígenas costó la vida a Fleuriot, al naturalista Lamanon y a nueve tripulantes más. Tras visitar las Fidji, en enero de 1788 fondeaban en Australia, cerca de la actual Sidney. Pero, desde el momento en que reembarcaron para seguir las instrucciones recibidas, se perdió su rastro y nunca más se supo de aquellos expedicionarios; algunos restos encontrados en las cercanas Nuevas Hébridas sugieren la posibilidad de un naufragio, pero jamás se encontró ningún superviviente. Cuando llegó Lesseps a Francia, las noticias, mapas y dibujos de la expedición despertaron la expectación pública, y Luis XVI envió una nueva expedición en su busca. Encargó de tal misión a A.R.J. de Bruni, caballero d'Entrecasteaux (1737-1793), quien llevó de segundo a Huon de Kermadec. A bordo de sus dos navíos, la *Recherche* y la *Espérance*, volvió a recorrer infructuosamente las islas visitadas por La Pérouse sin encontrar supervivientes ni rastro alguno.

La conclusión evidente de todas estas expediciones enviadas por las potencias europeas a tierras lejanas es que buscaban descubrir y to-

mar posesión de nuevos territorios para sus soberanos. Pero tal conclusión es muy simplista... y falsa. Además de ese objetivo —que siempre se ha dado— había otro que estaba más en consonancia con el pensamiento, la mentalidad ilustrada y la filantropía del «siglo de las luces»: adquirir conocimientos eficaces y útiles para los hombres de aquel tiempo. Insistamos en este segundo objetivo o aspecto de las expediciones e investigaciones que se dieron en aquel siglo, porque es el que explica el extraordinario interés que todos los europeos sentían por el Nuevo Continente y los productos de su exótica naturaleza.

Este interés aparece ya en el siglo XVI, y perdura de tal modo en el XVIII que no sólo mueve a las potencias europeas con territorios en América, sino también a otros Estados ajenas a ella. El ejemplo más evidente lo proporciona el Sacro Imperio Romano-Germánico; en 1754, el emperador Francisco I de Habsburgo-Lorena (1745-1765) envió a la América española una expedición, dirigida por Nicolás-José Jacquin (1727-1817), para estudiar las plantas americanas; los cuantiosos gastos de aquella expedición imperial ascendieron a más de 300.000 pesos. Pero sería España la nación que culminase con todo rigor y éxito los objetivos, trabajos y estudios de los naturalistas europeos en América.

Las expediciones españolas

Es necesario tener en cuenta lo antes expuesto para comprender mejor la importancia e interés de las expediciones que también España realizó en aquellos años, y para poder valorarlas con toda justicia y de manera comparativa. El objetivo o interés de las expediciones españolas no podía estar en los mares del Pacífico ni en la búsqueda de nuevos continentes, sino en sus tierras de América. Esto se entiende fácilmente; respecto a los mares del sur, ya existía una presencia española en las Filipinas y otros archipiélagos, que permitían el comercio con China (el *galeón de Manila*) y otros países de la zona; y con respecto a la búsqueda de otro continente, era innecesaria, puesto que los españoles ya habían descubierto y conquistado uno, muy extenso además. Y es que España, desde que a principios del siglo XVIII perdiera sus posesiones europeas, se volcó totalmente —conforme el acertado con-

sejo de Patiño— en sus reinos y tierras de allende el océano Atlántico: ¿para qué iba a buscar más tierras en el lejano Pacífico?

Esta matización es imprescindible para entender justamente que eso marca la diferencia sustancial entre las expediciones españolas y las de las otras potencias europeas; Francia e Inglaterra se hicieron a la mar en busca de nuevas tierras que poseer, mientras que España lo hizo para conocer mejor y con más precisión las tierras que ya poseía. Como era propio de aquellas fechas, los españoles ilustrados querían saber y conocer qué recursos y riquezas naturales (prescindiendo del oro y la plata, ya conocidos y explotados desde el principio) contenían aquellas tierras hispanas del otro lado del mar, en las que vivían sus parientes y a las que enviaban a sus hijos y funcionarios.

Y este hecho es algo que no debe olvidarse, a pesar de que apenas se reconoce y resalta en este ámbito; la Ilustración española, sobre todo en la segunda mitad del siglo XVIII, estaba verdaderamente imbuida de un auténtico espíritu científico y reformista, hasta el punto de que ésa —y no otra— era la actitud de los gobernantes y la de una Administración en la que, además de participar la nobleza tradicional, estaban presentes entonces los miembros de una burguesía pujante representada por los manteístas y por los clérigos.

Insistamos en este hecho: incluso la Iglesia española, hasta entonces «martillo de herejes y luz de Trento», más que oponerse a él —como a veces se pretende—, participaba en ese espíritu científico y reformista, incluso en los niveles más altos de su jerarquía eclesial. En modo alguno son excepciones a la generalidad los casos referidos en el capítulo anterior; el arzobispo de Méjico, impulsor de la vacuna en su extensa diócesis antes de la llegada de Balmís, el inquisidor Laso narrado por Orfila, el padre Flórez con el Gabinete Real de Historia Natural, Celestino Mutis y otros muchos que podrían recordarse. Esto es fácilmente explicable si se tiene en cuenta que, en aquel siglo, la mayoría de los clérigos que ocupaban cargos importantes o regían parroquias de alguna categoría, habían pasado por la universidad, los colegios mayores, o las nuevas instituciones, y ostentaban títulos académicos. Cualquiera puede comprobar esto con sólo hojear los libros sacramentales [11] del archivo de cualquier parroquia de España.

[11] Véase mi artículo «Una aproximación a la documentación de los archivos parroquiales de España» en *Hispania*, Revista de Historia que edita el C.S.I.C., n.º XLVI, 1986,

Los conocimientos científicos que los españoles querían adquirir mediante el envío de sus expediciones, no sólo estaban dirigidos a construir ciencia pura sino, también, con un criterio utilitarista y comercial, a desarrollar una agricultura más productiva, unas explotaciones mineras más eficaces, unas industrias manufactureras más variadas, y un comercio más vigoroso y competitivo. De ahí que las expediciones españolas tuviesen preferentemente un acento más naturalista (en busca de novedades y recursos en la flora, la fauna y la geología americanas) que geográfico o cartográfico, como era el caso de las exploraciones francesas o británicas. No obstante, esto no significa que en las expediciones españolas se descuidasen los aspectos relacionados con la elaboración de mapas y la comprobación de los datos geográficos.

Es de todos sabido que la base primordial de la economía española en América era la minería. El subsuelo era propiedad de la corona, que arrendaba su explotación a entidades, gremios o personas concretas, reservándose siempre el Estado el derecho a intervenir en la explotación. Las minas más importantes en la época virreinal fueron las de Zacatecas, Popayán, Porco, Zaruma, Castrovirreina y —por encima de todas— Huancavelica y Potosí. El oro fue el metal más apreciado desde el momento mismo del descubrimiento, y tras él la plata. Se decía en aquellos siglos que por las pistas de oro envejecieron muchos blancos, y excavando la plata murieron muchos indios. El oro se producía en las Antillas, Méjico, Perú y Centroamérica; la plata, en Potosí; el cobre, en Chile y la América central; las esmeraldas, en Nueva Granada; la sal, en Venezuela; finalmente, el guano se recogía en la costa del Perú.

pp. 169 y ss. A este respecto, el estudio pormenorizado de estos archivos españoles, poco atendidos hasta ahora, revela importantes datos y matices sobre la Iglesia española, y deshace ciertos prejuicios habituales a este aspecto. Por otro lado, son una de las más precisas, exactas y ricas fuentes disponibles en nuestro país (y en muchos de América) para el estudio de la demografía, la sociedad y la economía de una nación, así como para otro tipo de investigaciones menos científicas, pero más humanas: las de la propia familia. En Francia, con motivo de la exhibición en televisión de la serie americana *Raíces*, se produjo gran curiosidad primero, y una avalancha de peticiones a los genealogistas después, por parte del público francés, que deseaba conocer quiénes fueron y qué eran sus antepasados; en España, por el contrario, eso es facilísimo de lograr y está al alcance de cualquiera: como se explica en el citado artículo, basta con obtener el permiso del párroco, y podremos remontar nuestra investigación o árbol genealógico hasta el siglo XVI.

El ejemplo paradigmático es el descubrimiento de plata en Potosí por un muchacho indio al servicio de Juan de Villarroel (1510-1585), el conquistador de Charcas (Bolivia); el indiecito pasó una fría noche en el monte con su rebaño de llamas, y encendió una hoguera para combatir el frío: por la mañana, bajo la hoguera había una gran mancha de algo muy blanco y brillante. Al correrse la noticia, de las montañas de Potosí empezó a salir tanta plata que Potosí ha pasado a la historia como la tierra de la riqueza. Pronto se levantó una ciudad tan grande y rica que tenía 36 salas de juego, 14 escuelas de baile y 8 de esgrima, así como innumerables tabernas. Un contemporáneo llegó a decir: «Con las riquezas que han salido de Potosí, son ricas Italia, Francia, Flandes y Alemania, y hasta el Turco tiene en su tesoro barras de Potosí... Es el más bien hecho cerro que se ha visto en todas las Indias y, si dijésemos que del mundo, no creo sería exageración...». Por su parte, el virrey Toledo (1566-1581) escribía al rey Felipe II acerca de Potosí y Huancavelica que eran «los ejes donde andan las ruedas de todo lo que de este Reino y su hacienda Vuestra Majestad en él tiene...».

Sin embargo, la botánica y los cultivos precolombinos eran, también, de un gran interés para aquellos españoles. Cuando éstos se extendieron en el siglo XVI por el continente americano vieron que los amerindios cultivaban ya la tierra, aunque sus agriculturas tuvieran características diferentes según las zonas en las que se producían. La importancia de aquellas agriculturas precolombinas estriba en que proporcionó a los europeos nuevos cultivos, hasta entonces desconocidos en el Viejo Continente, y su explotación se convirtió en la base y fundamento de la economía colonial y —por lógica extensión— de la europea. Estos productos agrícolas podían clasificarse según su aplicación o utilidad:

— plantas comestibles: eran el maíz, el tomate, el cacao, el maní o cacahuete, etc.

— plantas industriales (especialmente, en el ámbito textil): el añil, el caucho, la pita y el palo del Brasil, etc.

— plantas medicinales: la quina, la zarzaparrilla y algunas frutas (la piña, la chirimoya), etc.

— plantas de utilidades: el tabaco, la vainilla, etc. A esto habría que añadir el guano, el estiércol producido por las aves marinas que utilizaban los indios peruanos para abonar sus tierras.

Algunas de estas plantas tendrían una especial transcendencia, colaborando en los futuros cambios sociales y económicos de Europa, como es el caso de los cultivos industriales; cuando se produjo en Europa la revolución industrial, especialmente en su ámbito textil, los productos tintóreos fueron de importancia decisiva por su utilidad y las posibilidades que ofrecían. Al margen de esto, geográficamente se pueden establecer diversas áreas de cultivo en la América hispana:

— Antillas: cultivaban caña de azúcar, algodón y tabaco.

— Centroamérica: caña de azúcar y palo de Campeche (palo tintóreo).

— Venezuela: cacao, el producto más cotizado en España, y la yuca.

— Colombia: trigo, caña de azúcar, plátano y cacao.

— Perú: trigo y vid.

— Río de la Plata: pastos y hortalizas.

— Paraguay: pastos y hierba mate.

Pero sería engañoso creer que estos productos, que tanto auge y comercialización alcanzaron en los siglos XVII y XVIII, eran autóctonos: muchos de ellos fueron llevados allí desde Europa o África por los colonizadores. El ejemplo típico es la caña de azúcar y los plátanos que, probablemente, fueron introducidos en América desde las islas Canarias.

En el siglo XVI, el interés de la corona española por el conocimiento de la flora, la fauna y la geología americanas aumentaba progresivamente con la llegada a España de plantas, animales o minerales desconocidos en Europa; ese interés tenía una vertiente comercial y otra científica. Pero otro aspecto que despertó mucho interés también en los europeos fue el uso de nuevos remedios médico-naturales, usados por los indígenas mejicanos para el tratamiento de sus enfermedades. A esto habría que añadir una situación de hecho: los conquistadores españoles, y sus descendientes, se encontraban sin médicos españoles (y los que luego se instalaron allí resultaban insuficientes), por lo que tuvieron que relacionarse con los médicos indígenas por razones de mera supervivencia. Fue así como los españoles, y los europeos a través de ellos, descubrieron el amplio conocimiento de la farmacopea y las plantas medicinales que tenían los indígenas precolombinos, algo todavía desconocido en el Viejo Continente.

Para los españoles de aquel siglo, y con arreglo a la ciencia de la época, las plantas no sólo eran útiles para la alimentación y la industria, sino también para la salud; su utilidad medicinal había sido el principal motivo que en toda Europa, incluida España, impulsó la creación de jardines botánicos. El rey prudente —así se conoce en España a Felipe II—, aconsejado por Andrés Fernández Velázquez (más conocido como el doctor Laguna), médico de su padre Carlos V, había creado en Aranjuez (1555) un Jardín Botánico en el que también se cultivaban las plantas medicinales que se utilizaban para la atención de la Real Casa, para evitar así cualquier riesgo, incluido el de un envenenamiento. Por ello comprendía y apreciaba la utilidad de los conocimientos botánicos, y animado además por las relaciones y escritos aparecidos sobre la naturaleza americana (especialmente por el *Libellus de medicinalibus indorum herbis*, escrito en nahualt por el indio Martín de la Cruz en 1552, y traducido al latín por el indio xochimilco Juan Badiano), decidió que debían conocerse mejor la flora y la fauna de Nueva España (hoy Méjico). Éste fue el encargo que entregó a su médico mayor y de más confianza, Francisco Hernández.

Así fue como la expedición de Francisco Hernández (1517-1586), nombrado protomédico general de las Indias por el rey Felipe II, fue la primera expedición enviada por España a sus tierras de América, sirviendo de antecedente a todas las demás [12], y probablemente también —según H.S. Reed— la primera expedición botánica enviada por un gobierno. Acompañado de su hijo Juan y de tres pintores que debían encargarse de realizar las correspondientes reproducciones de las especies más interesantes, marchó Hernández al virreinato de Nueva España. Comenzando por Veracruz, marchó después a Huejutla en el norte, a Jiquilpán y Apatzingán en el oeste, y a Tecuamapa, Tututepec, Nejapa e Ixtlán en el sur y sureste.

Durante siete años (1571-1577) cumplió el mandato del rey, quien le había señalado que en aquellas tierras

[12] Para el estudio de la documentación relativa a ésta y a las demás expediciones, es necesaria la consulta de los fondos del hoy Museo Nacional de Ciencias Naturales. A su vez, para iniciarse en esta temática, es imprescindible empezar por la obra de M.ª Ángeles Calatayud Arinero, *Catálogo de las expediciones y viajes científicos españoles. Siglos XVIII y XIX*, Madrid, C.S.I.C., 1984. También es interesante el artículo «Las Reales expediciones científicas a Nueva España», de Enrique Beltrán, publicado en la obra editada por J.L. Peset, *La ciencia moderna y el nuevo mundo*, Madrid, CSIC, 1985.

> hay más cantidad de plantas y yerbas y otras semillas medicinales conocidas que en otra parte, debiendo obtener información de médicos, cirujanos, herbolarios e indios; debiendo asimismo registrar algunas generalidades sobre los empleos medicinales, como maneras de administrarlos, dosis, lugar de procedencia, clima y forma de cultivo...

Así lo hizo estudiando, pintando y colectando las especies de la fauna y la flora mejicanas en una serie de viajes por todo el territorio, poniendo más esfuerzo en lo concerniente a las hierbas medicinales, cuya abundancia y valor curativo habían encomiado los conquistadores, empezando por las mismas *Cartas de relación* de Hernán Cortés.

Como todo funcionario español de la época, enviaba periódicamente al rey la relación o avances de su trabajo. En 1576 tenía ya 16 libros sobre los productos naturales del virreinato, que envió a España, llevando consigo otros 22 al año siguiente, a su vuelta a la Corte. No obstante, y con gran previsión, por su parte, Hernández dejó en Méjico una copia de todos sus escritos con el fin de evitar que un inesperado naufragio o desgracia durante el viaje hiciese inútil o infructuosa su labor y trabajos de aquellos siete años.

Al llegar a España, su obra *Historia Natural de Nueva España*, aún manuscrita, fue depositada (1577) en la biblioteca del monasterio de El Escorial sin que llegara a publicarse... ¡durante casi 200 años! Tanto en Méjico como en Italia se editarían sendos resúmenes, pero en el siglo siguiente. Lo que sí ordenó Felipe II en 1580 es que, sobre una copia de ella, un oscuro médico napolitano llamado N. Antonio Reccho «redujese a una breve doctrina cuanto se refiere a usos médicos, y los escribiese en estilo sencillo». En un poema dedicado a su amigo Arias Montano, el doctor Hernández se lamentaba de la decisión real diciendo:

> ¿Cómo podrá ser buen juez y censor perito
> el que nada conoce de plantas, ni vio nuestros libros,
> ni ha sabido de nuestros trabajos y fatigas duras?

Mientras tanto, el incendio de la biblioteca escurialense acabó con la mayor parte de la obra de Hernández en España: sólo se salvaron sus borradores y los escritos no entregados al rey. De éstos, Casimiro Gómez Ortega, director del Jardín Botánico de Madrid, publicaría en-

tre 1787 y 1790 algunos manuscritos del protomédico referidos a las plantas mejicanas. En los años sesenta de este siglo, y sobre la copia dejada allí, la Universidad de Méjico ha ido editando en 6 volúmenes la obra completa de Francisco Hernández; han sido necesarios 400 años para verla en su totalidad [13].

Inexplicablemente, durante 200 años ningún rey español volvió a enviar expedición alguna a la América hispana para que prosiguiera la interesante labor de Hernández. Quizá se la consideró inútil e innecesaria, lo que es verdaderamente chocante si tenemos en cuenta que en el siglo XVI, y algo en el XVII, la tradición botánica indígena se mantenía aún viva entre los indios, especialmente entre los aztecas, y que la utilización de la quina en Europa había aumentado el interés de los europeos hacia aquellos productos medicinales. Este interés era especialmente importante si, además, recordamos algo que vimos en el capítulo anterior: en ese tiempo se inicia en la medicina la corriente yatroquímica, que busca la curación mediante el uso de sustancias químicas de origen natural.

Tras una espera de dos siglos, los ilustrados consiguieron cambiar el panorama científico y mental español; en el siglo XVIII, nuevamente el rey de España organizaba expediciones a sus territorios americanos. Fue así como, en 1751, Fernando VI (1746-1759) envió al virreinato de Nueva Granada una expedición con un doble objetivo. Por un lado, la expedición era propiamente diplomática: su objetivo primario era delimitar con más precisión, en la zona (hoy venezolana) del Orinoco, la frontera española del norte con los territorios brasileños de Portugal. Por ello es conocida como «la expedición de límites».

Pero, por otro lado, era también de índole botánica: para formar parte de ella, el rey contrató al botánico sueco Peter Loëfling (1729-1756), discípulo y corresponsal de Linneo en España, quien debía acompañar a la expedición y hacer estudios y colecciones de las especies vegetales que hallase en aquella rica e inexplorada comarca. Desde

[13] Germán Somolinos D'Ardois, *Vida y obra de Francisco Hernández*, Méjico, 1959-1966, 4 vols. Acerca de su obra, es muy elocuente e ilustrativo el artículo de Efrén C. del Pozo, «La azarosa historia editorial de la *Historia Natural de Nueva España* de Francisco Hernández», en *Gaceta Médica*, n.º 92, Méjico, 1962, pp. 591-608. A este último autor se debe, también, la edición de las *Obras completas de Francisco Hernández*, Méjico, 1960-1984, 6 vols.

el inicio de la expedición, Loëfling hizo acopio de notas y plantas. Desdichadamente, aquellas tierras y su clima resultaron nocivos para el sueco, que enfermó y murió en 1756. Sus notas sobre las plantas americanas, y otras observaciones sobre la botánica hispana, serían editadas póstumamente por su maestro Linneo en 1758.

Posteriormente, en 1777, el rey Carlos III enviaría otra expedición a sus territorios de Ultramar. Es más que probable que en esta decisión de la corona hubiesen influido los antecedentes de otros países de Europa; en Rusia, Catalina II había ordenado diversas exploraciones en sus vastos territorios; en Francia, los éxitos de Bougainville eran ya conocidos y difundidos por todo el continente (aún no había zarpado La Pérouse); en Inglaterra, el segundo viaje de Cook (1772-1775) había acabado con la teoría del continente austral, y el capitán se había embarcado en su tercer y último viaje con la intención de hallar el paso del noroeste. Además de estos antecedentes, España ya había tenido que hacer frente a los incidentes atrás reseñados, cuando Bougainville, en 1764, y Byron, en 1765, se instalaron en las islas Malvinas, pertenecientes a España, con la pretensión de haberlas descubierto y haber tomado posesión de ellas.

Esta expedición botánica a Perú y Chile se produjo entre 1777 y 1788, y es conocida como la «expedición Ruiz-Pavón»; dirigida por Hipólito Ruiz López (1754-1816), primer botánico y jefe de la expedición, tenía como segundo botánico a José-Antonio Pavón Jiménez (1754-1840). Además, se había permitido al botánico francés Joseph Dombey acompañarles en el viaje. Completaban la expedición José-Casto Brunete Dubuá e Isidro Gálvez Gallo, como primer y segundo dibujantes respectivamente: ambos eran alumnos de la Real Academia de Artes de San Fernando de Madrid. Como era de esperar, previamente a su nombramiento habían tenido que presentar sus correspondientes partidas de bautismo.

El asunto se había empezado a gestar a finales de 1776, en el seno del Consejo de Indias, entonces presidido por José de Gálvez, marqués de Sonora [14]. Tras haber pedido el parecer del director del Jardín Bo-

[14] El sistema de gobierno español (creado por los Reyes Católicos y mantenido por la dinastía autríaca Habsburgo), se basaba en Consejos, por lo que es denominado como polisinodia. En el siglo XVII llegaron a ser doce: seis Consejos asesores (los de Inquisición, Órdenes militares, Cruzada, Guerra, Estado y Hacienda) y seis Consejos territoriales (los de Castilla, Aragón, Indias, Italia, Portugal y Flandes). En este siglo XVIII,

tánico madrileño, Casimiro Gómez Ortega, en noviembre de ese año una «nota» del Consejo proponía como botánicos y dirigentes de la expedición a los dos que él había elegido: Hipólito Ruiz y José A. Pavón. Una consulta similar se había dirigido a la Real Academia de San Fernando. Mientras, los funcionarios del Consejo habían preparado los nombramientos y sueldos (1.000 pesos anuales —moneda de Indias— a cada uno, al regresar a España), así como los libros, papel e instrumentos que debían llevar los expedicionarios, tanto los colores de los dibujantes como los utensilios botánicos para el traslado y conservación de las plantas.

En los preparativos de la expedición hay dos hechos que revelan la minuciosidad de aquellos funcionarios, que nada pasaban por alto y nada dejaban a la improvisación. El primero es la carta que, en abril de 1777, se escribió al marqués de Ossún, embajador en España del rey de Francia, preguntándole qué sueldo [15] había señalado la corte francesa al médico y naturalista francés José Dombey, al que la corona española había autorizado a acompañar a sus científicos. El segundo es, por un lado, la orden a la Real Caja de Lima de abonar allí 3.000 pesos a los botánicos para los gastos que en Perú originasen los trabajos de búsqueda y colección, y, por otro, la remisión al virrey del Perú de los duplicados de las cédulas y nombramientos expedidos a botánicos y dibujantes. Además, el Consejo de Indias había anunciado a la Casa de la Contratación de Cádiz que los expedicionarios viajarían costeados por la Real Hacienda.

se suprimen (tras su pérdida en la Paz de Utrech) los de Italia y Flandes, así como el de Aragón (por ocuparse el de Castilla de sus funciones), y el de Estado se divide en cinco Secretarías (Estado, Gracia y Justicia, Marina e Indias, Hacienda y Guerra): los ministros o secretarios de despacho irán cobrando cada vez más importancia.

Respecto a don José de Gálvez (1720-1786), era un funcionario español del Consejo de Indias que había sido nombrado visitador general de Nueva España (Méjico). A su regreso, en 1775, se le concedió el título de marqués de la Sonora, y el cargo de ministro universal de las Indias: por ello, en el momento que aquí estudiamos, era el presidente del Consejo de Indias.

[15] El Consejo de Indias sugirió al embajador francés, marqués de Ossún, que Dombey recibiese 1.200 pesos —moneda de Indias— como paga anual. El marqués remitió a Gálvez una carta anunciando que el rey de Francia había señalado a su botánico una cantidad «de 6.000 libras anuales —moneda francesa—, sin otro aumento ni gratificación».

De este modo, tras enseñarles cómo estampar [16] todo tipo de hierbas y recibir las demás instrucciones, el 18 de octubre de 1777 los expedicionarios embarcaron en *El Peruano*, anclado en la bahía de Cádiz, con rumbo a aquellas costas. Apenas desembarcados en Lima, se dirigieron a la provincia de Chancay, donde colectaron diferentes vegetales y especies botánicas; lo mismo hicieron en las zonas de Lima, Lurín, Surco, Tarma, Huánuco, Pasco, Cuchero y Sayan en el Perú, y en las de Arauco, Rere, Concepción, Santiago, Valparaíso, Pozuzo, Muña, Pillao y Chacahuasi en Chile. Durante diez años trabajarían y estudiarían la flora de aquellas tierras, y otros temas útiles.

A lo largo de esos años realizaron sus estudios y descubrimientos concienzuda y esforzadamente; en 1783 las especies dibujadas ascendían a 1.000, y las descripciones a 1.900. Otro aspecto de su labor era enviar a España gran cantidad de muestras de las especies allí colectadas. Así, en 1779, en el navío *El Buen Consejo* mandaron 17 cajones con plantas (tanto vivas como disecadas, pero todas con su correspondiente descripción) y con herbarios, semillas, frutos, bulbos y raíces, junto con dibujos de otros árboles y plantas. Tan importante envío se realizó con sumo cuidado y bajo la protección del virrey del Perú, Manuel de Guirior. De igual modo, en 1784 se enviaban a bordo del *San Pedro de Alcántara* 31 macetas con plantas vivas, y un cajón de bulbos de diferentes flores; y al año siguiente se hacía lo mismo a través del *San Cristóbal*; gracias a este viaje, los hospitales reales españoles recibían una importante cantidad de extracto de quina, enviada por los expedicionarios para que fuese distribuida entre los enfermos que la necesitasen.

De las diversas remesas y envíos de vegetales, cuadrúpedos y aves (vivos y disecados) que se recibieron en España mientras duró la expedición, algunas semillas y bulbos se sembraron en el Real Jardín Bo-

[16] Entonces —y ahora—, para la conservación de cada muestra de especies vegetales recogidas en el campo, se las solía desplegar sobre un folio de papel fuerte, separando bien cada ramita y elemento (flor, hoja, fruto o raíz), cubriéndola luego con otro folio. Cuando se juntaban varias muestras, se apilaban y prensaban con algunos objetos de cierto peso. Esto es lo que se denominaba estampar, y su objeto era que estos vegetales perdiesen su humedad, se conservasen mejor en seco y pudieran mostrar todas sus características al naturalista que las estudiase. A este propósito, Gómez Ortega había confeccionado unas instrucciones bien precisas, citadas en la bibliografía final.

tánico de Madrid (bien en estufas al efecto, bien al aire libre); otras se remitieron a los Reales Jardines Botánicos de Aranjuez y de Canarias, así como al arzobispo de Valencia y a la Sociedad Médica de Sevilla, poseedores ambos de sendos jardines botánicos, para que las cultivasen en aquellos climas diferentes al de Madrid, con vistas a su posible aclimatación e implantación en España. Otros productos, como ya quedó dicho, se distribuyeron entre los hospitales reales. Y, finalmente, algunos se repartieron entre el Jardín Botánico, la Real Botica y el Real Gabinete de Historia Natural, mencionado en el capítulo anterior y origen del hoy Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Junto a este tipo de envíos, los expedicionarios solían también remitir al Consejo de Indias muchos informes de utilidad e interés. Así, en 1779 avisaron a las autoridades de España sobre la abundancia, en aquellas costas, de salitre, elemento imprescindible para la fabricación de la pólvora en aquella época. De igual modo, en 1783 informaban sobre la aptitud de algunas maderas (pellin, peumo, rauli, laurel, etc.) para la construcción de quillas para barcos. También era de interés un escrito de 1784 notificando el descubrimiento, en los montes de Pozuzo, de la «especial raíz de China» (llamada Palo santo por los indios, y clasificada por Linneo como *Smilax china*), especie muy importante como sudorífica, antirreumática y antivenérea. Además, hubo otras actuaciones complementarias, ordenadas desde la Corte aprovechando aquella oportunidad; entre ellas destacan las observaciones sobre la bajamar y pleamar de aquellas costas que se ordenó realizar, en presencia de Dombey, a los oficiales de Marina destinados en El Callao.

Es de destacar que este botánico francés mantuvo, durante su permanencia en la expedición, una interesante correspondencia con José de Gálvez, el ministro universal de Indias, exponiéndole los viajes que realizaba y escribiendo sobre temas diversos: la corteza de canela, la cascarilla de Huánuco, las excelencias de la tragacanta (una goma útil en medicina, pintura y manufacturas industriales), etc. Posteriormente enviaba al ministro ejemplares o muestras de aquellas especies que trataba en sus cartas. Al margen de su colaboración con las autoridades españolas, el botánico galo remitía también a Francia muestras (en 1780 envió 7 cajones desde Perú) de las plantas por él investigadas, lo que suscitaba la lógica suspicacia de los funcionarios hispanos. Sólo después de que Gómez Ortega, director del Jardín Botánico de Madrid, revisara los cajones enviados por el francés y emitise el correspondiente

informe sobre ellos, se autorizó su expedición al país vecino. A pesar de ello, en 1781 se ordenó al virrey del Perú que previniese a Dombey de que, en adelante, entregase a España duplicados de todos los herbarios y muestras que remitiese a Francia.

El problema, de índole tanto nacionalista como científica, se suscitaría en 1784, cuando Dombey decidió volver a su país; así lo hizo en el buque de guerra *El Peruano*, llevando consigo 52 cajones más de los permitidos por el rey de España en su cédula. Por un lado, eso dio lugar a una intervención diplomática; ya quedó antes dicho el interés que en Francia suscitaban las expediciones científicas y los trabajos de sus sabios. Y así, el conde de Montmorin, embajador francés, solicitaba de Gálvez que diese orden de que Dombey «no sufriese —decía— ningún registro en su bagaje» al regresar a Europa (el viaje, en buques españoles, se hacía vía Cádiz); así se hizo, no sin recordarle antes su obligación de entregar a España las mismas colecciones que llevase a Francia. Por ello, a su llegada a Cádiz, en la Casa de la Contratación un comisionado español abriría aquellos cajones en presencia del botánico francés, y se haría cargo de las colecciones duplicadas que debía entregar a España.

Pero, por otro lado, Casimiro Gómez Ortega, director del jardín botánico, manifestaba al Consejo de Indias «los inconvenientes que podrían resultar, con motivo del regreso de Mr. Dombey a España antes que los botánicos españoles, respecto a que Francia publique con antelación el fruto de los trabajos realizados por toda la expedición». Esto suponía que el botánico francés podría atribuirse una prioridad y un mérito científico que correspondían a todos. A este respecto, Hipólito Ruiz (que se quedaba en el Perú con sus compañeros para concluir sus investigaciones) escribía a Gálvez que tenía ya dos tomos en folio con las descripciones y los dibujos de las plantas nuevas allí colectadas, y que estaban dispuestos para serle enviados.

A la vez, el botánico español advertía al ministro sobre «el anhelo que he reconocido en Mr. Dombey por aumentar su obra aun a costa de mi labor, y adelantarse a imprimirla bajo su nombre». Señalaba Ruiz que ése era el origen de sus desvelos y trabajos para aumentar y perfeccionar su trabajo, y el de su temor a que pudiera ser su obra mal editada en España; por ello pedía a Gálvez que su trabajo —aún en manuscrito— «no lo fie a Impresor que no sea muy fiel». Todo eso pareció solucionarse cuando, en 1785, el conde de Floridablanca consiguió que

Dombey se comprometiera, en un documento, a no publicar ningún trabajo hasta el regreso de toda la expedición. Pero el francés no cumplió su palabra; al año siguiente publicaba sus notas en París, y posteriormente en Londres a través de Mr. L'Heritier, consejero de la Hacienda gala. Aunque España hizo gestiones diplomáticas en Francia, ante una Corte vecina y familiar de la de España, recibió excusas y buenas palabras mientras los ministros franceses proseguían en Londres la publicación —en fascículos o cuadernillos— de la obra, que tenía por título *Plantas nuevamente descubiertas.*

La presencia de los expedicionarios españoles en aquellas tierras despertó la atención de las autoridades y los habitantes del virreinato, quienes comenzaron a interesarse por la flora de la región y las utilidades a que podía dar lugar. Algunas circunstancias que allí se dieron muestran el impacto que la expedición causó en Chile. Por ejemplo, cuando en 1781 se quemó accidentalmente el palo mayor del navío de guerra *San Pedro de Alcántara*, el general Ambrosio O'Higgins de Vallenar, maestre de campo y gobernador de Concepción, y Antonio Bacaro, comandante general de la escuadra española de la Mar del sur, enviaron botánicos a explorar las sierras en busca de maderas para arboladuras de barcos. De este modo se encontró en los *pinales* de las montañas, «en tierras de indios bárbaros» (así decían refiriéndose a los pehuenches), una nueva especie: el pino de Chile *(Araucaria araucana).* Como leales funcionarios del rey de España, los expedicionarios tuvieron que emitir el correspondiente informe sobre la altura, madera y calidad de la especie vegetal recién descubierta «en tierra de infieles» —como escribía O'Higgins— y su utilidad para arboladuras, así como sus aplicaciones medicinales. Inmediatamente después enviaban a España piñas, semillas y plantas de la nueva especie.

Otra importante muestra del impacto que la expedición causó en aquellas tierras es que, en 1785, se les añadieron —con licencias y sueldos a cargo del virreinato— dos jóvenes ayudantes criollos: Juan Tafalla, farmacéutico, destinado a las labores de botánica, y Francisco Pulgar, pintor, dedicado a realizar los dibujos de las especies más interesantes; al regresar a España los expedicionarios, ambos prosiguieron sus trabajos e investigaciones en aquellos mismos escenarios, especialmente en las montañas de Monzón y Chicoplaya, tratando de prolongar y finalizar la labor de la expedición. Precisamente por entonces, científicos y autoridades de Perú se propusieron la creación en Lima

de un jardín botánico que, a imitación del de Madrid, llevase aparejada una cátedra de botánica; desde 1798 sería su primer catedrático el mencionado Juan Tafalla, quien pronto iniciaría para los expedicionarios (que ya habían vuelto a España) un importante estudio sobre quinología, remitiendo a Madrid periódicamente muestras e informes.

La expedición finalizó en 1788, 11 años después de salir de la Villa y Corte. Los expedicionarios, enfermos y fatigados (excepto el dibujante José Brunete, fallecido en Pasco en mayo del 1787), tornaron a España desde el puerto de El Callao a bordo de la fragata *San Cristóbal* (también llamada *El Dragón*); el 16 de noviembre de 1788 entraban en Madrid. Fruto documental de esta expedición fueron los 123 folios que Hipólito Ruiz entregó en Madrid —y que se conservan en el archivo del Museo Nacional de Ciencias Naturales—, que llevaban por título *Relación del Viage hecho a los Reynos del Perú y Chile por los Botánicos y Dibuxantes enviados por el Rey para aquella Expedición, extractada de los diarios por el orden que llevó en éstos su autor D. Hipólito Ruiz.* En ellos se narran las excursiones y viajes efectuados, las especies colectadas y el lugar donde se recogieron, así como las descripciones de varias provincias peruanas y las de sus productos naturales. Estas interesantísimas descripciones no sólo son geológicas y zoológicas, sino también geográficas y etnográficas.

Apenas llegados, se pusieron a preparar la edición de su obra, con las descripciones y dibujos realizados en Perú y Chile. Desde 1790 a 1795 varios impresores y grabadores cincelaban las planchas con las que se editaría el libro, con tal empeño y buen hacer que en 1792 el Consejo alquiló en la calle de San Pedro, de Madrid, una casa para oficina botánica. Así, todos los que preparaban la publicación de la obra podrían trabajar juntos, y confrontar descripciones y dibujos antes de llevarlos a la imprenta; una vez dibujadas y publicadas, las plantas y herbarios debían pasar al Jardín Botánico. Tantos esfuerzos culminarían en 1794, con la aparición del primer volumen: el *Florae Peruvianae et Chilensis Prodromus.* Editado por el Consejo de Indias con cargo a los fondos de temporalidades de Indias, estaba impreso a dos columnas por página (una en latín, el todavía idioma oficial de las ciencias, y la otra en castellano), y contenía la descripción y explicación de más de 120 géneros nuevos descubiertos y 77 dibujos. Su aparición tuvo un reflejo simultáneo en la administración española (la ya mencionada polisinodia); todos los establecimientos de botánica e historia natural de-

jaron de depender del Consejo de Indias para pasar al Consejo de Estado (en 1813 pasarían otra vez al de Ultramar).

La obra tuvo la acogida y el éxito que se esperaba. No sólo se envió el obligado ejemplar a la Real Biblioteca, sino que, a través de su embajador en Madrid, la república francesa (recuérdese que la revolución había estallado en 1789 y la república se instauraba en 1792) solicitaba dos ejemplares: uno para la Biblioteca Nacional y otro para el Instituto de Ciencias y Artes. Lo mismo hizo el virrey del Perú, recordando que sus conciudadanos se habían ofrecido tiempo atrás para pagar la edición allí de tan importante obra. Desafortunadamente, también en España se hizo sentir la crisis económica que había propiciado en Francia los sucesos que desembocaron en su revolución; por ello, para combatirla y consolidar el crédito público, en 1798 se estableció una Caja de Amortización; ésta ordenó que se le remitiesen los caudales que los distintos ministerios o Consejos tenían en depósito. De este modo pasaron a la Caja los 450.000 reales de vellón que la Secretaría de Gracia y Justicia del Consejo de Indias tenía destinados a la publicación de la *Florae*.

Con ello quedó interrumpida la publicación, aunque en la oficina botánica proseguían los trabajos preparatorios para la edición de los tomos posteriores; por eso no es extraño que en 1801 se llevasen publicados cuatro tomos de la obra. Cuando en marzo de 1808 se destinaron otros 100.000 reales de vellón para pagos atrasados de edición, y para continuar su publicación, se pidió informe de los tomos aparecidos hasta entonces; la respuesta fue que ya se habían publicado el *Prodromus* o *Nova Genera Plantarum Peruvianarum et Chilensium*, 3 tomos del *Species plantarum Peruvianarum et Chilensium* (el 4.° y el 5.° estaban en prensa, y algunas láminas en el grabador), y el tomo 1.° del *Systema Vegetabilium Florae Peruvianae et Chilensis* (el 2.° en prensa). Los cinco tomos estaban editados con sus dibujos y grabados correspondientes, y escritos en latín y español. Los trabajos prosiguieron hasta que, durante la Guerra de la Independencia española (1808-1814), los franceses destruyeron la oficina botánica y se llevaron algunos papeles y pinturas de historia natural [17]. No obstante, en 1809 aparecía el suplemento del *Species plantarum*, y en 1816 el de la *Flora Peruana y Chilense*.

[17] Sobre los documentos relativos a esta expedición y a los asuntos que aquí hemos señalado, véase lo señalado en la nota 12.

De menor importancia, entre otras causas por no ser propiamente una expedición científica, es el viaje de Félix de Azara y Perera (1746-1821) como delegado en los trabajos de delimitación de fronteras entre Brasil y los territorios españoles de Paraguay, Argentina y Uruguay. Como la expedición botánica de Ruiz y Pavón, este viaje estuvo influido también por el éxito alcanzado en las expediciones inglesas y francesas; por ello, como actuación complementaria a su objetivo diplomático-geográfico, el gobierno español le encargó oficialmente formar colecciones de historia natural.

El viaje duró desde 1781 a 1801. Durante esos 20 años, Azara estudió la flora y la fauna del virreinato del Río de la Plata, sobre las que publicó dos obras verdaderamente interesantes: *Apuntamientos para la Historia natural de los cuadrúpedos del Paraguay y del Río de la Plata* (1802) y *Apuntamientos para la Historia natural de los pájaros del Paraguay y del Río de la Plata* (1802-1805). En ellas describía más de 500 especies, de las que algunas eran nuevas, y en ambas se muestra como un precursor del evolucionismo con sus ideas sobre la mutación: muchas de sus observaciones en este campo sirvieron de base a los estudios y teoría de Darwin [18].

Como buen naturalista, y teniendo en cuenta el deseo del rey Carlos III de reunir en su Museo de Ciencias Naturales todos los productos con que la generosa *Natura* había dotado a sus territorios, hizo Azara diversos envíos a España de animales allí colectados. No deja de ser sorprendente el envío, en 1788, de «una botija de 84 aves de 61 especies, sumidas en aguardiente», a la vez que señalaba que había cerca de 400 especies de aves en Paraguay. Sus trabajos agradaron a Carlos IV (1788-1808), quien le recomendó proseguir sus trabajos y colecciones de historia natural «...bien entendido —señalaba el rey— que esto sea sin perjuicio de su cargo en la división de límites». Azara sería recompensado, en 1789, con el nombramiento de capitán de navío.

La expedición botánica a Nueva Granada (en torno al área de Santa Fe de Bogotá, capital hoy de la actual Colombia) fue dirigida por José-Celestino Mutis y Bossío (1732-1808). Duró desde 1783 a 1810, y era bastante numerosa; comprendía diez botánicos y naturalis-

[18] A este respecto, es muy interesante el artículo de E. Álvarez López, «Don Félix de Azara, precursor de Darwin», en *Revista de Occidente*, n.° 43, marzo 1934.

tas, y 13 dibujantes y pintores. Entre los primeros, destacaban Juan Eloy Valenzuela (médico y botánico, como Mutis), el ya mencionado Francisco-José de Caldas (astrónomo, físico y botánico), José Tadeo Lozano (zoólogo, natural de aquel virreinato) y el también criollo Francisco Antonio Zea (botánico). Los objetivos de esta expedición eran los mismos que el rey y sus consejeros habían fijado para las anteriores; el encargado de llevarlos a cabo y dirigir la expedición era este fraile agustino, médico, físico, matemático, mineralogista y astrónomo, que había estudiado botánica en la cátedra que Barnades regentaba en el Jardín Botánico de Madrid; Celestino Mutis no sólo fue el alma y animador de esta expedición, sino también el difusor de este tipo de estudios y aficiones en Colombia, Venezuela y Ecuador.

Mutis había dejado España en 1760 para ir a Nueva Granada como médico del virrey, don Pedro Mesía de la Cerda, en cuya corte pronto crearía un gabinete de historia natural, cuyo primer director había de ser él mismo. En 1764 elevó al rey una larga *Representación* (instancia, memorial o informe); en ella daba noticias de la fundación y marcha del gabinete que dirigía, y venía a decir que la corona y la Administración habían descuidado y desaprovechado muchos estudios y trabajos de exploradores y viajeros, y que no habían ayudado a tiempo a otros que, como él mismo, estaban dispuestos a estudiar y descubrir los productos naturales de sus regiones, y proporcionar así nuevas glorias a la nación no sólo en el ámbito de la ciencia, sino también en el del comercio [19]. A este respecto, y sobre la obra de Löefling, editada por Linneo, «lejos de apagar la insaciable sed de los sabios —escribía Mutis— sólo ha servido para excitar más su impaciente curiosidad». Este generoso ofrecimiento al rey, avalado por la recomendación del mismo Linneo, no halló en aquel momento el eco esperado.

Casi 20 años después, cuando la expedición botánica de Ruiz y Pavón había mostrado ya su utilidad y el francés Dombey enviaba a Francia sus colecciones botánicas americanas, las autoridades españolas decidieron llevar a cabo lo propuesto por el religioso. Tras una nueva

[19] Esta interesante y singular representación está íntegramente reproducida en M.ª Ángeles Calatayud, *Pedro Franco Dávila...*, pp. 44-57. Sobre la expedición de Mutis es también curiosa la visión que da Eduardo Estrella en su artículo «El Ecuador y la Expedición botánica a Nueva Granada», en *La ciencia moderna y el Nuevo mundo*, antes citada, destacando el papel de los dibujantes y el de Caldas.

representación de Mutis al rey, don José-Antonio Caballero y Góngora, virrey y arzobispo de Santa Fe, pidió información a Mutis sobre el estado, carácter y progresos de los estudios que había realizado desde que llegara a aquel virreinato, a fin de apoyar su representación a su majestad «para la formación de un Gabinete y Jardín reales en la Corte, con frutos de la vasta expedición que había premeditado por ambas Américas».

Con la autorización y protección de Carlos III, los expedicionarios iniciaron sus colectas, trabajos y exploraciones. Fruto de ello fue el hallazgo de plantas nuevas y otras medicinales: el huaco, la ipecacuana, el té de Bogotá, etc.; sin embargo, Mutis dedicó especialmente su atención a la quina, cuyas propiedades curativas volvió a exaltar en un momento en que muchos médicos de Europa la rechazaban tras haber utilizado muestras mal recogidas y conservadas. También se realizaron otros hallazgos; así, en Mariquitas, encontraron serpentina, un tipo de mármol que habían utilizado las grandes culturas precolombinas, así como una muela fosilizada de algún animal grande y todavía entonces desconocido (quizá fuese un megaterio). Todo ello, conforme al deseo del rey Carlos III, era enviado a Madrid para ser expuesto en el Real Gabinete de Historia Natural, o para ser plantado en los Reales Jardines Botánicos. Junto con esto, también enviaron herbarios y colecciones con los géneros de plantas nuevos y los dibujos o láminas correspondientes, animales disecados, semillas, colecciones de insectos, y otros productos; por ejemplo, un «calavazo con veneno curasze —curare— de los indios del Orinoco».

Desde 1799 se iniciaron los trabajos de estudio, descripción y dibujo de la monumental obra *Flora de la Real Expedición Botánica de Nuevo Reino de Granada*, de la que sólo aparecieron los tres primeros volúmenes; en 1808 fallecía Mutis, y se iniciaban la Guerra de la Independencia en España y los alzamientos independentistas criollos en aquellas tierras. Muchos datos, descripciones y dibujos quedaron así inéditos... hasta nuestros días; en 1954 se han empezado a editar sus 51 volúmenes.

Con gran generosidad y elevado espíritu científico, cuando a finales de siglo el barón de Humboldt exploró la América española, José Celestino Mutis puso a su disposición sus propios escritos y colecciones; tan asombrado quedó el científico alemán que, reconociendo sus méritos, le dedicó dos de sus libros, poniendo el retrato de Mutis al

frente de uno de ellos y calificándole como «ilustre patriarca de los botánicos». Mantuvo el agustino correspondencia con Linneo, a quien facilitó informaciones y dibujos, y del que mereció grandes elogios. Su labor científica fue todavía más allá: en 1803 fundó el Observatorio Astronómico de Bogotá, y se dedicó a formar naturalistas, geógrafos, médicos, etc., que acabaron siendo los precursores de la nacionalidad e intelectualidad colombiana.

Tras la guerra española contra Napoleón, el madrileño Museo de Ciencias Naturales organizó sus estancias para exponer adecuadamente los objetos de la «Flora de Santa Fe». Por entonces, encendida contra España la guerra de independencia de las naciones hispanoamericanas, el rey Fernando VII envió a Pablo Morillo como «General en gefe del Ejército pacificador de Costa Firme». Consciente este militar de la importancia de los papeles y objetos de Mutis y Caldas, se apoderó de Bogotá en 1816 y ordenó reunir y embalar en cajones (104 se enviaron al museo de Madrid) lo perteneciente a la botánica, pues ya estaba clasificado: los minerales no lo estaban «por falta de persona inteligente» que lo hubiera hecho. Con esto quería Morillo salvar todo lo relativo a la «Comisión de la Flora», dirigida por Mutis, cuya venta habían ofrecido los criollos a Inglaterra. Lo mismo hizo con la biblioteca, pero no pudo hacerlo con el observatorio; había sido destrozado cuando entró Bolívar, conservándose tan sólo el péndulo y la toesa de París, instrumentos apreciables porque habían servido a los astrónomos para medir la meridiana de Quito.

Pero ya entonces se veían los efectos de la guerra; la misma comisión estaba dividida. Así, los patriotas criollos habían formado un mapa del virreinato sirviéndose de las informaciones y los trabajos de Caldas, de los marinos Churruca y Fidalgo, y de Humboldt; en el bando español, los dibujantes de la comisión se ocuparon durante cinco meses en copiar los trabajos topográficos, cuyos originales pasaron al estado mayor del ejército hispano. Fue entonces cuando la comisión realizó su último envío de productos naturales a Madrid, remitiendo «el mayor grano de Platina —platino— conocido y un águila joven monstruosa». A su vez, el capitán español Antonio Van Halen adjuntaba otros dos «cajones con papeles ocupados a los insurgentes de Santa Fe y de Cartagena».

No sólo a América enviaron expediciones científicas los monarcas y autoridades españolas; en 1785 el gobierno español comisionó a Juan

de Cuéllar para formar en las islas Filipinas colecciones destinadas al Real Gabinete de Historia Natural, aprovechando que partía hacia aquel archipiélago enviado por la Compañía de Filipinas para promover allí diversos cultivos. Pero el ámbito del lejano Pacífico no es objeto de este libro: por ello, de esta expedición sólo debemos aquí dejar constancia.

La expedición botánica a Nueva España, dirigida por Sessé, duró de 1787 a 1803. Aparece con los mismos objetivos que las anteriores, y empieza cuatro años después que la de Mutis. Formaban parte de ella, además de su director, otros cuatro científicos y dos pintores; a ellos, en 1790, se agregó el hispanomejicano José Mariano Mociño y Suárez de Figueroa (1757-1819).

Martín de Sessé y Lacasta (1751-1808), médico de profesión, tuvo una tardía afición por la historia natural, que estudió por sí mismo y en la que llegó a ser un experto. Como médico, y a las órdenes de Victorio de Navia, jefe de la escuadra, estuvo embarcado en el bloqueo a Gibraltar, donde se distinguió por su lucha y esfuerzo en curar las fiebres malignas que se propagaron por la escuadra. Marchó a Méjico después, donde ocupó plazas de médico a la vez que «asistía de limosna» a los presos de las Reales Cárceles. En 1785, cuando contaba 34 años, elevó al rey una representación ofreciéndose a «continuar la citada obra del Dr. Hernández en el mismo idioma y orden que lleva»; tras la preceptiva comunicación o informe de Manuel-Antonio Flórez, virrey de Nueva España (Méjico), en 1787 Carlos III resolvió por una real orden «efectuar una Expedición Facultativa por sus Provincias para formar los dibujos, recoger las producciones naturales e ilustrar y completar los escritos del Dr. Dn. Francisco Hernández», así como fundar también un jardín botánico en la ciudad de Méjico. Sessé recibió el nombramiento de director de ambos proyectos.

El objetivo didáctico se cumplió ampliamente; en diciembre de 1788 se celebraban en la Real y Pontificia Universidad de Méjico los primeros ejercicios —exámenes públicos— botánicos, siendo un éxito la apertura de la Escuela de Botánica (el jardín se inauguraría después en el cerro de Chapultepec), donde quedaría de catedrático el también miembro de la expedición Vicente Cervantes (1755-1829), discípulo en Madrid de Gómez Ortega. Y aunque, posteriormente, el claustro de aquella universidad se negó a ello durante tres años, los terceros ejercicios botánicos volverían a celebrarse en 1793. En su vertiente prácti-

ca y de trabajo de campo, apenas los expedicionarios se pusieron a explorar y colectar, comenzaron a enviar a España noticias y muestras: mangle (goma para enfermedades del pecho), sangre de drago (poderosa resina astringente), resina copal (la goma de limón, muy usada en medicina) y otras más, así como algunas de uso industrial, como la yerba de pollo *(Commelina erecta)*, que –además de la virtud medicinal que le atribuyera Hernández– suministraba un excelente color azul, y como el xiquilite o añil de Guatemala estudiado por Mociño.

En esta expedición se produjo un detalle que no deja de ser interesante para los tiempos que corrían: José Longinos Martínez, el mineralogista y zoólogo de la expedición, escribía a José Clavijo Fajardo, vicedirector y bibliotecario del museo madrileño, que pensaba redactar las descripciones en idioma castellano para seguir –decía– las huellas de Hernández y su propio idioma. El interés de ese hecho proviene de que, en aquel siglo (y casi todavía hoy), el latín era el idioma científico en el que se hacían las descripciones de los nuevos productos naturales que se descubrían, y que así eran notificados a la comunidad científica internacional de aquel siglo ilustrado.

En 1789, los expedicionarios dejaron la ciudad de Méjico y sus alrededores, y marcharon hacia las provincias de Michoacán y Sonora. En cinco años explorarían desde California hasta Costa Rica. Destacó singularmente la visita de Mociño al volcán de Tuxtla, entonces en erupción, así como la exploración a la bahía de Nootka, cerca de Vancouver, donde se realizaron importantes observaciones. Durante esos años remitieron periódicamente a España cajones con animales disecados –aves y peces preferentemente–, herbarios, muestras de plantas, gomas y resinas, así como restos de animales raros; por ejemplo, la cabeza del fémur de un elefante... especie allí inexistente. Mientras, en la calle de Don Pedro de la ciudad mejicana, se había instalado la comisión botánica, donde los expedicionarios y sus ayudantes preparaban las descripciones, disecciones y dibujos; en 1791 tenían ya la descripción de 1.383 plantas, y muchos dibujos de ellas, en dos tomos que habían prepararado para enviarlos a España en orden a su inmediata publicación.

Esta expedición fue más abierta e interrelacionada que las otras. Por un lado, los envíos llevaron las dos direcciones; desde el Jardín Botánico de Madrid se remitieron al virrey de Méjico varios cajones con plantas vivas y con semillas, destinadas a ser cultivadas en el re-

cién inaugurado jardín botánico de aquella ciudad. Los envíos se realizaban poniendo los cajones «bajo el cuidado del cirujano de la embarcación». Por otro lado, había cierta relación con los integrantes de otras expediciones. Así, en Madrid, algunos de los envíos de Sessé eran examinados por Ruiz y Pavón, miembros de la Comisión de la Flora Peruana; y en Méjico, Mociño y Cervantes solicitaron que se autorizase al zoólogo Julián de Villar Pardo, integrante de la «Expedición Alrededor del Mundo al mando de D. Alexandro Malaspina» y entonces residente en Méjico, a acompañarles en su exploración por Guatemala y las islas caribeñas; aunque esto les fue negado por real orden, la Sociedad de Amigos de la isla de Cuba costeó el viaje y los gastos de José Esteves, que se agregó a la expedición.

En este viaje, los expedicionarios pasaron por momentos difíciles, corriendo toda suerte de peligros... y aventuras; sufrieron fiebres y enfermedades al llegar a Cuba, estuvieron a punto de ser asaltados por los «corsarios que infectan estos mares», y no pudieron explorar la isla de Santo Domingo por la sublevación de los negros de la vecina Haití. Pero esto no influía en su trabajo; describieron más de 200 especies desconocidas en Europa, entre las que destacaba un tipo de laurel al que los cubanos llamaban nuez moscada. Tras embarcar en una fragata de Boston, llegaron por mar al puerto de La Habana: allí entraron en contacto con la «Expedición de Historia Natural que dirige el Conde de Mopox y Xaruco», resolviendo salir juntos a explorar la parte occidental de la isla cubana.

La expedición de Sessé, al contrario que la de Ruiz y Pavón, produjo suspicacias y enfrentamientos en el virreinato. Las primeras se dieron en la univeridad mejicana, celosa de las prerrogativas que el rey había otorgado a Sessé y a Cervantes, con el temor de que invalidaran las suyas. Por otro lado, las fricciones entre los científicos criollos y los de la expedición española —según A.M. Carreño— no eran sino palpables manifestaciones del descontento con que los criollos veían el dominio de sus compatriotas peninsulares... incluso en el ámbito científico.

Una real orden de 1797 disponía el regreso a España de la expedición. Así, tras concluir con algunos asuntos que le retenían en Méjico, Sessé embarcó con sus compañeros en 1803, llevando consigo más de 3.000 especies de plantas americanas, cerca de 500 aves, más de 100 peces, algunos cuadrúpedos, anfibios, insectos y minerales. En previ-

sión de accidentes, dejaron en Méjico un duplicado de sus herbarios y manuscritos; 200 años atrás, Francisco Hernández había hecho lo mismo, y gracias a ello su trabajo no resultó en vano.

Como fruto de esta expedición, Sessé y Mociño (Longinos había muerto en Campeche, y Senseve al año siguiente de llegar a Madrid) escribieron dos importantes obras que permanecieron inéditas casi 100 años: *Flora mexicana* y *Plantas de Nueva España*. Por su parte, Sessé (queriendo imitar hasta en eso a Francisco Hernández) pidió del rey Carlos IV el nombramiento de médico de cámara «que obtuvo el Dr. Hernández —escribía Sessé— encargado de la misma comisión por el Sor. Dn. Felipe Segundo». Después de los informes favorables de varias autoridades y otros miembros de la expedición, le fue concedido [20] por sus méritos y por haber instruido a muchos profesores en la ciencia de la historia natural, recibiendo «la gracia de la plaza de Alcalde Examinador de Medicina en el Tribunal del Proto-Medicato». Tras llegar los franceses a Madrid, el 29 de mayo de 1808 solicitó permiso al duque de Berg (el famoso mariscal Murat, cuñado de Napoleón y luego rey de Nápoles) para trasladarse a Panticosa, en el Pirineo aragonés, a recuperarse de una obstrucción de hígado que padecía desde meses atrás; allí moriría el 4 de octubre.

Ante esta circunstancia, y temiendo que las preciosas colecciones sufrieran «la misma desgraciada suerte que tuvo la del Dr. Francisco Hernández», Mociño escribía al ministro Pedro Cevallos Guerra recomendando que lo perteneciente a la zoología se depositase en el Real Gabinete de Historia Natural, y lo relativo a la botánica en el Real Jardín Botánico. Pedía, además, a la Junta Suprema Patriota que le permitiera reservarse para su uso y trabajo un ejemplar de cada planta seca. Las vicisitudes de la guerra cambiaron, y Mociño (quien siguió trabajando, entre otros temas, sobre la fiebre amarilla y sus remedios) acabó siendo un afrancesado que, al término de la guerra, tuvo que refugiarse en Montpellier; allí conoció a De Candolle, director de aquel jardín botánico, quien le pidió consultar su magnífica colección de descripciones y dibujos de plantas y animales mejicanos. Cuando, en 1817,

[20] Todos estos detalles constan en el expediente abierto con motivo de su solicitud, que se conservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, entre los papeles relativos a esta expedición.

Mociño fue autorizado a regresar a España, pidió sus papeles a De Candolle, y pasó a Barcelona, donde moriría dos años después. Su herbario y sus manuscritos llegaron al jardín botánico, pero no los dibujos, que quedaron en manos de particulares; entre 1863 y 1869, todavía intentaría recuperarlos el gobierno español.

En 1814, Madrid reclamaba al gobierno francés la devolución de todos los objetos naturalistas y artísticos que los franceses habían robado en España durante el tiempo de José Bonaparte, y se pedía que José-Mariano Mociño regresase a España para dar cuenta y entregar todos los objetos que se hubiese llevado a Francia (los que habían quedado en su domicilio fueron requisados y enviados al jardín botánico). Pero, a pesar de todas las vicisitudes ocurridas en España (su guerra con la Francia de Napoleón Bonaparte, y la independencia de sus tierras de América), los naturalistas proseguían sus trabajos y mantenían los antiguos lazos científicos. Así, en 1815, Mariano Lagasca, director del Jardín Botánico de Madrid, encargaba a Vicente Cervantes, director y catedrático del Jardín Botánico de Méjico, el envío de las plantas útiles, como el árbol del Ule y los palos de tinte.

La llamada «expedición alrededor del mundo», dirigida por Malaspina, duró desde 1789 a 1794. Estaba integrada por muchas y variadas personalidades; además de los dos capitanes de los buques, la oficialidad había sido formada en la Escuela de Guardiamarinas de Cádiz, y tenían una gran preparación para diversos aspectos del trabajo científico. Además, iban a bordo varios expertos y artistas especializados en los estudios y temas de historia natural; entre ellos hay que señalar a cuatro naturalistas, dos dibujantes, un disecador y tres pintores, a los que más tarde se agregaron cuatro colaboradores más.

En 1788, Alejandro Malaspina (1754-1810) y José Bustamante y Guerra (1759-1825) elevaron al bailío Antonio Valdés, que hacía las funciones de ministro de Marina, una propuesta para

> hacer en dos corbetas un viaje científico y político alrededor del mundo siguiendo las tareas de Cook y de la Peirouse, cuyo pensamiento emprendido de 23 años a esta parte por Ingleses y Franceses, ha dado tantas ventajas a la navegación geográfica, y a la humanidad en investigaciones más generales, con infinitos descubrimientos para la historia natural.

Como se ve, aquí se explicita una clara referencia a los viajes de Cook, por Gran Bretaña, y de La Pérouse, por Francia; la gloria obte-

nida con ellos también estimulaba al rey Carlos III. Además, a estos intereses de prestigio nacional, se sumaba entonces el enfrentamiento entre españoles e ingleses por la posesión y soberanía de la bahía de Nootka, en el noroeste de la América septentrional y al extremo norte de la isla de Vancouver [21].

Un mes después aprobaba el rey el proyecto de sus marinos en los términos propuestos. Con la reserva que tal expedición implicaba, durante ocho meses se preparó la expedición, comprando los libros e instrumentos necesarios y consultando temas de navegación, astronomía y ciencias naturales con los principales expertos de la época. Todo esto se hacía con un sistemático programa de puesta al día, así como de recopilación de todos los datos necesarios para realizar una exploración que produjera una mayor prosperidad nacional y el reconocimiento internacional. Para ello consultaron desde los archivos de Indias y Marina hasta los de los jesuitas (ya entonces expulsados).

De este modo, el 30 de julio de 1789 la expedición zarpó del puerto de Cádiz hacia el de Montevideo a bordo de las corbetas *Descubierta* y *Atrevida*, mandadas respectivamente por Malaspina y Bustamante. Alejandro Malaspina era un oficial de la Marina; de origen genovés, había sido formado durante diez años en el Colegio Clementino de Roma, ingresando a los 21 años en la Escuela de Guardiamarinas en Cádiz, de la que pasaría a prestar servicio en la armada española y a acreditar en ella su valor. Siendo capitán de fragata, había llevado a cabo un viaje alrededor del mundo en la nave *Astrea* siguiendo un trayecto similar al de Magallanes y Elcano. Por los méritos contraídos durante la expedición que dirigiera, se le promovió a brigadier en 1795.

[21] Bastante se ha escrito sobre esta expedición. La obra clásica es la de Pedro Novo y Colson, *Viaje político-científico del mundo por las corbetas Descubierta y Atrevida*, Madrid, 1885; además de transcribir el manuscrito de Malaspina, conservado en el Museo Naval madrileño, adjunta otra documentación auxiliar que muestra mejor la preparación, vicisitudes y final de la expedición. Otra obra, más asequible y amena, es la de Andrés Galera Gómez, *La Ilustración española y el conocimiento del Nuevo mundo. Las ciencias naturales en la Expedición Malaspina (1789-1794): la labor científica de Antonio Pineda*, Madrid, CSIC, 1988. Hay, también, tres trabajos muy interesantes por los enfoques que aportan, Fernando Monge Martínez, «El discurso político y científico de Alejandro Malaspina»; Ilaria Luzzana Caraci, «Alejandro Malaspina y la Geografía»; y Virginia González Claveran, «Aportación novohispana a la Expedición Malaspina», en *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica*, Madrid, CSIC, 1989, vol. I, p. 193, y vol. III, pp. 37 y 427, respectivamente.

Pero al año siguiente sería procesado por razones políticas y desposeído de todos sus cargos y honores, por lo que tuvo que regresar a Italia, donde moriría en 1810.

Desde la fase de preparación, las tareas científicas a realizar habían quedado divididas en dos grupos: náuticas y de historia natural. De las primeras se ocuparían los oficiales de la Marina, cuyo objetivo prioritario era la obtención de cartas de navegación precisas, que permitiesen más seguridad y eficacia en el transporte. Para ello, eran imprescindibles los trabajos y estudios de astronomía, hidrografía y oceanografía; esto suponía emplear instrumentos de gran precisión, poseer una metodología modernizada y exacta, y contar con un equipo humano preparado y experimentado. Los instrumentos se encargaron a Londres, París y al Observatorio de Cádiz, y la metodología sería la que había diseñado el brigadier Vicente Tofiño, director del Observatorio de Cádiz, quien se encargó de la instrucción teórica y práctica de los oficiales que habrían de embarcarse.

Respecto a la historia natural, la expedición estaba compuesta de naturalistas y científicos ajenos a la armada, dirigidos todos por Antonio Pineda y Ramírez (1751-1792), naturalista y botánico de excepción. Formado en el Seminario de Nobles madrileño, ingresó en las Reales Guardias Españolas de Infantería y paso a estudiar a la Real Casa de Caballeros Pajes. Como alférez, participó desde 1780 a 1782 en el asedio a Gibraltar (allí conoció a Malaspina); sus méritos le hicieron conseguir un año después el grado de teniente coronel. Volvió a Madrid tras la paz con Inglaterra (1783), dedicándose a proseguir el estudio de las ciencias de la Naturaleza (y de física y química) que había iniciado en la Casa de Pajes. Su formación naturalista estaba ligada al gabinete de historia natural y al jardín botánico. En la expedición tenía como colaboradores a dos extanjeros: Luis Née, botánico de origen francés y nacionalizado español, y Tadeo Haenke (1761-1817), naturalista y botánico austro-checo al servicio de España, que había sido contratado por el rey; parece que éste, en sus informes, se apropiaba de observaciones y trabajos de los naturalistas españoles ofreciéndolos como propios.

La expedición salió desde Cádiz a Montevideo, en la desembocadura del Río de la Plata, donde iniciaron las observaciones astronómicas y geodésicas, con especial aplicación al cálculo de la longitud. Después de pasar a Buenos Aires, bajaron hacia el sur; allí Malaspina y

Pineda entraron en contacto con indios patagones, formando quizás el primer y más extenso vocabulario de su lengua, a la vez que realizaron mediciones antropométricas y otras observaciones. Mientras, el resto de los naturalistas herborizaba y colectaba especies nuevas o desconocidas, tanto vegetales como animales (peces, mamíferos, etc.). Desde allí marcharon a las Malvinas, donde además de estudiar y colectar conchas y crustáceos, pudieron observar un eclipse de Luna. A finales de diciembre navegaron hacia el cabo de Hornos, reconociendo aquellas islas y comprobando la exactitud de las descripciones que Frezier, Cook y Byron habían hecho de aquellos lugares.

En enero de 1790 se encontraron con una fragata comercial española, que hacía la ruta de Valparaíso, mientras estaban fijando los límites de la costa patagona. Tras doblar el cabo, llegaron a la isla de Chiloé. En aquella travesía se ejercitaron en determinar las diferentes longitudes, corrigiendo las variaciones que marcaban los relojes. Así rectificaron algunas medidas de Magallanes y otras más recientes de Antonio de Ulloa. Partieron luego hacia Talcahuano, junto a Concepción, haciendo un detallado seguimiento de las actividades realizadas por la expedición de La Pérouse. Ya en las islas de Juan Fernández, los oficiales hicieron en marzo un catálogo de estrellas de la región meridional, mientras los naturalistas estudiaban a los lobos marinos y ballenas del mar circundante.

En abril estaban en el continente; en Santiago pudo incorporarse a la expedición el checo T. Haenke, quien había llegado desde Montevideo recogiendo a su paso hierbas y plantas que agregó a lo colectado hasta entonces; mientras, los demás naturalistas recogían minerales y muestras en las minas de Coquimbo. Allí constataron la creciente actividad comercial que giraba en torno al guano, como fertilizante agrícola. En el área de Lima, Pineda midió la calidad de aquel aire, la humedad atmosférica y otras medidas barométricas; Haenke examinaba la calidad de las maderas de los bosques en torno al monte Taura, Née inspeccionaba los volcanes Chimborazo y Tunguragua, y otros medían los fondos costeros. En noviembre se hallaban en Panamá, donde su istmo propiciaba la ilusión de los europeos por comunicar allí el Atlántico con el Pacífico.

Malaspina llegó al puerto de Acapulco, Nueva España, en marzo de 1791, donde pudo arreglar y recomponer el casco, la arboladura y el velamen de su nave, muy dañados en la última travesía. Mientras,

con el péndulo simple, remitido desde París, se estudiaba la figura de la Tierra y la posible determinación de una medida universal. Entonces se recibieron nuevas órdenes llegadas de la Corte; debían verificar las afirmaciones del geógrafo francés Philippe Buache (1700-1773), quien sostenía la existencia del legendario estrecho de Anián, el llamado paso del noroeste que se suponía que comunicaba el Pacífico con el Atlántico, basándose en un supuesto viaje realizado, en el siglo XVI, por el español Lorenzo Ferrer Maldonado [22]. Tal hallazgo revolucionaría el sistema político y comercial de la América colonial, lo que convertiría el paso en un lugar estratégico de importancia primordial:

> Ni imagine alguno que la utilidad de este paso, a lo menos para los extranjeros, no esté ceñida sólo a la navegación de China –decía Malaspina– sino que pueda comprenderse en aquellas ventajas una comunicación más breve con el mar Pacífico, hacia donde en los siglos venideros la navegación europea será tan numerosa y rica como es ahora mezquina, inútil y aventurada.

Por todo ello, y conforme a las nuevas órdenes del rey Carlos IV, en la primavera de 1791 subieron costeando y reconociendo el litoral, sin encontrar –lógicamente– el anhelado paso. Así continuaron hasta el golfo de Alaska, en los 60° de latitud fijados por el rey. Con ello, la gran aportación a la geografía que hizo la expedición de Malaspina fue establecer definitivamente la inexistencia del paso del noroeste (llamado por unos estrecho de Anián, y de Maldonado por otros). Cumplida su misión, pusieron rumbo al archipiélago de Nootka (hoy llamado de la Reina Carlota), donde fondearon en agosto; rumbo al sur, pasaron por el cabo Mendocino y Monterrey; en octubre estaban de nuevo en Acapulco.

Esta etapa fue de las más fructíferas; mientras los oficiales se ocupaban de investigaciones astronómicas, oceanográficas y cartográficas,

[22] Sobre este asunto, puede consultarse la documentación original; la «Memoria sobre el descubrimiento antiguo del paso del noroeste, o del mar océano al del sur. Leída en la Real Academia de Ciencias de París por M. Buache, geógrafo mayor de S.M.» y la «Disertación sobre la legitimidad de la navegación en 1588, por Ferrer Maldonado, desde las inmediaciones de Terranova a el mar del pacífico y al contrario», ambas en el Archivo del Museo Naval, Madrid, en los documentos de la Expedición Malaspina, ms. 92 bis, folios 230-235, 237 y ss., y el doc. 3, folios 90-100 del mismo manuscrito.

los naturalistas se desplazaban tierra adentro, estudiando la fauna, la flora y los minerales, a la vez que recogían muestras de los mejores ejemplares de los tres reinos naturales; en ese período se produjo la importante campaña naturalista dirigida por Pineda. Fue también en ese momento cuando entraron en contacto con los miembros de la expedición botánica de Sessé, con los que intercambiaron informaciones y apreciaciones, y con otros científicos de Nueva España, como el sacerdote José Alzate y Ramírez. Poco después, en enero de 1792, se iba a inaugurar en la ciudad de Méjico el Real Seminario de Minería que dirigía Fausto de Elhúyar. Durante todo este tiempo, y al igual que las demás expediciones, enviaban regularmente a España muestras de las especies y minerales allí recogidos.

En noviembre salieron de Acapulco hacia Manila con la mitad de la tripulación enferma. Entraron en las islas Marianas, fondeando en la de Guam, y en marzo de 1792 llegaban al archipiélago de Filipinas. Tras perseguir a dos buques piratas, que se zafaron de ellos, los expedicionarios llegaron a Manila. Desdichadamente, en junio fallecía Pineda en un pueblito de Ilocos; antes había conseguido entrar en contacto con Juan de Cuéllar, también comisionado allí por el rey, y realizar conjuntamente algunas exploraciones y estudios. En noviembre se dirigieron a Mindanao, reconociendo aquellas costas y haciendo estudios hidrográficos; nuevamente persiguieron a tres pancos piratas, y en diciembre zarpaban por las Sonda y las Molucas hacia Nueva Guinea, mejorando las observaciones y trazado cartográfico que pocos años antes (1774-1776) realizara el navegante inglés Thomas Torrest. Las tempestades les hicieron subir al Pacífico; con rumbo sur bajaban otra vez hacia Nueva Zelanda, pero la climatología los llevó hacia Nueva Holanda (Australia); en marzo de 1793 desembarcaban en la recién fundada colonia inglesa de Puerto Jackson (hoy Sydney, en el sureste de Australia).

Dirigiéndose luego hacia el este, reconocieron en mayo las islas de los Amigos (las Vavao, en el archipiélago de las Tonga) y de la Sociedad, donde los expedicionarios recibieron de los nativos gran cantidad de objetos antropológicos y etnográficos. Desde allí pusieron rumbo al Perú; en junio fondeaban en Callao. Quedando pocos asuntos y campañas por concluir, Malaspina preparaba el regreso de las corbetas cuando llegó la noticia; España, como el resto de las naciones de Europa, había declarado la guerra a la Francia de la revolución que había

guillotinado a su rey, Luis XVI de Borbón, pariente de Carlos IV de España. Esto alteraba los planes de navegación proyectados para el regreso, pues las dos corbetas habían sido preparadas como barcos de navegación, no de combate. Por eso, Malaspina creyó oportuno separarlas en su regreso a Montevideo. El 21 de junio de 1794, junto con otros muchos barcos mercantes, zarpaban de regreso a España en un convoy protegido por la fragata de guerra *Gertrudis*, desembarcando en Cádiz a mediados de septiembre.

Durante los 62 meses que duró la expedición se efectuaron importantes investigaciones y trabajos en los diversos ámbitos de la ciencia: mineralógico, químico, oceanográfico, cartográfico, botánico, zoológico, económico, histórico, cultural, político-militar, social, etc. Por eso, al llegar la expedición a Cádiz después de cinco años de navegación, traía consigo una ingente cantidad de documentos, así como semillas y plantas, especies animales disecadas y objetos etnográficos de culturas indígenas. Malaspina no había pretendido alcanzar grandes descubrimientos, sino vincular sus logros a lo conseguido por las expediciones anteriores, para poder así ofrecer una teoría general sobre la Tierra y sus habitantes; de ese modo se convertía en el precedente inmediato de la obra de Humboldt.

Comenzaron entonces los trabajos de organización y redacción tanto de los diarios como de las descripciones naturalistas y las observaciones de los científicos expedicionarios; igual ocurría con el acabado e iluminación de los dibujos y mapas cartográficos realizados durante la travesía. El objetivo de todos era editar una magna obra que ofreciera, no sólo a los especialistas sino al público en general, los resultados de aquella intrépida expedición hispana alrededor del mundo. Según dice González Claverán, aquélla era una empresa ambiciosa desde sus comienzos, con una abrumadora cantidad de información recogida, una elaboración minuciosa y sólida, y una alta calidad en sus trabajos y conclusiones; sus resultados son verdaderamente asombrosos todavía hoy.

Pero, desafortunadamente, el diario general del viaje no llegó a publicarse. De ese modo, una de las investigaciones más exhaustivas y ambiciosas sobre la naturaleza, sociedad y cultura de América y de algunas zonas del Pacífico quedó desconocida... y desaprovechada. Hubo, además, otra consecuencia negativa de ese hecho: no haber podido poner fin a la polémica de la ciencia española, que estaba iniciándose

entonces y que haría correr ríos de tinta en nuestro país. En efecto: de haberse publicado el *Diario* de esta expedición, que superó en importancia e interés a alguna de las realizadas por el capitán Cook, se hubiera demostrado la contribución española al adelanto de las artes de navegación y de las ciencias naturales, geográficas y cartográficas. De esa forma, como señala Monge Martínez, ante el reconocimiento internacional —al menos en este caso— a la labor realizada por estos intrépidos españoles, hubiera quedado recompuesto nuestro honor nacional, herido años antes por el sesgado ataque a la ciencia española inferido por Masson de Morviliers en la *Nueva Enciclopedia.*

Con todo, no conviene olvidar ni minimizar el objetivo político de la expedición, ya enunciado por Malaspina en su propuesta a Antonio Valdés e implícitamente contenido en la aprobación de Carlos III. Varias veces, durante aquel siglo XVIII, las autoridades hispanoamericanas habían solicitado insistentemente una mayor intervención de España en América, a fin de detener y controlar los avances de la política colonial de ingleses, franceses y rusos en aquellas áreas. A este respecto, Galera señala que es muy significativa la propuesta realizada por Ambrosio O'Higgins a José de Gálvez, presidente del Consejo de Indias, en una carta de 1786; al dar cuenta de la llegada de La Pérouse a aquellos puertos, sugiere la conveniencia de mandar dos fragatas de guerra a reconocer la zona en un viaje dilatado, semejante al de la expedición francesa, con el objeto de apaciguar los pensamientos colonialistas de rusos e ingleses, con intereses en Alaska y en la bahía de Nootka respectivamente. En la Corte de Madrid, recordando los buenos resultados de la firmeza demostrada, desde 1764 a 1771, frente a Francia e Inglaterra por la actuación de Bougainville y Byron en las Malvinas, debieron tomar buena nota de todo ello; dos años después se aprobaba el proyecto de Malaspina, y desde 1789 se haría visible en aquellos territorios la pujante presencia española.

La expedición Fidalgo-Churruca se realizó en el mar Caribe, y la llevaron a cabo, entre 1792 y 1810, dos capitanes de la Real Armada española en cuatro bergantines, siendo propiamente de índole cartográfica y militar. Después de que Malaspina navegara hacia el norte y demostrase la inexistencia del famoso paso del noroeste en la costa del continente, la armada ordenó hacer el reconocimiento hidrográfico y la descripción y levantamiento exacto de la costa de Tierra Firme (el continente americano), de las islas Antillas y del golfo de Méjico. El

plan de exploraciones, organizado por José de Mazarredo, distribuía a los expedicionarios en dos divisiones, con 2 barcos cada una; un capitán de fragata dirigiría y mandaría cada una de ellas.

La primera división sería mandada por Cosme-Damián Churruca y Elorza (1761-1806), el héroe de la batalla de Trafalgar [23]. Guardiamarina de Cádiz, estuvo presente en el sitio de Gibraltar e impartió enseñanza en la Escuela Naval de El Ferrol. En 1788 había formado parte de una expedición que reconoció y cartografió el estrecho de Magallanes, encargándose –junto con Ceballos– de la parte geográfica y astronómica. Ahora, en 1792, dirigía los trabajos de la primera división desde Trinidad; en el fuerte de San Andrés estableció su base y determinó astronómicamente el primer meridiano de América, que había de ser el origen de la medida de las longitudes cartográficas del trabajo de ambas divisiones. Aunque la guerra con la Francia republicana dificultó sus trabajos, Churruca cartografió las Antillas, especialmente Puerto Rico, y las islas de Sotavento; su exploración duró cerca

[23] Para los españoles, Churruca es su héroe de la batalla de Trafalgar que, como es sabido, fue ganada por su enemigo inglés Nelson. El marino español, recuperado ya de las fatigas de su expedición de 1792, se reincorporó al servicio activo, y en 1805 se le entregó el mando del *San Juan Nepomuceno*. Con él se incorporó en Cádiz a la escuadra mandada por Gravina que, junto a la escuadra francesa, formaba una fuerza conjunta francoespañola dirigida por el almirante francés Villeneuve; debido a las alianzas y pactos con la Francia napoleónica, los españoles habían tenido que poner su todavía poderosa armada bajo la dirección del almirante francés Villeneuve.

Esta armada francoespañola debía enfrentarse a la inglesa que, mandada por el almirante Nelson, se encontraba en Gibraltar. Pero la cobardía e impericia de Villeneuve (actuando contra el criterio de los oficiales españoles) y la inactividad de Dumanoir fueron las causas de la derrota. En el combate de proximidad, el *San Juan Nepomuceno* fue atacado por tres buques ingleses, que pronto se elevaron a seis, y se defendió con fiereza y heroísmo; pero Churruca, a quien una bala de cañón arrancó la pierna izquierda, tuvo que resignar el mando no sin pedir a sus oficiales que combatieran hasta la muerte. Los ingleses, a quienes la victoria costó la vida de su almirante Nelson, tributaron caballerosamente honores militares al cadáver de Churruca; después condujeron a Gibraltar, como trofeo de aquella batalla, el casco –ya destrozado– del *San Juan*.

Para España, la batalla de Trafalgar fue uno de los mayores desastres de su historia, pues acabó con una armada que había costado muchos años, dinero y sacrificios. La falta de su armada sería, para España, una de las causas externas de la pérdida de sus virreinatos americanos, puesto que no contaba con elementos materiales donde poder transportar sus tropas en número suficiente. Hasta el tiempo de Isabel II no fue posible restaurar la marina hispana, pero, para aquellas fechas, España había dejado de ser una potencia. Su guerra con los EE. UU. en 1898 no fue sino la confirmación de este hecho, y la presentación internacional de los EE.UU. como una nueva potencia en el mundo.

de 10 años, y sus mapas aparecerían de 1802 a 1804, rectificada ya la longitud de Puerto Rico y enlazando sus trabajos con los realizados por los exploradores del resto de Europa.

La segunda división la mandaba Joaquín-Francisco Fidalgo. Tenía a su disposición los bergantines *Empresa*, mandado por el teniente de navío Fernando Noguera, y *Alerta*, cuyo capitán era Manuel del Castillo y Armenta, con los que se dedicó a elaborar el mapa general de las costas y las cartas particulares de los fondeaderos; 15 años duraron estos trabajos. En la determinación de las longitudes, Fidalgo empleó cronómetros de Arnold, cuya cuidadosa disposición y manejo detalló Fidalgo en su *Diario*; las observaciones para determinar la marcha de los cronómetros se efectuaban en tierra empleando los métodos de alturas correspondientes, ocultaciones de estrellas por la Luna, inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter, así como por la observación de eclipses de Sol y del paso de Mercurio por delante del disco solar [24].

A lo largo de la costa colombiana desarrolló Fidalgo su labor cartográfica, mostrando así la calidad científica de las enseñanzas recibidas en la Escuela de Guardiamarinas de Cádiz. Aquellos oficiales españoles, como todos los que tomaron parte en expediciones y trabajos de esta índole no recogidos aquí, mostraron el alto grado de preparación náutica, astronómica y matemática de los marinos hispanos de aquel siglo. De gran interés resultaría el hecho de que enviase una serie de observaciones astronómicas al también oficial José de Espinosa y Tello, quien las analizó y pudo determinar la longitud de Cartagena. Más tarde, estas mismas observaciones serían analizadas por Oltmanns, que prefirió las observaciones de los marinos españoles y prescindió de las de Humboldt, que entonces residía en Quito.

De idéntico modo, a lo largo de aquellos años fueron enviadas otras observaciones astronómicas a diferentes científicos que residían en varias ciudades, distantes entre sí, de la América hispana; con ello se ganaba en exactitud y precisión al coincidir entre todos. A la vez

[24] La documentación original de esta expedición se encuentra en Madrid, en el Museo Naval. No obstante, sobre ella hay un artículo de Jorge Arias-De Greiff, «La expedición Fidalgo», en la obra citada *La ciencia moderna...*, pp. 251 y ss. Nótese que, aunque Churruca volvió a España en 1804, Fidalgo lo haría en 1810, cuando España había iniciado su rebelión y su lucha contra el rey intruso y el Imperio francés de Napoleón I.

que los trabajos astronómicos, se desarrollaron los geodésicos de triangulación; todo ello permitía determinar exactamente las posiciones geográficas de numerosos lugares costeros. Los levantamientos costeros se dibujaron en planchas o cuarterones a escala de ocho pulgadas de Burgos por cada grado de longitud.

Los mapas así obtenidos sirvieron para elaborar, junto con los realizados por Churruca, la *Carta esférica del Mar de las Antillas* que publicaría Espinosa en Madrid (1802) y Londres (1810); las cartas de navegación inglesas, francesas y norteamericanas del siglo XIX incorporaron todos los datos y resultados de la expedición de los marinos españoles. Así, por ejemplo, en el *Atlas* de Humboldt publicado el año 1830 en París, se percibe el trabajo de Fidalgo en el correcto dibujo de aquellas costas.

La expedición a Chile y Perú de los hermanos Heuland, extranjeros contratados por el rey, tenía como objeto completar la realizada por Ruiz y Pavón; la de éstos había sido botánica, mientras que los Heuland debían estudiar y colectar minerales y conchas. Con este objetivo se realizaría, de 1795 a 1800, la última expedición científica hispana del siglo XVIII a la América española.

Desde la fundación del Real Gabinete de Historia Natural se habían creado en él laboratorios, escuelas y secciones que luego pasarían a ser otras tantas cátedras, con sus correspondientes museos o secciones del Real Gabinete. Christian y Conrad Heuland eran dos mineralogistas (hoy se les denominaría geólogos) alemanes que, años atrás, habían manifestado a José Clavijo y Fajardo, entonces vicedirector del Real Gabinete, que el gabinete estaba bien provisto de ejemplares y muestras de especies vegetales y zoológicas, pero escaso en minerales, sobre todo de América.

Por ello, en 1793 presentaron al secretario del Consejo de Estado, duque de Alcudia, un catálogo de su rica colección de minerales de América, presentes ya en muchos museos extranjeros y colecciones particulares, con el objeto de que el gabinete adquiriese los que quisiera. Fue entonces cuando Clavijo propuso un viaje de los dos hermanos a Perú y Chile, para estudiar y colectar las producciones mineralógicas de aquellos países y mejorar con ellas los fondos del Real Gabinete [25].

[25] Sobre esta expedición hay un trabajo, ya antiguo, del agustino y naturalista padre Agustín J. Barreiro, *El viaje científico de Conrado y Cristián Heuland a Chile y Perú organizado por el gobierno español en 1795*, Madrid, 1929.

Así se decidió: en 1795 deberían iniciar su viaje hacia las costas occidentales de la América española. No deja de ser curioso que, al año siguiente, se contratara como colector geológico del gabinete a Carlos Gimbernat, un médico y geólogo español de prestigio internacional, autor de uno de los primeros estudios geotectónicos de los Alpes y creador en Alemania de los establecimientos balnearios de lodos curativos; las autoridades eligieron a aquéllos, y no a éste, como comisionados para pasar a las dos Américas.

La expedición estaría compuesta por Christian Heuland y su hermano Conrad, quienes se encargarían de los minerales, cristales, fósiles y conchas, junto con Francisco-Javier Molina (colector del Real Gabinete) y su ayudante Eladio Yáñez, quienes se ocuparían de la zoología: cuadrúpedos, aves, peces, insectos y curiosidades. Previamente se habían encargado para Molina, a la fábrica de cristal de San Ildefonso de La Granja, «mil vidrios del tamaño de a cuartilla» para las cajas de mariposas e insectos que colectase; además, a cada uno de los dos equipos se les habían proporcionado las instrucciones correspondientes, con la labor que allí debían desarrollar. Pero, cuando a finales de 1794 debía embarcarse hacia Buenos Aires, sólo partieron los dos alemanes. Aplicados en cumplir cuanto se les había señalado, en marzo de 1795 hacían su primer envío de minerales a España, lo que prosiguió hasta su vuelta en 1800. Muchos de aquellos productos se expondrían desde entonces en una de las salas del gabinete.

Otras muchas expediciones de diversa índole se dieron en el siglo XVIII, pero o bien son de rango inferior, o bien sus resultados han sido de menor importancia científica que las aquí reseñadas. Con todo, la mayoría de ellas estuvieron muy bien realizadas; recuérdese, por ejemplo, la de Baltasar Boldó y el conde de Mopox, a Cuba durante los años 1796 a 1802 y la del francés Jean-Baptiste Leblond a Nueva Granada. Sin embargo, la más conocida de todas las expediciones de este siglo hacia la América hispana no fue española: es la del barón alemán Alejandro de Humboldt (1769-1859), que se realizó desde 1799 hasta 1804; por su fecha y su transcendencia será tratada en el siguiente capítulo.

Análisis y valoración de las expediciones españolas

Prescindamos ahora de los descubrimientos mismos, y de los primeros viajes y exploraciones realizados por los conquistadores, así

como de las expediciones del siglo XVI (las de Vasco Núñez de Balboa, Oquendo, Francisco Hernández, etc.), y fijémonos en el ilustrado siglo XVIII español; desde 1735, en que partió la expedición geodésica francoespañola al virreinato del Perú, con Ulloa y Juan, hasta 1808, en que se inició la guerra contra el invasor napoleónico y la definitiva decadencia española, los españoles llevaron a cabo bastantes expediciones, viajes y comisiones al Nuevo Mundo. El objetivo de todas estas expediciones era hacer progresar los conocimientos geográficos, náuticos y científicos de toda índole; a la vez, se fomentaba así una auténtica política de prestigio o de orgullo nacional enmarcada en la desenfrenada y competitiva carrera científico-expedicionaria que, en el siglo XVIII, realizaron las principales potencias del mundo.

Señala Guirao [26] que la gran abundancia de citas o elogios a algunas de estas expediciones oculta el inmenso vacío existente sobre muchas otras, careciendo de un estudio de conjunto de todas ellas. Propiamente, las expediciones científicas se dan en la época de Carlos III (1759-1788); es a partir del quinquenio 1765-1770 cuando España se lanza con toda su pujanza a la búsqueda del conocimiento y protección del ámbito americano. En los diez primeros años (1765-1775), la corona envió 19 expediciones, fundamentalmente de carácter geoestratégico, fomentadas por las secretarías de Indias y de Marina. Entre los políticos españoles que apoyaron y fomentaron las expediciones, bien sea por su aguda visión política de la importancia de América para España, bien sea por su profundo conocimiento de los americanos, hay que destacar a José Moñino y Redondo, conde de Floridablanca, y a José de Gálvez, marqués de Sonora. Ambos fueron los grandes impulsores de las exploraciones hidrográficas y botánicas, reflejando en ellas la gran preocupación que sobre América tenían los políticos y científicos europeos.

En los 15 años siguientes, entre 1776 y 1791, a pesar de haber un cambio de monarca, la corona española desarrolló su mayor impulso expedicionario, no sólo enviando otras nuevas, sino manteniendo el impulso y trabajos de las existentes y las ya realizadas, cuyas relaciones

[26] Es aconsejable, además de interesante, la investigación realizada en el tema de las expediciones españolas por Ángel Guirao de Vierna, «Análisis cuantitativo de las expediciones españolas con destino al Nuevo Mundo», en *Ciencia, vida y espacio...*, tomo III, p. 65.

estaban en proceso de elaboración o impresión. Tras la caída de Floridablanca, será el bailío Antonio Valdés, secretario de Marina desde 1783 y de Indias desde 1787, quien prosiga esa política emprendida en el reinado anterior, dando más importancia aún a las exploraciones hidrográficas, pues en ellas estaba el futuro del comercio, para evitar el contrabando inglés, y de la seguridad de las colonias españolas, para acudir lo más rápidamente posible desde todos los puntos. Así, 1792 es el año en el que más expediciones se están realizando simultáneamente; a partir de esa fecha se inicia una disminución en su número (pero no una desaparición), debido al regreso de algunas a España y a la destitución de Valdés en 1795. El último esfuerzo lo haría Godoy, que inspiró las del conde de Mopox, los hermanos Heuland y el capitán Dupaix.

El lector no especializado comprenderá mejor la transcendencia que estas expediciones tuvieron para España si entiende claramente lo que un científico no historiador dijo de ellas, prescindiendo de cualquier fruto o contenido científico derivado de estos viajes; Alejandro Nieto [27] ha señalado que, acerca de la sociedad española del siglo XVIII,

> los historiadores de la economía y de la demografía nos han demostrado que España estaba exangüe y que ya no recuperaría jamás el pulso. Pero en los páramos de nuestro solar yacen unas energías que, de súbito, anuncian inesperadas cosechas ubérrimas. La Ilustración cambia el panorama como un giro de caleidoscopio. Carlos III viene de Nápoles y se hace español. España vuelve a engancharse a Europa y, por lo mismo, redescubre América. A golpe de Real Cédula se movilizan hombres y recursos que antes se desperdiciaban. Los astilleros trabajan febrilmente, y en los nuevos barcos no se montan cañones, sino laboratorios. La Península se hace pequeña. Se parte otra vez hacia las Indias, y ahora no con intención de conquista y de expoliación, sino para mejor comprenderlas. Ya no viajan sólo guerreros y frailes: ahora son científicos. La Ciencia vuelve a ser escrita en español.
>
> El rey —prosigue Nieto— organiza y encuentra organizadores. Los despachos no ponen trabas, no imponen levas, no exigen impuestos:

[27] Alejandro Nieto, ex-presidente del C.S.I.C. (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) español, en el Prólogo de la obra citada de Calatayud Arinero, *Catálogo de las expediciones...*

> fomentan. Ofrecen posibilidades de trabajo, de investigación, de aventura creadora. Una tras otra, parten expediciones a América y Filipinas en competencia con las demás europeas. Las Academias más avanzadas esperan con ansiedad los informes de los navíos españoles de la Ilustración. Éstos regresan con papeles, con muestras botánicas o zoológicas. No se viaja por lucro individual, ni se conquista para la Corona: se trabaja para la Ciencia. Hay entusiasmo altruista. Atrás quedan los Pizarros, los Cortés; ahora es el momento de los Azara, de los Mutis, de los Sessé, de los Malaspina, que reanuda la tradición de los Elcano y los Hernández, que habían sido olvidados en el estruendo de las batallas del siglo del oro y de la sangre.

Aunque éste sea el mejor elogio que pueda hacerse a una labor, concretamente a la realizada en las expediciones hispanas del XVIII, y sea absolutamente cierto todo lo expuesto por este investigador, la importancia científica de estos viajes quedó reflejada objetivamente en las obras surgidas como consecuencia de ellos; los conocimientos mineralógicos, botánicos, zoológicos, astronómicos, geográficos y antropológicos en ellas expuestos causaron el asombro de Europa y mostraron a sus sabios secretos aún no conocidos, a sus marinos las cartas necesarias para navegar con toda seguridad, y a los lectores eruditos y curiosos las maravillas de unas tierras que pertenecían a la corona de España.

Para finalizar este capítulo, recordemos que los contemporáneos valoraban mucho aquel género de trabajos y exploraciones. Esto lo expresó sabia e inteligentemente Adam Smith (1723-1790) en la parte tercera del Libro IV de su *Investigación de la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*, puesto que todo avance en el conocimiento de América era útil para todas las potencias europeas y su comercio:

> Las ventajas generales que ha logrado Europa, considerada como un gran cuerpo en común, del descubrimiento y colonización de América —decía Adam Smith— consisten en el aumento de los bienes de que por ello disfruta, de una parte, y el acrecentamiento y perfección de su industria, de otra.
>
> Todo aquel producto sobrante de América que se introduce en Europa, surte a los habitantes de este gran continente de una variedad de mercaderías que, de otra suerte, no hubieran poseído: unas para conveniencia, otras para regalo, para ornato otras, y muchas para usos que en cierto modo pueden llamarse necesarios.

Es cosa concedida sin dificultad, según creo, que el descubrimiento y población de América por los europeos ha contribuido al aumento de la industria, no sólo de aquellos países que con ella comercian directamente, como España, Portugal, Inglaterra, Francia y Holanda, sino también de los que, comerciando indirectamente, envían por medio de los otros sus propias producciones, como Flandes austríaco y algunas provincias de Alemania que, por el conducto de aquellas naciones, remiten a América grandes cantidades de lienzos y otros géneros de propia producción. Todos ellos se han granjeado un mercado extensísimo para sus producciones y, por consiguiente, han fomentado el aumento de sus cantidades...

...Las ventajas particulares que obtiene cada país de las colonias que estableció respectivamente, o que por otro título pertenecen a sus dominios, se reducen a dos: la de aquellas comunes que todo Imperio deriva de las provincias sujetas a sus dominios, y la de aquellas singulares que se suponen resultar de unas provincias de cierta clase y naturaleza peculiar, como son las de América... En cuanto a contribuir con rentas para la defensa de la nación matriz y para sostener su gobierno civil, las únicas colonias que lo han ejecutado han sido las de España y las de Portugal... [28].

[28] Adam Smith, *La riqueza de las naciones*, Barcelona, Orbis, 1984; véase el tomo II, pp. 366 y ss.

Capítulo VI

DE LAS JUNTAS Y LA INDEPENDENCIA AL «DESASTRE DEL 98»

El siglo del progreso: pensamiento y mentalidades

Si algo distingue al siglo XIX y a los hombres que vivieron en él es la creencia de que estaban viviendo en un tiempo de progreso, el cual culminaba los esfuerzos de la Humanidad de los siglos anteriores que, a su vez, había transformado la vida humana. El hombre decimonónico, heredero de aquellos que habían descubierto y conocido la Naturaleza, se aprestaba a dominarla y a establecer las leyes que la regían. Con un verdadero espíritu mecanicista (que sería sustituido hacia la segunda mitad del siglo por un espíritu o pensamiento organicista) se entrega, por un lado, a la investigación y al estudio de las ciencias para llegar a las últimas consecuencias de los descubrimientos del siglo anterior, para conocer los secretos de la Naturaleza que están más allá de los sentidos, y para encontrar las leyes que rigen la materia; así pervive la vieja polémica dieciochesca del antagonismo o dicotomía razón-fe. Frente a la religión, e incluso contra ella, se contrapone la filosofía positivista.

Por otro lado, esta actitud o mentalidad se manifiesta en una actitud de endiosamiento que tiene el hombre de este siglo, y que parece alcanzar su clímax con la filosofía de Nietzsche, que proclamaba la necesidad de la muerte de Dios para que el hombre, hasta entonces de rodillas ante la divinidad, se levantase y recorriese su propio camino. Esta actitud se evidencia en todos los planos de la vida del hombre del siglo XIX. Así, en el ámbito interno, se recoge el fruto de la diosa Razón de la revolución francesa: la Libertad. Por eso se consagra el libre pensamiento, así como el combate a la intolerancia y el dogma-

tismo, entonces atribuido a la Iglesia católica; curiosamente, y sin pretenderlo, el hombre decimonónico creará nuevos dogmatismos e ideologías totalitarias e intransigentes.

En el terreno externo, dentro de la vieja Europa los hombres –hasta los más sencillos y analfabetos– van tomando conciencia a lo largo del siglo de que ya no hay, ni debe haber, soberanos: el pueblo es el único soberano y dueño de sus propios destinos, y los individuos han dejado de ser súbditos de un rey (*subiecti*, sujetos al rey) para pasar a ser ciudadanos de un Estado que se rige por una Ley (la Constitución) que el pueblo se da a sí mismo. El sistema político liberal es la herencia que las revoluciones norteamericana y francesa han dejado a los europeos e hispanoamericanos. La soberanía nacional, de carácter más burgués y elitista, que se va imponiendo en la primera mitad del siglo, se ve sustituida en la segunda mitad por la soberanía popular, de carácter más democrático y popular: un hombre, un voto. El Estado liberal es más representativo, y se articula individualmente a través del sufragio y colectivamente a través de los partidos y de una prensa libre.

En el ámbito económico, el liberalismo es impulsado por la extensión a toda Europa de la revolución industrial durante el primer tercio del siglo, lo que conlleva un aumento enorme de la producción (ahora estandarizada) tanto de bienes de equipo como de productos de uso y consumo; el liberalismo económico o «librecambismo» es propugnado por los países industrializados, que por eso mismo se van volviendo más ricos y poderosos. La economía va a ser la reina de las ciencias o actividades, a la que todo se supedite: ella será la que fomente la ciencia aplicada, surgiendo ya con fuerza lo que hoy denominamos la tecnología.

Fuera de la vieja Europa, el endiosamiento del europeo y su civilización va a coincidir con su expansión económica, ya sea como búsqueda de materias primas baratas y diversificadas, ya sea como búsqueda de nuevos mercados. Así surgirá el imperialismo, disfrazado entonces de colonialismo. La ciencia, concretamente la geografía y la cartografía, se pondrá al servicio de la ambición y el poder; África sobre todo, y Asia en cierta medida, serán exploradas y recorridas por geógrafos, aventureros y misioneros; sus informes van a ser luego utilizados para organizar la penetración militar de sus respectivas metrópolis y para la sistemática explotación de aquellos recursos. Ése fue el tiempo del progreso y del bienestar, del lujo y del arte, de la guerra y

las glorias militares, del patriotismo y el nacionalismo, de las políticas de prestigio y, en el exterior, el siglo de la soberbia del hombre blanco. Pero también fue el tiempo del utilitarismo, del capitalismo salvaje, de la explotación de los débiles y de la lucha social. El XIX fue un siglo contradictorio, de antagonismos y luchas como nunca antes se habían dado.

Tanta división se había hecho patente desde finales del siglo anterior. La revolución francesa había dividido los espíritus mucho más que la revolución o independencia norteamericana. En aquel tiempo de exaltación de la razón y de destrucción de los últimos vestigios feudales, también la ciencia desempeñó un importante papel. Algunos científicos fueron ardientemente republicanos (Monge, Carnot), y tomaron parte en los asuntos económicos y militares; otros fueron víctimas de la reacción popular (Condorcet, Bailly, Lavoisier). Como acertadamente ha señalado Bernal [1], la primera consecuencia científica de aquella revolución fue la implantación, en 1799, del sistema métrico decimal como sistema universal y fijo de pesas y medidas; la segunda fue el inicio de la moderna enseñanza de las ciencias: tanto los gobiernos como la sociedad estaban convencidos de que la ciencia generaba el progreso.

A este respecto es preciso recordar algo anteriormente señalado: en el primer tercio de este siglo tiene lugar la revolución industrial en los Estados más avanzados del Occidente de Europa. Como vimos en el capítulo anterior, el siglo XIX debe al XVIII la invención de las máquinas y fuentes de energía que, multiplicadas y extendidas a principios de este siglo, producen ese cambio en los medios y formas de producción que los historiadores conocemos, desde Engels, con el nombre de revolución industrial. Tras demostrar la validez real y generar un mayor beneficio económico (el nuevo sistema era más eficaz y menos costoso que el artesanal), la industrialización produjo una verdadera codicia —más que un respeto o aprecio— por poseer la ciencia y sus técnicas de aplicación.

Por eso, este siglo es también —por encima de cualquier otro— el que inicia una cierta preeminencia social del científico y del ingeniero; ambos dejan de ser tratados como teóricos eminentes o hábiles cons-

[1] John Bernal, *Historia social de la ciencia*, *op. cit.*, vol. I, p. 412.

tructores para ser considerados creadores de riqueza y motores de la expansión industrial. Los hombres de este tiempo no buscan ya la ciencia en sí misma, sino la ciencia aplicada, la ciencia útil a la Humanidad y a la producción industrial. Una muestra de la acogida que la sociedad prestaba a la ciencia es la fundación en casi todos los países europeos de Asociaciones para el Progreso de las Ciencias. Por su parte, a los científicos les quedan pequeñas las fronteras nacionales; en este siglo (en torno a 1860) se inician los congresos científicos internacionales, en los que los sabios de distintos países expondrán sus logros a sus colegas y mostrarán sus metodologías. Los países menos adelantados, como España (que en ese siglo conoce ya una franca decadencia), envían a sus mejores estudiantes a los países más adelantados para aprender todas las ciencias en profundidad y ejercitarse en las mejores técnicas que, de vuelta a sus respectivos países, deberían enseñar en sus universidades y llevar a la práctica en sus fábricas y laboratorios.

La importancia que la sociedad decimonónica daba a la ciencia tiene un ejemplo ya tópico en el ámbito de las ciencias de la Naturaleza, no sólo por el poderoso influjo —y controversia— que trajo la teoría evolucionista de Darwin, sino por el extraordinario desarrollo que tuvieron las publicaciones y los cultivadores de estas disciplinas. De este modo, estas ciencias dejaron de ser una afición o *hobby* de aristócratas e ilustrados (como en el siglo anterior) para pasar a ser una actividad concienzuda y meticulosa de sabios y gentes cultas. Entre todo este grupo de ciencias, como es sabido, destaca la entomología o ciencia de los insectos; en el siglo XIX, la imagen ya vulgarizada del sabio era la del colector de mariposas y otros insectos, que luego exponía en acristalados paneles en las paredes de su estudio. Por lo mismo, éste fue el siglo de los grandes viajeros, exploradores y geógrafos que, por fin, consiguieron para la ciencia europea el conocimiento exacto y preciso de todos los secretos del continente africano, así como desvelar los diferentes misterios del exótico continente asiático.

En lo referente al mundo de las ideas, el XIX es el siglo de dos sistemas contrapuestos y antagónicos: el liberalismo, con la democracia como objetivo político, y el socialismo, propugnador de una revolución que instaurase la dictadura del proletariado. El primero, que se consolida durante la primera mitad del siglo, era producto del racionalismo del siglo anterior (la libertad es el fruto de la razón); los re-

volucionarios franceses, sus defensores, se habían inspirado en las ideas de Rousseau y Voltaire que, a su vez, eran el legado de Newton y Locke; la fe en el hombre y en su perfectibilidad mediante la educación y unas instituciones libres. El segundo, el socialismo, se consolida en la segunda mitad del siglo, y es el producto del rechazo de las capas sociales más empobrecidas y concienciadas al injusto reparto de la riqueza que propugnaba el capitalismo salvaje del liberalismo de los primeros tiempos; propugnaba la lucha de clases y una revolución que subvertiese el orden social vigente.

Avances de la ciencia en el siglo XIX

Aunque algunos autores opinan que la química es la ciencia por excelencia del siglo XIX, no es de extrañar que la física inicie su extraordinario desarrollo en este siglo. La física teórica recibía la poderosa ayuda e influjo del análisis matemático, en el que destacarían los trabajos de C. Gauss (†1855) sobre la probabilidad, de Boole sobre la lógica simbólica, de H. Poincaré (†1912) sobre ecuaciones diferenciales e integrales abelianas, y la creación por B. Reiman (†1886) de una geometría no euclidiana en la que se propone por vez primera un espacio de cuatro dimensiones. En este período, la física recibe el firme apoyo de poderosas instituciones científicas, como la Royal Institution (1799) de Londres y el patrocinio de los poderes públicos, como la creación por Napoleón de la Ecole Polytèchnique y el progresivo auge de esa disciplina en las universidades [2].

La óptica instrumental consiguió entonces una importante mejora en la construcción de vidrios ópticos u objetivos, basada en la teoría del alemán Ernst Abbe (1840-1905); rechazada por todos, excepto por

[2] Por lo que a España se refiere, es útil la lectura del discurso inaugural de apertura del curso académico 1980-1981 en la Universidad Complutense de Madrid, pronunciado por el profesor Armando Durán Miranda con el título «Breve crónica de la Física en España», Madrid, U.C.M., 1980. Además, puede consultarse la obra, más elaborada, de Antonio Moreno González, *Una ciencia en cuarentena. La Física académica en España (1750-1900)*, Madrid, CSIC, 1988; su autor muestra en él las vicisitudes que esta ciencia sufrió en nuestro país hasta convertirse en una de las disciplinas que vertebraban las facultades de ciencias.

el español Castellarnau y Lleopart, logró en 1883 los objetivos apocromáticos en la fábrica de Karl Zeiss en Jena. Más interés y transcendencia tendría el hallazgo de Fraunhoffer, en 1814, de que la luz forma un espectro de colores al atravesar un prisma; investigando sobre ello, G.R. Kirchoff (1824-1887) inventó el espectroscopio, que obtenía la huella dactilar de cada elemento por la luz que producía, deduciendo los elementos de que se componía un cuerpo desconocido a través de las líneas del espectro que producía. Este descubrimiento impulsaría los estudios de astronomía y astrofísica, permitiendo descubrir la composición de estrellas y planetas, lo que permitió plantear el origen común del universo. Así empezó la discusión sobre la cronología del universo entre físicos, geólogos y astrónomos, a la que no fue ajena ni la Iglesia ni los teólogos.

En el ámbito de la electricidad, se partía de los trabajos de Benjamin Franklin sobre la existencia de un solo fluido eléctrico cuya carga podría ser positiva o negativa, de los de Alejandro Volta sobre la batería eléctrica, y de los de W. Nicholson y A. Carlisle sobre la electrólisis. De ese modo, en 1833 descubría Michael Faraday (1791-1867) la inducción electromagnética, que implicaba la transformación del trabajo en energía eléctrica y la construcción de las primeras dinamos. Gracias a esto, el telégrafo eléctrico se convirtió en una realidad práctica de extraordinaria utilidad. Su discípulo, James C. Maxwell (1831-1879) aportaría la teoría electromagnética de la luz; ésta vendría a ser la base de los posteriores hallazgos que marcarían una verdadera revolución en el campo de las comunicaciones; desde el del oscilador de chispa en 1887, por Heinrich R. Hertz (1857-1894), al de la entonces fantástica T.S.H. o telegrafía sin hilos en 1896, por G. Marconi (1874-1937).

Por lo que se refiere a la termodinámica (el estudio del flujo de calor) se conocían los trabajos de N. Sadi Carnot, que serían desarrollados en esta época por Julius R. von Mayer (1814-1878), James P. Joule (1818-1889) y Hermann L.F. von Helmholtz (1821-1894). En torno a 1840, estos investigadores establecieron el primer principio de la termodinámica: «la ley de la conservación de la energía», según la cual la energía ni se crea ni se destruye. Esto llevaba consigo una serie de importantes cuestiones, quizás ajenas a la física y más cercanas a la religión. Diez años después, Rudolf J. Clasius (1822-1888), con la creación del término entropía (proporción entre el calor contenido en su

sistema aislado y su temperatura absoluta) llegaría a la formulación del segundo principio de la termodinámica. Estos trabajos interesaron pronto a la química; después del Sol, la mayor fuente de calor conocida en el siglo XIX era la producida por las reacciones químicas, como la combustión de la madera, del carbón y del petróleo.

La química no sólo conoce un gran desarrollo en este siglo, sino que también cosecha evidentes éxitos. Muchos autores la consideran la ciencia del siglo XIX no sólo por sus logros, sino por ser la principal auxiliar de la industria textil, en este siglo la más importante por su volumen de producción y por la mano de obra que de ella dependía. Materiales nuevos, sintéticos y más baratos, inundaron los mercados y sustituyeron a los productos naturales, que eran más costosos y escasos, y que —además— implicaban una doble problemática: económica, por la importación de esos productos, y política, por la dependencia de las industrias nacionales respecto a los países proveedores.

La química del siglo XIX partía de los hallazgos de Lavoisier, quien ya había establecido la primera nomenclatura de los elementos químicos entonces conocidos, y de los de Proust, Dalton, quien había confeccionado la primera tabla de pesos atómicos y acabado con la creencia en la alquimia y en la teoría hylemórfica, así como de los de Gay Lussac, Avogadro, Jöns J. Berzelius (1779-1848), autor de una nueva tabla de pesos atómicos más precisa, y culminaría con los de Friedrich Wöhler (1800-1882) y Pierre E.M. Berthelot (1827-1907), quienes consiguieron romper la barrera entre lo orgánico y lo inorgánico, iniciando el camino de la producción de sustancias artificiales o sintéticas, y acabando definitivamente con la influencia de la filosofía vitalista [3].

En este siglo se formulan nuevos conceptos químicos; los radicales, pequeños átomos desde los que se construyen las moléculas, los tipos, familias de moléculas orgánicas diferenciadas según un núcleo que enlaza a los radicales, la valencia, poder de combinación fijo que tiene cada átomo, los pesos atómicos, etc. Además, debe destacarse la contribución que en ese aspecto realizó Dimitri I. Mendeleiev (1834-

[3] Como ya quedó dicho en el capítulo anterior, muchos químicos de la segunda mitad del siglo XVIII y la primera del XIX consideraban la vida como un fenómeno especial que no obedecía necesariamente a las leyes del universo, tal y como éstas rigen en los objetos inanimados. La creencia en esta posición especial de la vida se llama vitalismo, y había sido propugnada por Stahl (el ya conocido autor de la teoría del flogisto).

1900) al establecer la tabla periódica de elementos químicos; en ella quedaban muchos huecos, y dedujo acertadamente que eran elementos aún no descubiertos o conocidos por el hombre. Con ello planteaba un reto a los investigadores: el hallazgo de esos elementos desconocidos.

En el ámbito de la química orgánica destacaba singularmente quien es considerado su fundador: August Kekulé von Stradonitz (1829-1896); en su *Tratado de Química orgánica* (1860) la definía como «la química de los compuestos del carbono». Además de su hallazgo de la estructura del benceno —que impulsaría la obtención de los tintes de anilina—, buscó unificar los criterios y la terminología, para lo que propuso una conferencia de todos los químicos interesados; así, el I Congreso Internacional de Química, celebrado en Karlsruhe (Alemania, 1860), fue la primera reunión científica internacional de la historia.

En la química física, a su vez, William C. Williamson (1816-1895), uno de los primeros paleobotánicos, iniciaba en torno a 1850 sus investigaciones sobre cinética química (estudio de las velocidades de las reacciones químicas), proseguidas luego por las de J. Maxwell y Ludwig Boltzmann (1844-1906) sobre la cinética de gases; con ellas se consiguió la licuación de los gases, lo que tuvo gran transcendencia para la industria por permitir la construcción de las primeras cámaras frigoríficas. Por su lado, la termodinámica química fue cultivada por Josiah W. Gibbs (1839-1903), quien elaboró la regla de las fases con tal detalle y perfección que poco les quedaba por hacer a sus sucesores; sus conclusiones fueron puestas en práctica por Wilhelm Ostwald (1853-1932) en la catálisis, proceso en el que la velocidad de una reacción química es determinada por la presencia de otra sustancia que no toma parte en dicha reacción. En este campo debe recordarse que, entre 1830 y 1839, se observó que la luz solar sobre la plata permitía desarrollar una técnica para grabar imágenes; desde la fotoquímica se iniciaba así un proceso que luego desembocaría en la fotografía.

La química orgánica de síntesis (la referente a productos sintéticos) se desarrolló aún más que las disciplinas teóricas de la química por su inmediata relación con la industria y la producción de bienes. Inicialmente empezó con la fabricación de colorantes; William H. Perkin (1838-1907) descubría en 1856 cierto brillo púrpura en un preparado, lo que le permitió obtener la púrpura de anilina, de color malva

—tan popular que se volvió el color preferido de la moda femenina—, e instalar la primera fábrica de colorantes derivados del alquitrán. A su vez, en 1867, Adolf von Baeyer (1835-1917) logró la síntesis del índigo, lo que acabó con las extensas plantaciones de este vegetal en el lejano oeste americano, y su consiguiente exportación a Europa; su discípulo Karl Graebe sintetizaría la azilarina, otro importante colorante natural. De este modo, por su menor coste, los colorantes sintéticos desplazaron de la industria a los naturales.

Otros productos sintéticos fueron los explosivos; Christian F. Schönbein (1799-1868), el descubridor del ozono, encontró la nitrocelulosa en un experimento que realizara en 1845, lo que hizo posible la pólvora sin humo, llamada entonces algodón pólvora, de gran utilidad en el campo de la artillería y la balística militar. Dos años después, Ascanio Sobrero (1812-1888) descubría la nitroglicerina, explosivo potente, pero muy difícil de manejar; sin embargo, Alfred Nobel (1833-1896) conseguiría mezclarlo con una tierra absorbente, lo que permitía manejarlo con total seguridad; así, en 1866, aparecía la dinamita. Con cierta ingenuidad, el científico sueco pensaba que con ella serían las guerras tan horribles que no habría más remedio que optar por la paz, ignorando que, en la época de los conflictos mundiales (1914-1945), la ciencia sería aplicada a una labor de destrucción mucho más organizada y sistemática. Otros sucedáneos que alcanzaron gran popularidad fueron el celuloide, inicialmente empleado desde 1869 como sustituto del marfil en las bolas de billar, y, desde 1884, el rayón y el soporte de la fotografía; todos ellos obtenidos a partir de la piroxilina.

En el ámbito de la química inorgánica se consiguieron otro tipo de artículos de mayor o menor difusión, pero de menos influencia social. Entre ellos, podrían recordarse la cerilla de fósforo (1827) y la fotografía; éste era un descubrimiento de gran transcendencia por lo que supone de testimonio para los historiadores, y también por ser la base de la posterior industria cinematográfica y de la comunicación e imagen. Sin embargo, fueron otros los campos en que la acción de la química inorgánica destacó más y tuvo mayores y más decisivas consecuencias.

El más importante era el de la metalurgia. Junto con los textiles, la siderurgia había vertebrado la primera revolución industrial y en ella era especialmente importante la producción de acero. Ésta databa de 300 años atrás y todavía mantenía el viejo problema: producir acero

con menos coste y en cantidades suficientes para cubrir la gran demanda del mercado. Henry Bessemer (1813-1898) fue quien lo conseguiría con un alto horno o convertidor; con este procedimiento que abaratаba la obtención del acero, la Edad del Hierro dio paso a la Edad del Acero, cuya dureza y tenacidad permitiría la construcción posterior de puentes y rascacielos, así como acorazar barcos de guerra, y obtener desde raíles de ferrocarril hasta piezas de artillería pesada. El monumento emblemático de esta nueva era se edificó en el parisino Campo de Marte, con motivo de la Exposición Universal de 1889; la estructura que levantara Maurice Koechlin, la mal llamada Torre Eiffel, con más de 300 metros de altura, que —todavía— fue íntegramente edificada con hierro. La fabricación del acero no se detuvo en la combinación de hierro y carbono. El inglés Robert Hadfield, investigando otras mezclas, consiguió la de manganeso; éste parecía hacer quebradizo al acero, pero añadiendo más cantidad (un 12 % de manganeso), calentando la mezcla a 1.000° C, y templándolo luego en agua se tornaba mucho más duro aún que el acero ordinario. Así, ya en 1883 se iniciaba el acero de aleación; luego se iría mezclando con cromo, molibdeno, vanadio y tungsteno, obteniendo variedades de acero de aleación adecuados a fines específicos.

Simultáneamente se inició el uso de nuevos metales. Quizás el ejemplo más típico sea el del aluminio: es el metal más abundante, pero siempre se encuentra combinado en forma de compuesto. Al contrario que el hierro, conocido y preparado a partir de sus menas, el aluminio no había sido reconocido como metal hasta que Wöhler aisló una muestra en 1827. El químico francés Henri Sainte-Claire Deville (1818-1881) consiguió obtener aluminio, más o menos puro, en 1854; pero era aún más caro que el acero, y se utilizaba como objeto de lujo; a título de ejemplo, recuérdese que, cuando nació en Francia el príncipe imperial —el hijo de Napoleón III—, los joyeros de París le regalaron como obsequio un sonajero de aluminio. La solución vino del americano Charles M. Hall (1865-1914) y del francés Paul-Louis Héroult (1863-1914): el óxido de aluminio se disuelve en criolita fundida —un mineral—, y la electrólisis produce aluminio. Este método abarató tanto la obtención del aluminio que lo puso al alcance de todos los bolsillos, mejorando con su uso doméstico el nivel de vida de la sociedad; hasta hace 20 años eran de aluminio muchos útiles y ca-

zuelas de cocina, así como las tradicionales tarteras en que los obreros y albañiles llevaban su comida al trabajo.

El segundo campo de influencia industrial y social de la química inorgánica fue el de los abonos. A pesar de la omnipresencia del aire, el suelo es pobre en nitratos (el compuesto más corriente del nitrógeno), y éstos debían aplicarse en forma de abonos animales: el estiércol. La reserva de nitratos en la tierra se mantiene gracias a la actividad de las tormentas; el nitrógneo y el oxígeno del aire se combinan al estar próximos a las chispas eléctricas, y forman compuestos que se disuelven en la lluvia y penetran en la tierra. Por ello, para mantener la riqueza mineral de las tierras destinadas a la agricultura, éstas se empezaron a abonar con fertilizantes químicos, especialmente nitratos y fosfatos. En este sentido tuvieron decisiva importancia los trabajos del alemán Justus von Liebig (1803-1873), quien había formulado su teoría mineral de los abonos; la planta se alimenta de sales minerales y agua, y toma de la atmósfera carbono y nitrógeno en forma amoniacal. Por entonces, la Asociación Británica para el Progreso de las Ciencias, fundada en 1831, le encargó un informe sobre química agrícola, lo que llamó su atención hacia el problema de la producción de alimentos; ése fue el punto de partida de las ciencias de la química del suelo y la nutrición, así como el origen de los fertilizantes artificiales que, a su vez, crearon una nueva demanda a las industrias químicas y pusieron una de las bases de su futuro desarrollo, importancia, diversificación y riqueza.

Las ciencias de la Naturaleza, por su lado, experimentaron un extraordinario y definitivo progreso en el siglo XIX. Del anterior habían recibido una poderosa base de sistematización de sus conocimientos desde Linneo, cuya clasificación de los productos de los tres reinos de la Naturaleza se fue imponiendo en los medios cultos de Europa. Esta organización fue denominada por él Sistemática (1735) y Taxonomía por Agustín de Candolle (1815). En el ámbito de la botánica es destacable la minuciosa exploración del globo terrestre, pues los botánicos más eminentes fueron grandes viajeros que colectaron todo tipo de géneros y especies en los más remotos lugares. Concretamente, la exploración que realizara desde 1799 a 1804 el barón prusiano Alexander von Humboldt (1769-1859), junto con el también botánico Aime Goujand, *Bonpland* (1773-1858), y sus resultados científicos, publicados entre 1807 y 1810, asombraron al mundo culto a principios de siglo y

lograron fomentar en los países más adelantados una política científica que, inicialmente, estuvo apoyada por corporaciones privadas.

Entre otros botánicos, descollaron singularmente J. Lindley, quien perfeccionó (1830) el sistema de Linneo, así como G. Bentham y J. Hooker; éstos, en 1862, publicaron los *Genera Plantarum*. En este campo destacaron también, como más adelante veremos, los botánicos hispanos; sus escritos atrajeron a España a muchos botánicos europeos, entre los que se distinguieron Mauricio Willkomm (1810-1895), profesor de la Escuela Forestal de Tharandt (Sajonia) y de la Universidad de Praga, amante de una España que le acogiera en sus años de refugiado político y autor del *Prodromus Florae Hispaniae* —ien el que describía más de 5.000 especies!—, así como los profesores Hegelmaier, Lange y Gandoger.

En el ámbito de la zoología, y en lo que a metodología científica y medios instrumentales se refiere, los tejidos animales fueron estudiados con los microscopios producidos —desde 1878— en la fábrica de K. Zeiss, en Jena, por el sistema de E. Abbe. Para los cortes de estos tejidos se utilizó, desde 1866, el micrótomo; posteriormente, en 1874, sería perfeccionado por Ranvier. Sin embargo, el zoólogo más eminente de esta época sería E. H. Haeckel (1834-1919), llamado el padre de la ecología impropiamente, pues la ciencia que entonces inició es hoy denominada etología; defensor del darwinismo, mantuvo el monismo o unicidad de origen y, respecto a las etapas del desarrollo embrionario, formuló en 1868 la ley biogenética fundamental: «La ontogenia —desarrollo individual de un organismo— es una expresión abreviada de la filogenia —evolución de la estirpe a la que dicho organismo pertenece—».

Los inicios de la etología (1854) como ciencia que estudia el comportamiento de los animales y de la ecología (1866) como ciencia sobre la relación de los seres vivos con el medio o ambiente en que viven, fueron objeto de grandes estudios no sólo por su interés científico, sino por sus aplicaciones a la salud y la alimentación humana, así como al proceso industrial. Aunque ambas ciencias se mantuvieron durante el siglo XIX en el estadio de recolección y taxonomía, dieron origen a nuevas ciencias o especialidades; así, la ornitología, en la que B. Altum descubriría (1868) el comportamiento instintivo y la noción de territorio de las aves, o la parasitología, de gran interés para los avances sanitarios e higiénicos de la medicina. A niveles más populares, la afi-

ción naturalista se tradujo en coleccionismo, especialmente de insectos (mariposas, etc.), con lo que aumentó el volumen de obras de entomología.

Por lo que respecta al ámbito de la geología, el XIX es una época de grandes investigaciones y hallazgos; la construcción de canales y ferrocarriles suministró abundantes materiales a los geólogos, cuyos dictámenes se mostraban imprescindibles. El desarrollo de la minería fue, también, otra fuente interesante para el conocimiento de la corteza terrestre. De ese modo se inicia, conectado con lo anterior, la paleontología estratigráfica al diferenciar los terrenos primitivos —sin fósiles— de los secundarios —fosilíferos—, que florece entre 1820 y 1860. Años después, en el I Congreso Internacional de Geología (Zurich, 1894), Eugène Renevier (1831-1906) establecería que la Tierra tiene 5 eras y que cada una de ellas se subdivide en períodos, tal como hoy se sigue manteniendo. A su vez, proseguía su avance el estudio de la orogenia en medio de la conocida controversia entre el plutonismo de James Hutton (1726-1797), el autor del principio de las causas actuales quien propugnaba que los cambios en la morfología terrestre han sido producidos por el fuego (volcanes, terremotos, etc.) y el neptunismo de Abraham Werner (1750-1817), quien desde su cátedra de Freiberg defendía la destrucción del mundo antiguo mediante el agua, por diluvio y glaciación.

Mientras, Leonce Elie de Beaumont (1798-1874) hacía la síntesis del actualismo y del catastrofismo de Cuvier, acabando también, en cierto modo, con las otras dos escuelas. Cuvier había defendido que la Tierra había sido sacudida en el pasado por grandes catástrofes que extinguieron los seres entonces existentes, lo cual parecía detectarse en el paso de un estrato a otro; pensaba que eso no podía explicarse por las causas físicas y geológicas actuales, sino por esos cataclismos; tras ellos, se producía una nueva creación de especies más complejas y perfeccionadas que algunos pretendían explicar por migraciones de animales; por su lado, el actualismo establecía que las causas que al presente actúan sobre la Tierra son las mismas que han operado en todas las épocas. La postura de Elie de Beaumont era intermedia: admitía que en el pasado actuaron los elementos actuales, pero con brotes discontinuos de gran energía telúrica en medio de períodos de calma. A su vez, Charles Lyell (1797-1875) desarrolló la teoría de las causas actuales y mejoró la escala geo-cronológica (dividió el terciario en eoceno, mio-

ceno y plioceno); la enorme amplitud de los tiempos geológicos que estableció contribuyó a la aceptación del evolucionismo biológico.

En el ámbito de la astronomía, de gran interés en la sociedad europea decimonónica (las novelas de Julio Verne *De la Tierra a la Luna* y *Alrededor de la Luna* son de 1865 y 1867 respectivamente) debe recordarse el descubrimiento de nuevos planetas y el nacimiento de la astrofísica; esta ciencia es la rama de la astronomía que estudia las características físicas de los astros (luminosidad, composición, temperatura, radiación, superficie y condiciones de su atmósfera). Pero lo que inicialmente atrajo el interés de los científicos fueron las manchas solares, y en 1843 Samuel H. Schwabe (1789-1875) afirmaba la existencia de un periodo decenal en la frecuencia de su aparición. Posteriormente se centró el estudio en el magnetismo terrestre, descubriéndose en 1850 que tenía una variación periódica y que estaba relacionado con la actividad solar. A partir de entonces aparecen nuevas investigaciones: la observación de los cometas, estudio del anillo de Saturno, descubrimiento de las nebulosas, y los estudios sobre los eclipses —especialmente el de 1851—, las estrellas fugaces, los canales de Marte (1859) y, sobre todo, el descubrimiento de Neptuno, cuya existencia se había calculado en 1845 y que pudo ser observado sólo un año después. Aquellas investigaciones culminarían a finales de siglo; en 1887, 18 observatorios de todo el mundo (España participó con el de San Fernando, en Cádiz) consiguieron elaborar la primera carta fotográfica del cielo.

También en este siglo se inicia la microbiología, aun cuando el término microbio aparecería en 1878, gracias a la gigantesca labor de Louis Pasteur (1822-1895), que iniciara su andadura estudiando el ácido tartárico. En 1854 unos industriales cerveceros le habían pedido que estudiase ciertas irregularidades en la fermentación alcohólica; al descubrir los organismos que la desencadenaban, Pasteur pudo regularla, con lo que aquella industria obtuvo mayor seguridad en la elaboración y menores pérdidas. Pronto se interesaría por otros temas, llegando a descubrir las bacterias anaerobias, que no viven en contacto con el aire, y toman el oxígeno combinado con otros elementos; para la industria alcohólica, productora de vinos, vinagre y cerveza, supondría una mejora tecnológica y económica poder destruir las bacterias que enfermaban los vinos mediante la aplicación de un calor regular de 50° C. Este procedimiento, llamado pasteurización, se utilizaría también con la le-

che, desde 1900, al embotellarse ésta. Más tarde, estudiando la putrefacción —que él atribuía a organismos vivos—, Pasteur demostró definitivamente (1859) la falsedad de la generación espontánea e inició la bacteriología. Otras aplicaciones de sus trabajos, de gran importancia para otro tipo de industria —la textil—, fueron el descubrimiento de la enfermedad del gusano de seda y, en el campo de la alimentación, la prevención de las enfermedades del ganado. Socialmente, su obra más insigne debe inscribirse en la sanidad; la divulgación de los conocimientos bacteriológicos, junto con la recomendación de una mayor asepsia, cambiaron la cirugía. Sus investigaciones serían después continuadas por Robert Koch (1843-1910), el descubridor de los bacilos del carbunco (1876) y de la tuberculosis (1882), así como del vibrión del cólera.

La medicina, a su vez, experimentó en este siglo un espectacular adelanto, directamente relacionada con la química, que no sólo le proporcionaba todo tipo de fármacos (medicina curativa) sino también sus investigaciones sobre las vacunas (medicina preventiva). Al comenzar el siglo, los hospitales eran aún lugares aterradores de muerte; los ricos, que eran atendidos en sus casas, tenían más posibilidades de supervivencia. Aunque en los países católicos el cuidado de los enfermos seguía llevado por religiosos y monjas, pronto aparecieron las primeras enfermeras en Francia, Alemania e Inglaterra (en la guerra de Crimea actuó ya Florencia Nightingale), lo que conllevaría una reforma en las instituciones y centros sanitarios. Los inventos del estetoscopio y del termómetro se sumaron a esa reforma y mejora, aunque muchos médicos preferían seguir el arte de diagnosticar al uso de aquellos aparatos. El sentido común y la utilización de la higiene mitigaron la suciedad de la población europea; no obstante, el Viejo Continente se vio sacudido a lo largo del siglo por cuatro epidemias de cólera (1834, 1855, 1865 y 1885), favorecidas y propiciadas entonces por el hacinamiento que se daba en algunas ciudades y por la mayor facilidad en los transportes.

La medicina recibía también de la química muchas sustancias o fármacos que, sin embargo, tardarían en aplicarse debido al espíritu conservador y temeroso a los cambios. Como ejemplo puede recordarse que, entre los anestésicos, el cloroformo —descubierto en 1831— sólo se empleó masivamente después de que el médico real, John Snow, lo usase con la reina Victoria al nacer el príncipe Leopoldo (1853); el éter, por su parte, empezó a popularizarse en EE.UU. desde 1846; y el óxi-

do nitroso, antes utilizado en ciertas fiestas de ricos y snobs como atracción (era el gas hilarante), se utilizó en odontología desde 1844. Entre los antisépticos, el ácido fénico —descubierto en 1834— era ya utilizado como desinfectante y para evitar la putrefacción, pero hasta 1860 no se aplicó como antiséptico; algo similar ocurrió con el yodoformo; descubierto en 1822, su uso se generalizó a partir de 1878. Finalmente, entre los analgésicos, el silicato sódico se obtuvo en 1860, pero hasta 1899 no apareció la aspirina en el mercado internacional.

Por otro lado, las mejoras en el microscopio como instrumento de investigación permitieron el desarrollo de dos nuevas ciencias. La primera, la fisiología, estudió ciertos mecanismos corporales, como el recorrido de un estímulo por el sistema nervioso capaz de provocar una secreción glandular o una contracción muscular. En este campo destacaron los trabajos de H. L. von Helmholtz sobre la percepción sensorial, en los que se combinaban la física con la anatomía, y los de Claude Bernard (1813-1878), quien daba prioridad a los fenómenos fisicoquímicos sobre el criterio vitalista de Bichat y otros autores; estudiando el metabolismo, Bernard había conseguido aislar el glucógeno (forma en que el azúcar se almacena en el hígado). De ese modo se empezaron a sintetizar, o producir artificialmente, sustancias muy complejas preparadas por el cuerpo, y de las que depende su actividad vital. De la transcendencia de este hecho en el ámbito de las mentalidades o de las ideas es una buena muestra que, desde entonces, los antiguos problemas filosóficos sobre la naturaleza de la vida fueron rechazados o anulados por la ciencia, que iba revelando el engranaje de los mecanismos sujetos a leyes precisas de causalidad. Así se acababa con el vitalismo, a la vez que se favorecía al positivismo; en otro orden, la vieja polémica razón-fe se iba transformado en la más decimonónica ciencia-fe. El crecimiento del tejido vivo, dentro de la teoría celular, fue otro de los problemas de la fisiología, a la vez que el comienzo de la embriología y del conocimiento de la estructura celular; en este campo descollaron Theodor Schwan (1810-1882) y Karl W. von Nägeli (1817-1891).

La segunda en desarrollarse fue la histología, o ciencia de los tejidos. En una fase de oscuridad hasta entonces, los trabajos de Rudolf Virchow (1821-1902) destacaron la importancia de las células patológicas en las enfermedades, y establecieron que los causantes eran microorganismos, por lo que es considerado el fundador de la patología celular; él acuño el axioma biológico *Omnis cellula ex cellula* (toda célula procede

de otra). Conectada con ellas está la patología (y la medicina preventiva), donde destacaron los logros de Pasteur: vacuna contra el carbunco, descubrimiento del micrococo productor del cólera de las gallinas y la vacuna contra la rabia. Su obra investigadora fue continuada por Koch, descubridor del bacilo de la tuberculosis, por Emile Roux (1853-1933), inventor del suero antidiftérico, y por P. Erlich, iniciador de la quimioterapia, origen ésta de los actuales sulfamidas y antibióticos.

La cirugía se benefició a lo largo del XIX de la aparición de los antisépticos y del aporte de otras grandes investigaciones. En este sentido debe citarse a Joseph Lister (1827-1912), quien aplicó a la cirugía las teorías microbianas de Pasteur insistiendo tanto en la limpieza del instrumental y los quirófanos que la mortalidad quirúrgica bajó drásticamente desde un 50 % anterior; tal éxito animó a sus colegas —desde 1865— a imitar su ejemplo. Evidentemente, a ello había coadyuvado muy eficazmente el empleo de los anestésicos en las operaciones, así como en la lucha de la medicina contra el dolor humano.

Con todo, fue la biología la ciencia que experimentó un cambio más profundo por las teorías de Charles Darwin y el influjo que el evolucionismo causara en el mundo de la ciencia y en el de las creencias; el darwinismo llevó hasta sus últimas consecuencias una serie de suposiciones anteriormente formuladas y, por la enorme difusión que tuvo, se puede calificar de verdadero escándalo a lo que sacudió la mentalidad de aquella época. El evolucionismo es una teoría biológica que afirma la continuidad del mundo vivo, y la derivación por filiación, de las formas animales y vegetales actuales respecto a otras anteriores distintas a ellas.

Ya a principios del siglo, Lamarck (nombre con el que se conoce a Jean-Baptiste Monet, caballero de La Marck, 1744-1829) había abandonado la teoría del fijismo —visión estática del universo que afirma que las especies fueron creadas por Dios en las mismas formas en que existen actualmente— y adoptado desde 1809, en su obra *Philosophie zoologique*, una concepción evolutiva al comparar formas fósiles y formas vivas animales: explicaba las modificaciones de los seres naturales en razón de su adaptación a un medio en el que podían darse cambios. Esos cambios en el medio originaban al viviente la necesidad de adaptarse a las nuevas circunstancias, y esa necesidad determinaba el desarrollo (o la atrofia) de algunos órganos, o incluso la aparición de otros nuevos. Esta teoría implicaba que la necesidad (o la función) crea

el órgano, y que las modificaciones adquiridas –fenotipos– se pueden transmitir por generación –convirtiéndose en genotipos–; posteriormente, otros autores se mostrarían partidarios del transformismo, pero –al revés que Lamarck– concebían los cambios en los seres vivos como unas modificaciones bruscas, a las que llamaron mutaciones. Criticado por Cuvier (quien le atacó duramente en la Academie des Sciences) y los fijistas, la teoría de Lamarck sería rechazada en los círculos científicos, lo que retrasó en Francia la llegada del evolucionismo.

Fueron dos investigadores ingleses los que llevaron a sus últimas consecuencias estas hipótesis, que los geólogos dedicados a la paleontología estratigráfica veían cada vez más necesarias para explicar la realidad con la que ellos se encontraban. Alfred R. Wallace (1823-1913) y Charles Darwin (1809-1882) leyeron en 1858 sus respectivas comunicaciones sobre el tema en la Sociedad Linneana de Londres. Al año siguiente aparecía *El origen de las especies*. Según Darwin, los organismos no heredan las modificaciones que sus padres adquirieron durante su vida, sino que hay algo en los individuos de cada generación que los hace diferir de los de la generación anterior. Al contrario que Lamarck, Darwin rechaza la adaptación al medio y defiende la selección natural; los seres vivos sostienen una lucha por la existencia, una lucha de supervivencia entre cazadores y cazados, entre el viviente y el medio hostil en que vive; y en esa lucha sobrevive el más fuerte. No es que el viviente se adapte, sino que sobrevive el más apto. Y tanto la lucha como el medio determinan variaciones en el viviente, que le especializan y diferencian de sus iguales menos aptos, y obran sobre su cuerpo o sus células reproductoras:

> Dado que se producen más individuos que los que pueden sobrevivir –decía Darwin–, tiene que haber en cada caso una lucha por la existencia... ¿Puede dudarse de que... lleguen a aparecer... variaciones útiles en el transcurso de muchas generaciones sucesivas?... Los individuos que tienen ventaja... sobre otros tendrán más probabilidades de sobrevivir y reproducir su especie... A esta conservación de las diferencias y variaciones favorables a los individuos y la destrucción de las que son perjudiciales la he llamado yo «selección natural» [4].

[4] Las frases de este párrafo han sido entresacadas, manteniendo su sentido y eliminando otras oraciones innecesarias, de su famosa obra *El origen de las especies*, que ha tenido numerosas ediciones en castellano, tanto en España como en Hispanoamérica.

El punto de partida de su explicación es la existencia de variaciones hereditarias, hecho que el biólogo británico consideraba incontrovertible a pesar de que ignoraba los mecanismos de mutación y recombinación que dan origen a la variación hereditaria; el libro de Virchow sobre patología celular apareció en 1858, y parece que no fue manejado por Darwin [5]. Otro hecho que observó es que sólo una parte de los seres sobreviven hasta su madurez y se reproducen: los demás mueren sin dejar descendencia. Así pues, el proceso de reproducción a través de generaciones aumentaría gradualmente las variantes hereditarias beneficiosas y eliminaría las desventajosas. La teoría de Darwin se completaría en 1871, al aplicar el evolucionismo al ser humano en su obra *El origen del hombre*.

Es de sobra conocido el profundo impacto social que el darwinismo produjo en el ámbito de las creencias, y que implicó el rechazo de su teoría por todas las Iglesias cristianas: la hipótesis de Darwin parecía oponerse a las primeras páginas bíblicas del Génesis. El rechazo no era sólo de tipo religioso, sino también moral; el efecto demoledor de la biología darwinista radicaba fundamentalmente en tres puntos:

— Trastocaba la concepción de la Naturaleza: ya no era una armonía establecida por Dios, sino el escenario de la lucha por la vida.

— Subvertía la concepción de la sociedad: la lucha y la eliminación de los débiles era algo natural.

— Cambiaba los principios de convivencia: ya no había *bueno* y *malo*, sino que el que sobrevivía era bueno, y malo el que perecía.

Darwin vio cómo en su propio país se ceñía la incomprensión y la burla primero, y el escándalo después; tras la reacción de la Iglesia anglicana, las caricaturas de los periodistas le hicieron objeto de sus chistes. La Iglesia católica rechazó también su teoría, que condenó en el *Syllabus*, de 1864, y en el Concilio Vaticano I, de 1870 [6]. Para poder entender las

[5] Por otro lado, la base molecular de la transmisión de los caracteres hereditarios (el llamado código genético) ha sido conocida en los años cincuenta de nuestro siglo, tras las investigaciones de los profesores Severo Ochoa de Albornoz (1905) sobre el ácido ribonucleico (ARN) y Arthur Kornberg (1918) sobre el ácido desoxirribonucleico (ADN). Por tan decisivos trabajos, ambos compartieron el premio Nobel de Medicina en el año 1959.

[6] El *Syllabus*, o «Colección de errores modernos» —subtítulo de este documento del papa Pío IX (1846-1878)—, condenaba como error las proposiciones siguientes: «Debe negarse toda acción de Dios sobre los hombres y sobre el mundo (n.º 2) y No hay que

durísimas controversias que entonces surgieron entre los naturalistas darwinistas (especialmente se distinguieron Huxley y Haeckel), por un lado, y los naturalistas y teólogos cristianos (la polémica la inició el obispo anglicano Wilbeforce), por otro, el lector no especializado debe tener en cuenta la distinción y profunda diferencia que hay entre términos aparentemente idénticos. Evolucionismo implica un cambio progresivo de los seres vivos, desde sus formas originarias primitivas hasta sus formas recientes y más perfeccionadas. Como teoría biológica —era sólo una hipótesis no demostrada— fue siendo aceptada paulatinamente; pero su aplicación a la aparición del hombre en la Tierra suscitó escándalos y controversias, y dividió a los intelectuales y científicos:

Los creacionistas creían, siguiendo la letra de la Biblia, que el hombre había sido creado por Dios a su imagen y semejanza, y del barro de la tierra. Es decir: con un alma inmortal, compuesta de entendimiento y voluntad, que sólo Dios puede crear; y que Dios lo había creado de la nada, sin otro tipo de vida preexistente en él ni con él relacionada.

Los darwinistas eran materialistas: defendían que el hombre y el mono actuales proceden de unos antepasados comunes (unos primates antropomorfos, llamados homínidos) que, a lo largo de miles de años, se habían transformado de modo que los más aptos sobrevivieron, mejoraron su cerebro y se convirtieron en hombres por sí mismos (es de-

reconocer otras fuerzas, sino las que residen en la materia... (primera mitad del n.º 58)». Este documento, en relación con la teoría darwinista, implícitamente condenada en él, adopta —como es totalmente lógico— una clara postura de tipo creacionista.

Por otro lado, el Concilio Vaticano I (1868-1870), en su «Constitución dogmática sobre la fe católica», fechada en 1870, dice: «La santa Iglesia Católica, Apostólica y Romana cree y confiesa que hay un solo Dios verdadero y vivo, creador y señor del cielo y de la tierra... (Dz1782). Este solo verdadero Dios... para manifestar su perfección... juntamente desde el principio del tiempo, creó de la nada a una y otra criatura, la espiritual y la corporal, esto es, la angélica y la mundana, y luego la humana, como común, constituida de espíritu y cuerpo (Dz. 1783)». Esta proposición repetía lo ya afirmado en 1215 por el Concilio IV de Letrán (Dz. 428). Esta Constitución, como era la costumbre eclesiástica hasta el último concilio ecuménico, el Vaticano II, concluía con diversos cánones; los dos primeros dicen:

1. Si alguno negare al solo Dios verdadero, creador y señor de las cosas visibles e invisibles, sea anatema. (Dz. 1801).

2. Si alguno no se avergonzare de afirmar que nada existe fuera de la materia, sea anatema (Dz. 1802).

cir, por diversas reacciones físico-químicas y sin intervención alguna de Dios). Los menos aptos se quedaron en póngidos o simples monos. Esta hipótesis supone una cadena evolutiva, por lo que durante mucho tiempo el problema principal fue encontrar el «eslabón perdido», el homínido que —dejando de ser un simple mono— aún no era un hombre, pero sí el inmediato antecesor.

Los concordistas querían concordar sus creencias religiosas, que eran creacionistas, con la nueva teoría científica que tantas cosas explicaba. Y así eran evolucionistas en cuanto que admitían la evolución de los seres vivos, a la vez que mantenían sus creencias religiosas porque pensaban que, en un momento dado de la cadena evolutiva, Dios había infundido un alma inmortal en un homínido preparado para ello (el más apto). Con esta intervención divina, salvaban tanto su criterio científico como sus creencias religiosas; los concordistas creían que Dios había creado la Naturaleza —la materia y sus leyes—, que ésta había producido al homínido con sus fuerzas físico-químicas, y que Dios había creado al hombre al infundirle el alma en aquel homínido.

Por otro lado, desde el punto de vista sociopolítico, ciertas actitudes e ideologías extremadas, desde el imperialismo y el racismo hasta el anarquismo, buscaron en el darwinismo una apoyatura o justificación científica para sus pretensiones, ya sean coloniales, ya sean raciales, ya de lucha de clases; esta corriente fue denominada darwinismo social. Otra consecuencia, ésta de tipo científico, fue el hallazgo de la llamada lucha biológica para combatir ecológicamente las plagas agrícolas; en 1886, Jules E. Planchon (1823-1888), el investigador de la filoxera en Francia, y Charles V. Riley (1843-1895) estudiaban *in situ* una plaga de *Icerya purchasi* que destruía los naranjos de California, y observaron que otra cochinilla (*Novius cardinalis*) se alimentaba de la anterior, con lo que introduciendo y aclimatando la segunda, que no dañaba a la agricultura, se acababa con la presencia y daños de la primera. De este modo, la lucha biológica venía a ser la aplicación agrícola de la selección natural.

Por último, es preciso reseñar un hecho institucional. En el siglo XIX la enseñanza de la ciencia no correspondía a la función que ésta tenía en la vida económica; las universidades estaban anquilosadas y eran más lugares de preparación de funcionarios o vivero de conspiradores liberales y nacionalistas que centros para el adiestramiento de hombres de ciencia. Incluso corporaciones científicas antes prestigiosas

se habían trocado en instituciones cerradas. Así ocurría, por ejemplo, en Gran Bretaña, donde la inoperancia de la Royal Society hacía necesario encontrar nuevos cauces a la ciencia; ésa fue la labor de Charles Babbage (1791-1871), quien lograba fundar en 1831 la British Association for the Advancement of Science sobre la base de la Deutscher Naturfoscher Versammlung, que creara el prusiano Lorenz Ockenfuss (1779-1851). Ambas sirvieron de ejemplo y modelo a multitud de corporaciones y sociedades científicas que se crearon durante este siglo con el propósito de impulsar la ciencia y romper con el exclusivismo de los círculos universitarios y oficiales. En Inglaterra, Escocia, Francia, Alemania, EE.UU. (Smithsonian institution) y España se fundaron muchas sociedades químicas, geológicas, naturalistas, astronómicas y de otros tipos, cada una con su correspondiente publicación. Mientras tanto, los ingenieros comenzaban a asociarse en diferentes institutos.

Desde un punto de vista más vulgarizador y mundano, rayano en la publicidad, la Gran Exposición Universal de 1851 en París fue el símbolo y la muestra clara de la unidad entre la ciencia, los inventos y la industria.

Industria y tecnología decimonónicas

Ya quedaron antes señaladas la importancia e influencia del análisis matemático en las investigaciones y logros del siglo. Destaquemos ahora un hecho relacionado con la producción industrial: la maquinaria o utillaje industrial se va haciendo más complejo y preciso, y no basta ya la habilidad del artesano con destreza, como ocurriera a finales del siglo anterior y principios del XIX, sino que se precisaban verdaderos conocimientos científicos y técnicos. El siglo XIX es, en verdad, la Edad de los ingenieros. Los anteriores creadores de ferrocarriles, constructores de barcos y fabricantes de maquinaria, sobre los que se había apoyado esta nueva civilización industrial, habían sido hombres formados en el empirismo y la experiencia o eficacia, y deducían su saber sin relación alguna con el conocimiento científico que se había acumulado desde el siglo XVIII. Habían trabajado por el procedimiento de ensayo y error, generando un desarrollo técnico que venía a ser la consecuencia de las innovaciones derivadas de la ciencia.

Sin embargo, desde 1830 ese panorama había empezado a cambiar. Las fábricas y las empresas contrataban y presionaban a los científicos, por un lado, y a los ingenieros, por otro, para lograr procesos de producción más ajustados que permitieran abaratar los costes y multiplicar el volumen de la producción. Es evidente que, al ingeniero que utilizaba métodos más precisos de reconocimiento para proyectar una vía, o investigaciones hidrodinámicas para mejorar el diseño de una hélice de barco, la ciencia le era necesaria. Pero la necesitaba más como una ayuda eficaz que como un sistema; así, por ejemplo, una medida exacta del tiempo para el control preciso de operaciones industriales constituía aún una novedad poco usual. En este sentido, una curiosa muestra es que, a finales del XIX y a pesar de contar con muchas mejoras a lo largo de los años, la máquina de vapor que se utilizaba en las industrias era esencialmente la misma que saliera en 1785 de los talleres del Bulton & Watt.

Respecto a la industrialización, el fenómeno tecnológico más importante del siglo XIX —y de toda la historia—, ha señalado acertadamente M. Beaud [7] que, a escala mundial, se ha llevado a cabo en tres grandes flujos sucesivos: 1780-1880 (al que los historiadores llamamos primera revolución industrial), 1880-1950 (la segunda revolución industrial) y desde 1950 hasta hoy, que corresponde a la automatización de la producción. En este capítulo nos fijamos en el primero de esos períodos; en él fueron tres las industrias cuyo peso, tasa de crecimiento y efecto multiplicador serían de tal magnitud que podemos calificarlas de industrias motrices: la del algodón, la de la fundición, y la de los raíles de ferrocarril. Los economistas, a su vez, distinguen entre los sectores punta (*leading sectors*), que tiran del conjunto de la economía, y los restantes sectores, que permanecen más atrasados. Pues bien: el sector punta hasta 1830, más o menos, era el textil, en el que destacaba la producción de algodón, entonces industria joven y favorecida por la utilización de máquinas y por su dedicación a una necesidad elemental. Una segunda fase se iniciaría desde 1830, emergiendo la siderurgia como sector punta: los ferrocarriles crearon nuevas necesidades, y trasladaron a otro sector las innovaciones técnicas. Con ello no sólo im-

[7] M. Beaud, *Historia del capitalismo. De 1500 a nuestros días*. Barcelona, Ariel, 1986, p. 116.

pulsaron vigorosamente, dice Föhlen [8], la metalurgia, sino que crearon un sistema financiero indispensable para la construcción de vías férreas. Así la metalurgia desarrolló el capitalismo industrial, desde el estadio familiar, en que entonces se encontraba, hasta el estadio de las compañías anónimas, con la participación no sólo de los bancos, sino también del público, fuesen grandes o pequeños ahorradores.

La industria textil, la más importante por la cantidad de mano de obra que ocupaba, se especializó rápidamente; tras las vicisitudes que tuvieron en Inglaterra, y luego en Europa, la máquina hiladora de Arkwright y la máquina tejedora de Cartwright, la producción y consumo de algodón se multiplicó por 100 entre 1760 y 1827. La mejor calidad y el abaratamiento de los hilados y tejidos permitieron que el algodón sustituyera definitivamente al lino y la seda en el vestido, así como en otros muchos usos domésticos; todo ello mejoró extraordinariamente la calidad de vida de los europeos y norteamericanos de esa época. Concretamente en Inglaterra, si a principios del siglo XVIII el consumo de algodón representaba sólo el 2 % del de lana, en 1850 la industria inglesa consumía el doble de algodón que de lana. Esto no significó la desaparición de la lana o el lino: en Gran Bretaña, y en el espacio de 60 años, entre 1770 y 1830, aunque su industria multiplicó por 42 el valor —en libras— de su producción de algodón, la de lana y lino se multiplicó por más de dos, y la de seda por más de cinco [9]. En este campo de la seda, los telares del sistema de Jacquard se fueron imponiendo en todo el mundo, así como el sistema de R. Roberts para los tejidos de fantasía. La producción de telas y tejidos de algodón, lana, estambre y lino se realizó gracias a precisos ingenios mecánicos aparecidos en la década de los treinta; su culminación será la máquina automática de hilar intermitente (que en España fueron llamadas «selfactinas»).

[8] C. Föhlen, *La revolución industrial.* Barcelona, Vicéns Vives, 1971, pp. 21-22.

[9] Véase el cuadro estadístico de N. F. R. Crafts en su minucioso artículo «British Economic Growth, 1700-1831: a Review of the Evidence», en *Economic History Review*, XXXVI, n.° 2, 1983. Señala este autor inglés que, en los 60 años que van de 1770 a 1831, la producción industrial británica multiplicó por cinco el valor (en libras) de sus productos. De ellos, el algodón pasó del 2,6 % del valor total de la producción británica al 22,4 %, casi diez veces más; pero la lana bajó del 30,7 % al 14,1 %, y el lino, de 8,3 % al 4,4 %, ambos, a menos de la mitad; sin embargo, la seda tuvo un ligero aumento, pasando del 4,4 % al 5,1 %.

Desde 1830, por su parte, la industria metalúrgica creció en importancia y diversificación de productos, pues además de hierro y acero, se dedicó a la producción de cobre, aluminio, níquel y zinc, todos ellos productos imprescindibles para otro tipo de industrias. A la vez, el hierro y el acero encontraron en este período dos nuevos campos de empleo: la construcción y el armamento. Ambos conocerían un extraordinario desarrollo desde 1870. Precisamente en este sector industrial debe ser recordada la aportación tecnológica que realizó Henry Bessemer (1813-1898). Hasta entonces, el sistema usual para producir acero era que el hierro obtenido en las fundiciones (hierro fundido, rico en carbono, duro pero quebradizo) era tratado para eliminar el carbono y formar hierro dulce, que era más resistente a la tensión y algo más blando; posteriormente se introducía la cantidad necesaria de carbono para conseguir acero, más resistente y duro que el hierro. Bessemer intentaba producir hierro con la proporción de carbono necesaria para formar acero sin pasar por la costosa etapa del hierro dulce, y lo consiguió haciendo pasar una corriente de aire a través del metal fundido; ese aire no enfriaba ni solidificaba el metal líquido, sino que el calor de la combinación de su carbono con el oxígeno del aire aumentaba la temperatura; interrumpiendo la corriente de aire en el momento preciso en que quedaba exactamente la cantidad necesaria de carbono, lograba un acero de gran calidad y bajo coste. En 1856 dio a conocer su convertidor Bessemer.

En el mundo industrial había, también, otros sectores productivos en los que los nuevos inventos o investigaciones repercutieron más poderosamente. Éste es el caso de la industria eléctrica, en donde se pasó pronto de la electricidad como hecho científico experimental y de laboratorio a una electricidad como industria; tras el hallazgo de la inducción electromagnética por Faraday, se empezaron a fabricar baterías eléctricas, dinamos y generadores electromagnéticos. Por otro lado, para la fabricación de algunos metales en las industrias de ese ramo se necesitaba el procedimiento electrolítico, y éste consumía grandes cantidades de electricidad; asimismo, el telégrafo necesitaba pilas de voltaje constante. El aprovechamiento de la electricidad culmina desde el último tercio del siglo, al instalarse las primeras centrales eléctricas; su elevada producción permitió sustituir el alumbrado de gas en las ciudades europeas por el eléctrico, así como alimentar los motores de sus

tranvías. La electricidad, evidentemente, cambió la calidad de vida del género humano desde el siglo XIX.

La industria química, por su parte, se esforzaba por abastecer adecuadamente las demandas que la industria textil le reclamaba, como eran los tintes de anilina, así como ácido sulfúrico y sosa. Este sector se benefició de los trabajos de Claude L. Berthollet (1748-1822) sobre las propiedades decolorantes del cloro y su aplicación al blanqueo de las telas; en este mismo aspecto, un hecho destacable fue la sustitución del anterior sistema de producción de sosa por el nuevo procedimiento de Ernest Solvay (1838-1922), de obtención por vía húmeda, lo que permitió la recuperación de costosos residuos del proceso de fabricación, con el consiguiente abaratamiento de costes. Otras producciones químicas no menos interesantes eran las de abonos químicos, sustitutivos tanto del estiércol tradicional como del guano, así como la ya mencionada de colorantes artificiales o sintéticos, elementos de gran demanda en la industria textil; su contrapartida socioeconómica fue que extensas áreas de tierra en las que se cultivaban las plantas que antaño servían de colorantes naturales, quedaron inútiles o improductivas, y posteriormente fue preciso dedicarlas a la obtención de alimentos u otros productos agrícolas; mientras, se arruinaban las familias que habían invertido su dinero y su trabajo en aquellas plantaciones, viéndose obligadas a venderlas a bajo precio, o a endeudarse para cambiar de cultivos y mejorar sus rendimientos.

En este campo, es necesario destacar un nuevo objeto de la industria química en relación directa con el descubrimiento de nuevas fuentes de energía: el del refinado del petróleo, que más adelante daría origen a la petroquímica (rama química que obtiene diversos productos sintéticos a partir del petróleo). El petróleo (aceite de piedra), junto con la electricidad, serán las fuentes de energía de la segunda revolución industrial. Conocido desde la más remota antigüedad, en 1857 se perforaron los pozos de Hannover, en 1859 los de Titusville (Pennsylvania, EE.UU.), y un año despúes los de la rusa Bakú. La invención del motor de explosión por Lenoir (1862), luego mejorado por T. Daimler (1883) y K. Benz (1855), permitió su aplicación a los coches, unos ingenios de transporte antes movidos a vapor, por electricidad, gas, e incluso por aire comprimido; así aparecieron unos carruajes que no necesitaban caballos ni otro sistema de tiro (por lo que serán llamados automóviles). Con ello, el petróleo inauguraba una nueva industria, en

la que paulatinamente se iría volcando la tecnología. Esta industria, más que ninguna otra, será el exponente de esa nueva época a la que los historiadores y economistas denominan la Era del gran capitalismo.

Hubo, también, otros inventos de mayor transcendencia social, y no tanto por la activación industrial que suponían, sino por la acogida y difusión que tuvieron: los del campo de las comunicaciones. El más decisivo fue el del ferrocarril, logrado en 1824 por George Stephenson (1781-1848), que iría cubriendo de líneas férreas el mapa europeo. También destacaron el barco de vapor, probado en 1808 por Robert Fulton (1765-1815), así como el telégrafo; construido en 1843 por Samuel Morse (1791-1872), al mediar el siglo, sus líneas cruzaban ya todo el mundo civilizado y poco después se instalarían los primeros cables submarinos: el del Atlántico, que desde 1858 enlazaba Europa con América, y el del Mar Rojo, que en 1862 conseguía unir Inglaterra con su extenso imperio en la India. En la época emergente del gran capitalismo, las noticias sobre el precio de bienes, la Bolsa o cierto tipo de acontecimientos tenía un valor real en dinero. Un procedimiento similar al del telégrafo sería el que, en 1876, aplicara Graham Bell (1847-1922) para el teléfono. La aparición de las agencias de prensa (la Reuter se crea en los años sesenta), la máquina de escribir (1866) y la rotativa que imprimía el papel por las dos caras a la vez, revolucionaron el mundo de la información y sentaron las bases de lo que ha sido llamado —no con excesiva exageración— el cuarto poder del sistema democrático. En cuanto a la navegación, la construcción por Ferdinand M. Lesseps (1805-1894) del canal de Suez en 1869 no sólo ahorró tiempo y abarató los fletes, sino que marcó un ejemplo a imitar; así fueron inaugurados sucesivamente los canales de Corinto (1881), Kiel (1895) y Panamá (1914).

Ciencia y técnica en España

Inicialmente, es preciso recordar que la Guerra de la Independencia (1808-1814) que los españoles libraron contra Napoleón I no sólo tuvo importancia y consecuencias políticas y sociales, sino que también influyó en los ámbitos de las ciencias. Aquella guerra acabó bruscamente no sólo con la situación de España como potencia mundial, sino también con su desarrollo científico y técnico, y significó una

ruptura con todo lo conseguido durante el siglo anterior, así como su apartamiento respecto a las investigaciones y a los trabajos científicos europeos, y de otras novedades en las corrientes de pensamiento.

En aquellos seis años España cambió de fisonomía. La destrucción de la armada en la batalla de Trafalgar (1805) rompió el ya frágil cordón umbilical que unía a los virreinatos y capitanías de la América española con su metrópoli, su tierra madre y a veces tirana; a la vez, acabó con la situación de España como potencia mundial. Pero, además, finalizando la guerra contra Napoleón, el generalísimo de los ejércitos hispanos e ingleses, el futuro duque de Wellington, mandaba bombardear y arrasar los polvorines franceses... que solían estar instalados en las escasas industrias manufactureras y reales fábricas que aún quedaban de las épocas de Carlos III y Godoy; así, al desastre de la guerra, hubo que añadir el desastre económico y tecnológico. Por si fuera poco, se luchaba contra el francés Napoleón, el producto (así se pensaba) de una revolución liberal y anticristiana; por ello, durante la primera mitad de este siglo mucha gente en nuestro país se resistiría al liberalismo como enemigo de Dios y de la patria, produciéndose a la vez esa dicotomía que García Escudero llamó «las dos Españas»; durante la segunda mitad, España vivirá dividida en dos mundos o universos mentales totalmente diferenciados y rencorosamente opuestos: innovadores o liberales frente a tradicionalistas o conservadores.

Todo esto explica que nuestro país, al menos en la primera mitad del siglo XIX, quedó descolgado y como ajeno al movimiento científico que se produce en Europa. En la España de aquel tiempo, más que de un menosprecio a la ciencia, habría que hablar de desconfianza hacia los científicos, que cada vez se sentían más atraídos por la política que por la ciencia y que durante la guerra se habían dividido en dos bandos irreconciliables, división que se prolongaría durante el reinado de Isabel II. Los científicos, mal vistos por Fernando VII como afrancesados o liberales, así como por los diversos partidos que gobernaban alternativamente España (según triunfasen los respectivos pronunciamientos de moderados o de progresistas), se vieron obligados muchas veces a exiliarse. Otro fracaso o problema añadido es que estos científicos, cada vez más hombres de partido que de ciencia, no supieron aprovechar este exilio o destierro para ampliar sus conocimientos científicos, y así servir y mejorar su país. Como era de esperar, serían los

pensionados o becarios españoles enviados al extranjero los que realizaran esa labor.

Con estos antecedentes, nada tiene de extraño que J. Vernet [10] afirme que es entre 1850 y 1880 cuando España empieza a incorporarse al movimiento científico del resto de Europa; esto se evidencia por la utilización desde esas fechas de la moderna terminología científica, por la llegada a España de las teorías darwinistas, y por el envío al extranjero de pensionados (hoy los llamamos becarios) que estudiasen los adelantos científicos para que, a su vuelta, los enseñasen y utilizasen en España. La política científica de este siglo se caracterizó por sus tendencias centralizantes y uniformadoras, prolongando así la política dieciochesca de los ilustrados. Buena muestra de ello son los sucesivos planes de estudio que se dieron a lo largo del siglo, así como las diferentes reformas de nuestras universidades. En éstas, a finales del reinado de Isabel II (1833-1868), aún pervivía la polémica razón-fe entre krausistas y tradicionalistas, que ya se iba transformando en la nueva polémica ciencia-fe con el arribo del darwinismo; esas polémicas se manifestaban en las disputas entre los partidarios de los textos vivos (profesores más modernos y preparados, que a veces enseñaban doctrinas novedosas o heterodoxas) y los de los textos muertos (libros aprobados oficialmente para la enseñanza por no contener errores contra la fe, pero que no eran tan avanzados o modernos como los otros pretendían).

En ese contexto surge la primera cuestión universitaria en 1866, cuando una circular de Manuel Orovio ordenaba a los catedráticos universitarios que en su enseñanza respetasen el dogma católico y la monarquía; las protestas de algunos profesores llevó al cese de Sanz del Río y de Castelar, así como a los de Salmerón, Giner de los Ríos y otros que con ellos se solidarizaron. La revolución de 1868 instaura en España el llamado sexenio revolucionario [11]; en él, los antiguos per-

[10] Juan Vernet, *op. cit.*, p. 213.

[11] Políticamente, los seis años de ese período del siglo XIX son de los más interesantes de la historia de España por los intentos de regenerar y modernizar el país (ahí se evidencia ya un primer regeneracionismo español), lo que conllevaría diversos ensayos de régimen político, así como una gran inestabilidad. De 1868 a 1874, España conoció un gobierno revolucionario provisional (septiembre-junio), una regencia (junio 1869-diciembre 1879), la monarquía democrática de Amadeo I de Saboya (enero 1871-febrero

seguidos se convierten en perseguidores, y —a su vez— echan de las cátedras universitarias a sus antiguos enemigos. Cuando, en 1875, vuelvan éstos a la universidad, el enfrentamiento intelectual y científico entre ambos sectores producirá la circular de Orovio de 1875, que dará lugar a la segunda cuestión universitaria y —como rechazo— a la fundación de la Institución Libre de Enseñanza; tras esa circular de Orovio estaba el impacto del darwinismo en España [12].

Con todo, y a pesar de la ruptura tras la guerra contra Napoleón, el panorama de la ciencia decimonónica en nuestro país se inicia con evidentes lazos de continuidad con la situación del XVIII; con evidente retraso respecto al deseo de Carlos III, en 1834 se creaba en Madrid la Real Academia de Ciencias Naturales, cuya corta vida apenas llegó a los nueve años. No obstante, en 1847 se fundaba la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [13], cuyo primer presidente fue Antonio Remón y Zarco del Valle y Huet (1789-1886); su nombramiento, naturalmente, se debía más a que era un general liberal que a su aptitud para la física y las matemáticas. Junto con ésta, el campo de las instituciones docentes de índole científica y técnica aumentó con la creación de las escuelas de ingenieros: de Montes, y de Caminos, Canales y Puertos (ambas en 1834), de Minas (1836), Industriales (1850)

1873), la I República española (que, entre febrero de 1873 y diciembre de 1874, tuvo tres regímenes distintos: república federal —con E. Figueras, F. Pi y Margall y N. Salmerón—, república unitaria —con E. Castelar— y república ducal —con F. Serrano—) y, por último, la restauración borbónica. En total, siete regímenes políticos en seis años.

[12] Decía Orovio en su circular de 1875 a los rectores de universidad que vigilasen para que en las aulas «no se enseñe nada contrario al dogma católico ni a la sana moral, procurando que los profesores se atengan estrictamente a la explicación de las asignaturas que les están confiadas, sin extraviar el espíritu dócil de la juventud por sendas que conduzcan a funestos erorres sociales». Para conocer en profundidad el tema de esta segunda cuestión universitaria, véase la obra de M. Ruiz de Quevedo, *Cuestión universitaria. Documentos coleccionados por M. R. de Q. referentes a los profesores separados, dimisionarios y suspensos*, Madrid, 1876. Asimismo, para mejor conocer el transfondo (pro o antidarwinista) de estos sucesos, véanse los artículos de J.L. Martínez Sanz, «Replanteamiento histórico de la oposición al Marqués de Orovio», en *Segundo Coloquio sobre Historia de la Rioja*, Logroño, Col. Universidad, 1986, y «Aportación a la historia de las mentalidades en la España del siglo XIX: la polémica de las cuevas de Altamira en la S.E.H.N.», en *Perspectivas de la España contemporánea*, Madrid, U.C.M., 1986.

[13] Sobre este asunto, una obrita sencilla y asequible es la de J.L. Peset y otros, titulada *Ciencias y enseñanza en la revolución burguesa*, Madrid, Siglo XXI, 1978. Interesan, especialmente, las pp. 79 y ss., y 155-178.

y Agrónomos (1855). Más tarde, y por iniciativa privada, se fundaron sociedades o corporaciones científicas que luego irían adquiriendo un gran prestigio: la Sociedad Española de Historia Natural, entidad pluralista en cuyo seno encontraremos a quienes pretendían regenerar España a través de la ciencia y al margen de ideologías, fundada en 1871 [14], y la Sociedad Geográfica en 1876. Paralelamente a estas instituciones, que solían editar cada una su revista, irían poco a poco surgiendo en España revistas científicas, de las que unas se especializarían en algunos ámbitos concretos, y otras serían de tipo general y divulgativo.

También en España las matemáticas fueron un medio instrumental para las demás ciencias; por ejemplo, cuando Narváez creó en 1856 la Comisión de Estadística General del Reino con el fin de inventariar los recursos existentes en nuestro país y prever su desarrollo; los geógrafos, economistas, profesores y militares que la formaban poseían sólidos conocimientos matemáticos, y el primer *Anuario Estadístico* de España apareció en 1860. Entre los cultivadores de las matemáticas destacó José Mariano Vallejo (1779-1846), uno de los pocos que aprovechó el exilio para poner al día sus conocimientos mediante el trato con otros científicos franceses —entre ellos, Laplace— pero, a su vuelta, se dedicó a la política; también deben ser mencionados José de Odriozola y Oñatibia (1785-1864), coronel artillero y director del Seminario de Vergara; el famoso clérigo Alberto Lista y Aragón (1775-1848), catedrático de «matemáticas sublimes» que alcanzó una mayor proyección en literatura y poesía, como ocurriera también con José Echegaray y Eizaguirre (1833-1916), traductor e introductor en España de la geometría de Chasles, de la teoría de Galois y de las funciones abelianas. Por su parte, Eduardo Torroja y Caballé (1847-1918), en cuya escuela se formaría Julio Rey Pastor (1868-1922), divulgó aquí la geometría sintética de Staud, y Ventura Reyes Prósper (1863-1922) introdujo la geometría no euclidiana, y extendió la lógica simbólica o matemática. En otro orden, uno de los antecesores de la moderna electrónica y cibernética es el técnico Leonardo Torres Quevedo (1852-1936), creador de máquinas algebraicas de cálculo y de un juego mecánico de ajedrez.

[14] Los primeros 50 años de existencia de esta sociedad han sido minuciosamente estudiados por José-Luis Martínez Sanz en *Medio siglo de ciencia española: la Real Sociedad Española de Historia Natural (1871-1921)*.

Basada en la anterior, la ciencia de la astronomía conoce en la España de este siglo un profundo decaimiento, y hay que esperar a la segunda mitad del siglo para que se restablezcan los trabajos de la red geodésica hispana. La carencia de vitalidad es compensada por la traducción de autores extranjeros, y por pequeños trabajos de autores menores, como Juan de Dios Rada y Delgado, Lorenzo Presas y Puig, y Alberto Bosch y Fustegueras, más conocido por su opúsculo *Proyecto de una Caja de retiros para obreros,* elevado a la Comisión de Reformas Sociales, que escribiera en 1891 siendo alcalde de Madrid [15]. Entre todos descuellan José Sánchez Cerquero (†1850), ingeniero naval y director del Observatorio de San Fernando (Cádiz), quien conocía y justificaba las fórmulas de Gauss que, luego, aplicaba al calendario y al cálculo de la epacta; José Rodríguez González, astrónomo desconocido hasta que el zar Alejandro I le ofreció la dirección del Observatorio de San Petersburgo; para evitar su marcha, Fernando VII le nombró director del Observatorio de Madrid y profesor de astronomía en el Museo Nacional de Ciencias Naturales; y José J. Landerer (1841-1922), que estudió la Luna, los satélites de Júpiter y fue el primero que midió exactamente la proporción de la luz polarizada en la corona del Sol.

Estas actuaciones se completarían con la fundación de observatorios privados, como los de Manila (1869), Lalín (1900) y el Fabra de Barcelona; los jesuitas se sumarían, de nuevo, a este renacer científico con la creación del de la cartuja de Granada y el del Ebro, en 1903 y 1905 respectivamente. Pero la realización más importante en este ámbito fue la de la red geodésica de España, inicialmente organizada por la antes mencionada Comisión de Estadística General del Reino y cuyas directrices se fijaron en la Ley de medición del territorio, de 1859; posteriormente, esa tarea pasaría a depender del Instituto Geográfico y Estadístico, creado por José Echegaray, entonces ministro de Fomento, en 1870 (el cuerpo de geodestas se crearía en 1892, y el de ingenieros geógrafos en nuestro siglo). El principal impulsor de esta triangulación geodésica fue el general Carlos Ibáñez de Ibero e Ibáñez de Ibero

[15] Este antecedente de las medidas sociales de tipo oficial en nuestro país es un folleto de 22 páginas, tratado en el artículo de J.L. Martínez Sanz, «El Ayuntamiento de Madrid ante el paro y los conflictos sociolaborales (1883-1903)», en *El reformismo social en España: la Comisión de Reformas Sociales,* Jaén, M.P.C.Ah. de Córdoba, 1987. La referencia está en las pp. 81-83.

(1825-1890), el cual creó un aparato para medir bases que resultó superior al de los hermanos Brunner, el más exacto y preciso hasta entonces. La red geodésica española se unió con la francesa en 1868 (seis años antes lo habían hecho la francesa y la inglesa), y se quiso prolongar la medición uniendo la española a la argelina. A pesar de un fallido intento en 1858, y junto al general francés F. Perrier, el general Ibáñez e Ibero lo consiguió en 1879, lo que le valió un premio de la Academia de Ciencias de París; poco después el gobierno suizo le pedía que realizase mediciones en Aarberg.

Más interés —y polémica— suscitaban los escritos astronómicos de tipo cósmico, que entonces se inician con espíritu científico. El interés de las gentes provenía de la polémica ciencia-fe y del enfrentamiento entre la visión católica, de tipo creacionista, y la entonces moderna hipótesis darwinista. Además, en aquellos momentos parecía que los cristianos debían defender la opción de la unicidad del género humano o, dicho de otro modo, la no existencia de hombres en otros planetas. De ahí que se estudiase con cierta curiosidad la atmósfera de los planetas del sistema solar, y su posibilidad de contener vida. Por otro lado, Julio Verne había suscitado con sus novelas la posibilidad de viajar al espacio exterior (en un siglo donde los viajes por lugares desconocidos eran la aventura con la que todos soñaban), por lo que había una gran expectación sobre la existencia de vida en otros mundos. De ahí el interés de los análisis que Joaquín Balcells Pascual (1807-1881) realizaba a los meteoritos, que parecían suponer vida fuera de la Tierra, y los resultados de diversas espectroscopias, que sugerían la posibilidad de que algunos planetas tuviesen una atmósfera similar a la terrestre.

La química en España había perdido el vigor de que gozara en tiempos de la Ilustración. En esta disciplina, y dentro de un nivel modesto, descollaron Francisco Carbonell y Bravo (1758-1837), que había trabajado en España con Proust y Herrgen, y que fue contratado por la Real Junta de Comercio de Barcelona para su cátedra de química; su discípulo José Roura y Estrada (1787-1860), introdujo el alumbrado por gas en 1826 y realizó experimentos con pólvora sin humo. Años más tarde, Ramón Torres y Muñoz de Luna (1822-1890), discípulo de Liebig y de Wurtz, editaba sus *Lecciones elementales de química general* en Madrid y hacía pasar por inglés, para que fuera aceptado, un espirómetro de su invención; José R. de Luanco y Riego (1825-1905), tutor y maestro de Menéndez Pelayo, publicaría luego su *Compendio de las*

lecciones de química general, en las que introducía la teoría unitaria de Ch. F. Gerhardt sobre la química orgánica, así como la estructura molecular y el concepto de valencia. Con todo, el problema de la química (y el de las demás ciencias) en la España del siglo XIX era el de la carencia de medios materiales y laboratorios donde realizar experimentos y verificar con la práctica las enseñanzas teóricas; esto sólo se conseguiría en nuestro siglo, tras la disposición de García Alix conocida con el nombre de «decreto de las 10 pesetas» [16].

La física, por su parte, se cultivaba entonces paralela y conjuntamente con la química; un buen ejemplo de ello es el caso del que fuera maestro de Orfila, el químico Pedro Vieta y Gibert (1778-1856), que se dedicaba preferentemente a la enseñanza de la física. A pesar de ello, en 1822, cuando Manuel José Quintana desempeñaba la Dirección General de Estudios, se instituyó una cátedra de física experimental entre las enseñanzas de ampliación de la futura Universidad Central, que se encomendó a Juan Mieg; inició sus clases ese mismo año, en un aula de los Estudios de Dibujo, sitos en la madrileña plaza de Tirso de Molina. La Ley Moyano (1857) creó la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Ni aquélla ni ésta sirvieron para crear auténticos físicos; pero en la facultad, la labor callada y constante de profesores como Gumersindo Vicuña (alrededor de 1875) y de Ignacio González Martí abrió un camino al desarrollo de esa ciencia en nuestro país; éste fue el maestro y formador de Blas Cabrera y Felipe (1878-1945), quien a su vez tuvo como discípulo a Julio Palacios Martínez (1891-1970), el mejor físico y matemático español del siglo XX.

[16] A finales del XIX, España modificó su Administración. Tras la pérdida de Cuba, Puerto Rico y Filipinas, se suprimía el ministerio de Ultramar; por otro lado, se suprime también, y desdobla, el antiguo ministerio de Fomento; mientras la industria y el comercio serán competencias de un nuevo ministerio creado al efecto, la enseñanza pasaba a depender del nuevo ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes. El primer titular de éste, Antonio García Alix, deseando reformar y modernizar la enseñanza universitaria hispana, dio un real decreto por el que se ordenaba que la matrícula de los alumnos de las facultades de ciencias se incrementase en 10 pesetas por cada asignatura experimental; todo el dinero recogido con esta disposición fue invertido por cada universidad en la compra de microscopios y otros aparatos con los que todos los alumnos podrían experimentar y practicar las asignaturas que cursaban. Los elogios al ministro fueron unánimes; desde entonces, los alumnos no sólo conocían las células y otros organismos por los dibujos que sus profesores les hacían en las pizarras de las aulas, sino que las veían directamente a través de sus nuevos instrumentos y hasta podían realizar experimentos en sus laboratorios de física y de química.

Las ciencias de la Naturaleza [17] serán las más desarrolladas en este siglo en España. La geología (que empieza entonces a ser llamada así, abandonando el antiguo término de origtognosia) recibía el poderoso impulso que le daba el descubrimiento de nuevas minas de plomo en las sierras almerienses de Gádor y Almagrera, y de plata en Hiendelaencina (Guadalajara); el gobierno creó una Dirección General de Minas que, tras su vuelta del Méjico independizado, desempeñaría Fausto de Elhúyar (1755-1833). Éste sería el impulsor de la Escuela de Minas, creada en Madrid en 1866; para potenciar su enseñanza se enviaron muchos pensionados, que luego serían grandes geólogos o ingenieros de minas, a la Escuela de Freiberg, entonces regida por los discípulos de Werner. Por ella pasaron Joaquín Ezquerra del Bayo, Lorenzo Gómez Pardo, Isidro Sáinz de Baranda, Rafael Amar de la Torre, Felipe Bauzá (hijo), y Juan Vilanova y Piera, el más importante y discutido geólogo del XIX.

Sobre el nivel de la geología española, es un buen exponente la anédota de Casiano de Prado y Valle (1797-1866). A raíz de la creación por el secretario de despacho (ministro) Juan Bravo Murillo, en julio de 1849, de la Comisión de la Carta geológica de Madrid y general del Reino, se iniciaron estudios geológicos del suelo hispano. Más tarde, y con el encargo de levantar el mapa geológico de España que debía integrarse con el del resto de Europa, el gobierno español llamó a dos reputados geólogos franceses: Edouard P. de Verneuil (1805-1873), del Museo de Ciencias de París, cuyas observaciones geológicas permitieron conseguir la síntesis o reproducción mineral del rubí, y Edouard Lartet (1801-1871), el geólogo que encuadraría la naciente ciencia prehistórica en el marco de la geología al presentar en 1861 la primera cronología paleontológica. El ministro designó a Casiano de Prado como ayudante de los expertos franceses; al ponerse éste en contacto con ellos, les enseñó sus observaciones sobre la geología de Madrid.

[17] En este siglo se pierde la denominación tradicional de estas ciencias que, hasta entonces, había sido la de *Historia Natural*, nombre dado en el siglo I de nuestra era por Plinio *el Viejo* a su obra sobre la Naturaleza. En alemán, esta disciplina recibe el nombre de *Naturwissenschaft*, y la poderosa influencia que la ciencia alemana ejercía en todos los ámbitos del saber a finales del siglo XIX hizo que ese nombre *(Ciencias naturales)* pasase a ser el que designara desde entonces lo que antes había sido historia natural, traspasando su nomenclatura, además de su metodología y sus avances, al mundo de la ciencia.

Cuando ambos comprobaron al día siguiente esos datos en el campo, le pidieron los apuntes que tuviese de otras provincias. Después de ver los bosquejos de Prado, fueron a visitar al ministro: con toda honradez y caballerosidad le manifestaron que ellos habían venido a España mal informados y que su presencia aquí no era necesaria, puesto que Casiano de Prado era un geólogo de gran valía y podía realizar con toda precisión los trabajos que a ellos se les había encargado [18].

Parece, pues, oportuno recordar aquí lo que Verneuil escribiera en 1852:

> Algunas personas, poco familiarizadas con el progreso de las ciencias en el extranjero, creen que España continúa al margen del movimiento científico y que la geología, en especial, está descuidada. A sus ojos es un campo sin cultivar, una tierra nueva, *terra incognita,* en la cual todo está aún por descubrir. Y nada hay más contrario a la verdad [19].

Aquella labor para levantar el mapa geológico de España estimuló a Joaquín Ezquerra del Bayo (1793-1859), que en 1850 publicaba su *Ensayo de una descripción general de la estructura geológica de España,* a Lorenzo Gómez Pardo (1801-1847) y al discípulo de Beaumont, Federico de Botella y Hornos (1822-1899). Asimismo, destacaron Manuel Fernández de Castro y Suero (1825-1895), primer presidente, en 1873, de la Comisión del mapa geológico de España; Lucas Mallada y Pueyo

[18] Los dos comisionados franceses eran personajes de gran relieve, aunque Lartet sea más conocido por descubrir en 1854 los restos del *Plyopithecus,* dos años después los del *Dryopithecus,* y los del *Hombre de Cro-Magnon* en 1868.

En lo que a su misión se refiere, es sabido que, por aquellos años, en toda Europa se inicia el trazado de mapas geológicos; Francia en 1809 y 1823, Inglaterra en 1815 y 1833, Alemania entre 1825 y 1832, Italia y Rusia en 1841, España y Austria-Hungría en 1849, Bélgica en 1853, Suiza en 1853, Portugal en 1864, Noruega en 1865 y Holanda en 1867. Estos estudios culminan en la obra de E. Suess *La faz de la Tierra,* publicada entre 1883 y 1908; mientras, en toda Europa han ido fundándose sociedades geológicas.

En España, «la comisión de la carta geológica...» inicia sus trabajos, y en 1864 se publica la primera hoja, correspondiente a la provincia de Madrid, que es obra de Casiano de Prado. Será en 1870 cuando se cree «la comisión del mapa geológico de España», cuyo primer presidente (1873) será Manuel Fernández de Castro. Respecto a la anécdota, es referida por J.M. López de Azcona y J. Hernández Sampelayo, *La geología y minería española,* Madrid, Inst. Geol. y Min., 1974.

[19] Véase la obra conjunta de Verneuil con Collomb, *Coup d'oeil sur la constitution géologique de plusieurs provinces de l'Espagne.*

(1841-1921), cuya obra *Los males de la patria* le sitúa como uno de los impulsores del regeneracionismo español; Francisco Quiroga y Rodríguez (1853-1894), explorador del Sáhara y experto en cristalografía; José Macpherson (1857-1902), que estudió la estructura uniclinal hispana (se decía que él y Casiano de Prado eran los verdaderos descubridores de la Sierra de Guadarrama) y fue el primer investigador de la petrografía y mineralogía microscópica en España; José-Joaquín Landerer (1841-1922), que aplicó a la astronomía sus conocimientos geológicos; Salvador Calderón y Arana (1853-1911), miembro de la I.L.E., estudió en Suiza, Alemania y Austria; gran mineralogista, completó la tarea de Humboldt recorriendo América Central.

Juan Vilanova y Piera (1821-1893) es, por encima de todos ellos, el mejor exponente de la ciencia natural española en la segunda mitad de siglo. Realizó sus estudios en la Facultad y en el Museo de Ciencias de Madrid, y —siendo ya catedrático— marchó a completarlos a la Escuela de Freiberg, por lo que seguiría siempre la corriente neptunista frente al plutonismo que seguían habitualmente los demás geólogos en España. Geólogo de gran prestigio y fama en toda Europa, era un científico de espíritu abierto, quizá por sus numerosos y continuos viajes por el mundo y por su presencia en todos los congresos científicos; pero, a la vez, era también un sincero creyente que tomaba parte en los congresos católicos españoles uniendo la ciencia a la fe. Profesor en la Escuela de Minas y en la Facultad de Ciencias, fue también el primer profesor de geología y paleontología en el Museo Nacional de Ciencias Naturales madrileño, así como en la escuela de institutrices que fundara Fernando de Castro, y era un asiduo conferenciante y contertulio en el Ateneo de Madrid. Por sus estudios sobre los microlitos —útiles prehistóricos de piedra— penetró en el campo de la entonces naciente prehistoria, y fue el descubridor de la Época del cobre puro (o calcolítico), en contra de la idea de Mortillet hijo. Vilanova fue quien apoyó con total convencimiento a Marcelino Sanz de Sautuola cuando éste descubrió las pinturas rupestres de la cueva de Altamira (Santillana del Mar, Santander), las primeras halladas en todo el mundo, y las dató en el magdaleniense; Vilanova se convirtió en el paladín de la autenticidad de las pinturas frente a los geólogos y prehistoriadores franceses (especialmente Cartailhac), que negaban que fuesen prehistóricas, y también frente a casi todos los españoles, cuyo fanatismo darwinista les impedía aceptar como prehistóricas unas pin-

turas con más arte y técnica pictórica (profundidad, volumen) que las del gótico [20].

En el ámbito de la zoología, España seguía manteniendo grandes figuras, siguiendo la tradición de pasados siglos. Fue una ciencia muy cultivada, especialmente a nivel particular; la entomología o estudio de los insectos se convirtió en una de las aficiones científicas de mucha gente culta. A nivel científico, muchas investigaciones biológicas, y zoológicas más concretamente, se insertan en este siglo dentro de la polémica que el evolucionismo de Darwin suscitó en el mundo científico español, al igual que ocurriera en el resto del mundo; muchas de ellas trataban de probar (o refutar, en otros casos) las teorías darwinistas, buscando aquellas especies que, en la cadena de la evolución, sirvieran de eslabones entre las actuales y las antiguas ya fosilizadas. Entre los zoólogos más eminentes deben destacarse a Patricio Paz y Membiela (1808-1874), quien dirigiera la expedición al Pacífico; Laureano Pérez Arcas (1822-1894), considerado como el padre de la S.E.H.N.; Mariano de la Paz Graels (1808-1898), director del Museo de Ciencias; Marcos Jiménez de la Espada (1831-1898) y Francisco de Paula Martínez y Sáez (1835-1908), miembros ambos de la expedición al Pacífico; Antonio Machado y Núñez (1815-1896), paleontólogo propagador del darwinismo y abuelo de los famosos hermanos poetas; Augusto González Linares (1845-1904), que desencadenaría en Santiago de Compostela la segunda cuestión universitaria; Ignacio Bolívar y Urrutia (1850-1944), entomólogo y director del Museo, representante de la corriente laica de científicos del momento; el jesuita padre Longinos Navás (1858-1938), exponente de la recuperación de la ciencia católica española; Odón de Buen y del Cos (1863-1945), quien a finales del siglo explicaba ideas evolucionistas en su cátedra de la conservadora Universidad de Barcelona, y acabaría excomulgado, cesado y trasladado a Madrid, donde se le daría la dirección del Instituto Nacional de Oceanografía.

Relacionados con la zoología, destacaron durante este siglo tres sectores de interés tanto científico como económico, que afectaban a

[20] Este asunto está recogido en el estudio de J.L. Martínez Sanz, «Aportación a la historia de las mentalidades en la España del siglo XIX: la polémica de las cuevas de Altamira en la S.E.H.N.», en *Perspectivas de la España contemporánea,* Madrid, Universidad Complutense Madrid, 1986.

campos directamente relacionados con la vida de la España del momento. El primero es el campo institucional y educativo; en Madrid ya existía una Escuela de Veterinaria, creada en 1792, pero la enseñanza de la zoología (como la del resto de las disciplinas naturalistas) se realizaba en las cátedras del Museo Nacional de Ciencias Naturales, erigido en 1815 con los fondos del antiguo Real Gabinete de Historia Natural; posteriormente irían creándose a lo largo del siglo otros organismos. El segundo se produjo en el sector agrícola; en aquella España agrícola, las Juntas de Extinción de la Langosta tenían un gran interés; no es, pues, extraño que Arias, farmacéutico de Huete (Cuenca), descubriese en aquellos campos el principio o sistema de la lucha biológica en relación con el problema agrícola que entonces tenía la España rural; Arias comprobó que la langosta que allí causaba las plagas rurales era el *Stauronotus maroccanus* que, a su vez, era atacado y devorado por el *Sphex paludosa* [21].

Y esto ocurría en 1886, ¡el mismo año en que Planchon y Riley lo harían en EE.UU.! El tercero se dio en el sector piscícola, y se refiere a las investigaciones ictiológicas y oceanográficas, en las que descollaba —y puso de moda— el príncipe Alberto I de Mónaco, que luego se dedicaría a la prehistoria, haciendo de las grutas y yacimientos de España uno de sus objetivos de estudio. Además, y sobre el modelo de la Estación de Nápoles, que Anton Döhrn fundara en 1874 y que servía de centro de estudios ictiológicos a toda Europa, se crearía en Santander la Estación de Biología Marina en 1886, cuya dirección se encomendó a González Linares; esta meritoria labor de investigación sería continuada a principios del siglo XX, creándose las estaciones de Baleares (1906) y Málaga (1914), y, en 1914 el Instituto Español de Oceanografía, inspirado en el de Mónaco.

Por lo que a la botánica se refiere, el siglo XIX, en medio de la penuria de España, manifestaba en sus primeros años una línea conti-

[21] El dato consta en el volumen 15, correspondiente a 1886 de los *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, en la p. 74 de las Actas de sus sesiones mensuales. Un estudio sobre este hecho, y su marco científico e histórico, se encuentra en J.L. Martínez Sanz, «Una aportación manchega a la historia de la ciencia», en *Transformaciones burguesas, cambios políticos y evolución social*, tomo IX, vol. I, p. 287 de las Actas del I Congreso de Historia de Castilla-La Mancha, Toledo, Serv. Pub. J. de CC. de Castilla-La Mancha, 1986.

nuista con los esfuerzos y el utilitarismo de los ilustrados del siglo anterior. Por ello, al principio del siglo prosiguieron los trabajos y propósito de publicación sobre las *Floras Americanas,* para poder culminar con fruto científico y gloria para la nación las famosas expediciones españolas del siglo anterior. A este respecto es conveniente recordar el esfuerzo de modernización y puesta al día que, para las dos grandes instituciones naturalistas del reino (el Real Gabinete y el Real Jardín Botánico), tenían las autoridades hispanas en la época de Godoy; esto se evidencia en su interés por reunir todos los hallazgos y avances hasta entonces conseguidos en el estudio de la Naturaleza. Con este propósito, entre 1801 y 1803 se cursaron las correspondientes reales órdenes a H. Ruiz y J. Pavón para que remitiesen los duplicados de las plantas colectadas en su expedición a Perú y Chile que todabía obrasen en su poder, y los originales de aquellas que ya se hubiesen publicado; igual se hizo con las demás comisiones botánicas, recibiendo sendas órdenes Mutis y Sessé para que también remitiesen sus herbarios al Jardín Botánico de Madrid, dirigido entonces por Cavanilles.

Tanto prestigio adquirieron en Europa y en América las expediciones reales de España, que muchos residentes en las diferentes posesiones españolas de América y de Filipinas hicieron cuantiosos donativos para acelerar y finalizar la impresión de las *Floras Americanas* iniciada en el siglo anterior; entre estos contribuyentes, destacaron los prelados y cabildos catedralicios de los virreinatos hispanoamericanos, que llegaron a juntar 450.000 reales, lo que es una muestra más del gran espíritu ilustrado del clero español de la época, como se destacó en el capítulo anterior. Por su parte, y referente al prestigio y respeto conseguido en el extranjero, debe destacarse que diversos embajadores europeos solicitaron estas publicaciones para los establecimientos de enseñanza superior en sus respectivos países; entre ellos sobresalieron especialmente el embajador de la república Francesa y los de las repúblicas hermanas y demás Estados satélites suyos en Europa.

Aunque en el siglo XIX decae la antes brillante escuela formada en torno al Jardín Botánico madrileño, con toda justicia debemos mencionar varios importantes botánicos. A principios del siglo, algunos aparecen aún vinculados al Botánico; entre ellos descollaron sus directores Antonio-José Cavanilles y Centí (1745-1804), que hizo de nexo de unión con la brillante tradición del siglo anterior; Mariano de la Gasca

y Segura (1776-1839), que descubrió en León el liquen de Islandia, muy utilizado para la tisis; Simón de Rojas Clemente y Rubio (1777-1827), Vicente Cutanda (1804-1866), que organizó el *Herbario general* y el *Catálogo* del Botánico, y Mariano del Amo y Mora (1810-1894), que mostró el resurgimiento del trabajo de campo; su *Flora fanerogámica de la Península Ibérica* es la cumbre del saber botánico del XIX español, y muy similar al *Prodromus* del alemán M. Willkomm. Posteriormente, la enseñanza de la botánica pasará desde 1822 (y, tras los planes de Pidal en 1845 y Moyano en 1857, definitivamente desde esta fecha) a la Universidad Central [22].

Otros destacados botánicos hicieron más trabajo de campo; así, Máximo Laguna y Villanueva (1826-1902) marchó a estudiar a la Escuela Forestal de Tharandt (en Sajonia), y tras numerosos viajes por España escribió su *Flora forestal española,* y fue nombrado jefe de la Comisión de la Flora forestal española y director de la escuela de ingenieros de Montes, ya trasladada desde Villaviciosa de Odón a El Escorial. Miguel Colmeiro y Penido (1816-1901), director del Jardín Botánico madrileño, y catedrático, decano y rector de la Universidad Central, que extendió por España las novedosas ideas de De Candolle. Finalmente, Blas Lázaro e Ibiza (1858-1921), al que algunos llamaron «el botánico perfecto», que estudiara en la Estación Marina de Nápoles; trabajó en el Botánico, y también fue catedrático y decano en la Facultad de Ciencias madrileña. Otros botánicos se dedicaron con científica minuciosidad a colectar y estudiar las plantas de sus respectivas regiones: Antonio Cipriano Costa y José Cadevall y Diars en Cataluña; Juan-Joaquín Rodríguez Femenías, en Menorca; Francisco de Loscos y Bernal y José Pardo y Sastrón, en Aragón; en Galicia, José M.ª Gil Rey y José Planelles y Giralt; este último es el autor del discurso de inauguración del curso académico 1859-1860 en la Universidad de

[22] A este propósito puede consultarse el interesante artículo «Bosquejo histórico y estadístico del Jardín Botánico de Madrid» que, en las pp. 301-302 del volumen de 1875 de los *Anales de la S.E.H.N.*, publicara Miguel Colmeiro, director entonces del Jardín Botánico de Madrid. No obstante, es preciso hacer una punturalización: aunque la enseñanza de las ciencias dependía de la facultad de ciencias de la Universidad Central madrileña, algunas asignaturas se impartían en las aulas del Jardín Botánico... todavía en 1900. A este propósito, véase la *Gaceta de Madrid*, n.º 219 del martes 7 de agosto de 1900, que en la tercera columna de su p. 533 señala (arriba) que las clases de ciertas asignaturas de ciencias se impartirán en el Museo Nacional de Ciencias y otras en el Jardín Botánico.

Santiago, en el que impugnaba la teoría de Darwin, aparecida ese mismo año en Londres [23].

La medicina continuó el desarrollo iniciado en el siglo anterior; así, en 1805 publicaba Pedro González su *Tratado de las enfermedades de la gente de mar;* tres años antes, aparecía *Elementos de Farmacia,* de Francisco Carbonell. Pero, a la vez, fue una ciencia cultivada en una España acuciada por los embates de las cuatro epidemias de cólera que asolaron Europa. Preocupado con este hecho y otros similares, el gobierno español no dudó en tomar las medidas oportunas; así nacería en nuestro país la medicina preventiva, que tuvo un hito importante en la Conferencia Sanitaria Internacional de París (1851); de igual modo, el gobierno envió a Vilanova —que también era médico— al Congreso Médico (Amberes, 1885), que trató la profilaxis contra el cólera (aquel fue el año de la última epidemia), y al Congreso Internacional de Higiene (1887) que se celebró en Viena. Años después, Vilanova daría algunas conferencias sobre higiene del trabajo, que estaban en la línea del movimiento social de aquel momento.

La anatomía tuvo un excepcional cultivador en Pedro González de Velasco (1815-1882), creador de un museo antropológico (hoy Museo Nacional Etnológico, en la madrileña plaza de Atocha), una escuela libre de medicina y fundador (1865) de la Sociedad Antropológica Española. Junto a él, deben ser reseñados Marcos Viñals (1812-1895) y Rafael Martínez y Molina (1816-1888), quien, con su fundación del instituto biológico, contribuiría a la difusión de las técnicas experimentales. Crearon laboratorios, institutos y cátedras el cirujano Federico Rubio y Galí (1827-1902), el otorrino Rafael Ariza (1826-1887) y el dermatólogo José Eugenio Olavide (1841-1901). Con estos antecedentes, no extraña que ese espíritu de comprobación y de búsqueda de nuevos caminos para la investigación produjera seguidores como Eugenio Gutiérrez, Luis Simarro Lacabra (1851-1921), Eduardo García Solá y otros; su culminación, además de Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), la marcan

[23] La mayor parte de estos naturalistas, así como otros científicos que tenían alguna relación con ellos, eran miembros de la *Real Sociedad Española de Historia Natural,* por lo que muchos de sus trabajos y actividades investigadoras aparecen en las páginas de su *Boletín* o de sus *Memorias.* De idéntico modo, algunos datos sobre su vida y actividades aparecen reflejados en las correspondientes notas necrológicas que sus consocios les hacían a su muerte. De ellas están sacadas las noticias que se dan en los párrafos correspondientes de este epígrafe.

también los histólogos Nicolás Achúcarro y Lund (1880-1918), Pío del Río Hortega (1883-1945) y Luis Calandre Ibáñez (1890-1961).

Por otro lado, a finales del siglo se inició también en España esa preocupación por una mayor salubridad pública, que traería consigo una mejor calidad de vida, más acorde con los progresos científicos, económicos y sociales conseguidos por los hombres de ese siglo. Así, en una sesión mensual de la S.E.H.N. en 1894, Calderón y Arana lamentaba que los observatorios meteorológicos españoles no practicaban aún el reconocimiento de los materiales en suspensión en el aire: «No obstante —añadía— en el mismo París, donde sí se estudia, está el análisis muy atrasado, y sólo hacen reconocimientos bacteriológicos y de mineralogía atmosférica». Y ya en 1898, en otra sesión, Francisco de las Barras de Aragón se quejaba de la contaminación de la Naturaleza en algunos lugares industrializados de nuestro país; concretamente, en el río Nalón había una alarmante disminución de su fauna piscícola y entomológica «a causa de los detritus que arrastra de los lavaderos de hulla de Mieres, que enturbian sus aguas y ennegrecen su cauce».

En este siglo xx que finaliza conocemos todos muy bien el peligro biológico y ecológico que se cierne sobre nuestro mundo, causado precisamente por esa actividad sobredimensionada del hombre industrial, del moderno *Homo faber,* de tecnología superespecializada. Muy distinta era la técnica que, desde principios del xix, iba apareciendo en España. Una tecnología importante en la España de aquel momento, a pesar de su economía dual (agrícola, en su mayor parte, e industrial a la vez), era la de la industria textil, tan extendida ya por toda Europa. En su mayor parte concentrada en Cataluña, es bien conocida por los historiadores españoles por su poderoso movimiento obrero, cuyo alto índice de conflictividad logró arrancar los mejores sueldos entre los trabajadores de nuestro país; en 1834, el jornal de un tejedor catalán era de ocho reales, mientras que, ¡en 1880!, el de un peón contratado por el Ayuntamiento de Madrid era de seis reales, e igual el de uno de sus arriesgados bomberos [24]. Aquellas primeras máquinas eran de tecnolo-

[24] El sueldo del tejedor catalán está tomado de la obra de Manuel Tuñón de Lara, *El movimiento obrero en la historia de España,* Barcelona, Laia, 1977, vol. I (1832-1899), p. 33; respecto a los de los peones y bomberos madrileños, véanse las pp. 79, nota 8 y 80, nota 12 del artículo de J.L. Martínez Sanz «El Ayuntamiento de Madrid...», mencionado en la nota 15 de este capítulo, cuyos datos están sacados de la documentación —citada en el mismo artículo— que se halla en el A.V.M., Archivo de la Villa de Madrid.

gía muy primaria, y por la frecuencia de los accidentes que en ellas se producían se las llamaron *Diablo*. En los años treinta llegarían a Barcelona unas máquinas más perfeccionadas, de tipo semiautomático, que los ingleses describían como *self acting:* son las famosas selfactinas que incendiaban los obreros textiles españoles (Alcoy en 1821; la fábrica de los Bonaplata, El Vapor, de Barcelona en 1835, etc.), y que contra su implantación en nuestro país lucharon con tanto denuedo, pues su más avanzada técnica hacía innecesaria mucha mano de obra y eso traía como consecuencia el paro obrero.

No obstante, es preciso tener en cuenta lo que ha señalado Vernet:

> Las tentativas realizadas en las últimas décadas del siglo XVIII para crear cuerpos de técnicos capaces de desarrollar una infraestructura e industria nacionales habían sido frenadas por los vaivenes políticos de principios del XIX. Únicamente los cuerpos militares de ingenieros, marinos y artilleros sobreviven, y sus miembros realizan una labor positiva en el campo de la técnica. Y esto se explicaba porque la naciente industria estaba confiada a manos de prácticos, en su mayoría extranjeros [25].

En el reinado de Isabel II empezaron a salir los primeros pensionados o becarios a estudiar al extranjero, especialmente a Francia. A su vuelta nutrirían el profesorado de las escuelas de ingenieros de las diversas especializaciones.

La tecnología siderúrgica y metalúrgica tuvo también importancia en la España decimonónica, incorporada ya a la industrialización, aunque con la salvedad del gran peso que la agricultura ejercía aún en el total de su producción económica. Acertadamente ha expuesto Vernet que hay dos sectores diversos: el oficial y el privado. El primero, destinado a proveer de armas al ejército y asentado fundamentalmente en las fábricas de Trubia (junto a Oviedo) y Orbaiceta (Navarra), creó especialistas —sobre todo entre los artilleros— enviando algunos oficiales a estudiar al extranjero. Ése fue el caso del general Francisco de Luxán y Miguel-Romero (1798-1867), quien, al margen de sus campañas en la guerra carlista, sería uno de los fundadores de la Real Academia de Ciencias, presidente de la Comisión de la Carta geológica creada por

[25] Juan Vernet Ginés, *op. cit.*, p. 269.

Bravo Murillo, ministro de Fomento con O'Donnell en 1863 y, deseando impulsar los estudios técnicos en nuestro país, fundador del Instituto Industrial; sus locales, en el número 14 de la madrileña calle de Atocha, sirvieron de primer lugar de reuniones (1871) a la Sociedad Española de Historia Natural.

El sector privado arrancó de las antiguas ferrerías y dio origen a las primeras industrias siderúrgicas españolas. Tras el poderoso estímulo de la Ley de Minas de 1825, algunos (como los Ybarra o los Heredia) se dedicaron a las ferrerías y la creación de las primeras siderurgias, mientras que otros (como el catalán Gaspar de Remisa y Miarons) se ocuparon de las minas, procurando introducir maquinaria y técnicas más rentables para sacar más provecho en el menor tiempo posible, conforme a las reglas clásicas del capitalismo burgués que, entonces, se hallaba en su período de nacimiento y buscaba oportunidades de expansión. Vernet señala con notorio acierto que, en general, los avances de este período inicial del XIX son escasos, especialmente en el campo de la siderurgia, a pesar de la aparición en España de los primeros altos hornos; en Marbella (1832, propiedad de los hermanos Heredia), Madrid (1834) y Barcelona (1838), alimentados con madera primero, y con carbón vegetal después, lo que hacía muy costosa su producción de hierro y causaría su fracaso como industria. Hacia la mitad del siglo se utilizaría la hulla como combustible, lo que alentó la formación de grandes empresas; en 1855 surgiría en Barcelona la Maquinista Terrestre y Marítima y en 1882 los Altos Hornos de Bilbao.

Así fueron apareciendo los primeros pasos en la tecnología de las comunicaciones. En 1836 se construía en Barcelona el primer buque de vapor español, y casi 30 años después se iniciaban los ensayos de buques submarinos; Narciso Monturiol (1819-1885) probaba su primer Ictíneo en 1859 en Barcelona, y en 1866 el segundo. Por su parte, el marino y profesor de física y química en la Academia de Ampliación de la Marina, Isaac Peral y Caballero (1851-1895), hizo en 1889 la primera prueba de su submarino; la segunda, en 1890, resultó «perfecta y completa», según el capitán general de Cádiz. Faltos ambos de apoyo oficial, vieron sus proyectos condenados al olvido. Por otro lado, en 1848 se inauguraba en Cataluña el primer ferrocarril español, que unía Barcelona con Mataró; pero raíles, vagones y locomotora eran de tecnología extranjera; en 1884 Ramón Cases Sirera construía la primera locomotora nacional. De idéntico modo, en 1881 se ensayaba un au-

tomóvil de vapor, y en 1889 circularía por nuestros caminos otro movido ya por un motor de explosión.

También en este campo de las comunicaciones, pero en otro ámbito diferente, debe recordarse que Agustín de Bethencourt y Molina (1758-1824) había propuesto e intentado la creación, a finales del XVIII, de una línea de telegrafía óptica entre Madrid y Cádiz según el sistema de Claude Chappe (1763-1805), pero hasta 1831 no funciónó con normalidad, y sólo unía la capital con los palacios de Aranjuez y La Granja; sólo a partir de la década siguiente se intentaría crear una verdadera red que abarcase toda España. De igual modo, en 1800 se había presentado en la Real Academia de Ciencias de Barcelona una memoria sobre los experimentos que Francisco Salvá y Campillo (1751-1828) había realizado con un telégrafo eléctrico. Cercano a este campo, José Roura y Estrada (1787-1860), que se formó en Montpellier y trabajó para la Junta de Comercio de Barcelona, alumbró con gas la lonja de su ciudad en 1826, y con electricidad la madrileña Puerta del Sol en 1829 con motivo de la boda de Fernando VII con la napolitana María Cristina de Borbón. Más útil resultaría un invento del ya mencionado Manuel Fernández de Castro y Suero, creador de un sistema de señales eléctricas destinado a evitar los frecuentes desastres que se producían en los ferrocarriles del siglo XIX; ensayado en la línea Madrid-Alicante, mereció un elogio público de las Cortes españolas, que lo recomendaron para los ferrocarriles de nuestro país.

En conclusión, como señala Vernet, la actividad de los ingenieros españoles fue notable en este siglo XIX y estuvo a la misma altura —y a veces por delante— que la de sus colegas europeos en algunos campos específicos, singularmente en los de la minería, electricidad, caminos y comunicaciones. No obstante, es preciso recordar la marginación de la ciencia en la España contemporánea que los poderes públicos han realizado indirectamente, al no fomentar ni apoyar los hallazgos y logros de los científicos españoles [26].

[26] Vernet, *op. cit.*, p. 277. Véase, también, el interesante capítulo que, sobre este período, escribe José M.ª López Piñero en las pp. 72-93 de *Historia y sociología de la ciencia en España*, Madrid, Alianza, 1979.

Nuevas orientaciones en la ciencia hispanoamericana

La independencia de los habitantes de la América hispana con respecto al poder español provocó, como es lógico, una ruptura entre ambas comunidades hispánicas (la peninsular y la americana) en todos los campos, incluido el científico. La Independencia se produjo simultáneamente con la también Guerra de la Independencia española, y fue un rechazo (fomentado por Inglaterra para obtener ventajas políticas y económicas en aquella zona) al poder francés napoleónico. Pero el proceso independentista es más antiguo, y había sido alentado por las ideas de los jusnaturalistas ingleses y los enciclopedistas franceses, y espoleado por la misma independencia de las Trece Colonias británicas al norte de Florida. Fueron tres los momentos que llevaron a la separación de aquellas tierras: primero, la independencia de los EE.UU. en 1776, que sirvió de ejemplo; luego, la revolución francesa de 1789, que proporcionó las ideas y principios; finalmente, la invasión napoleónica de España y Portugal en 1808, que produjo la ocasión. No obstante, en las Cortes de Cádiz, españoles e hispanoamericanos se ocuparon juntos en debatir y redactar la primera Constitución española (la de Bayona fue creada e impuesta por Napoleón), promulgada en 1812 el día 19 de marzo, por lo que el malicioso y humorista vulgo gaditano la conocía como *la Pepa*; el ecuatoriano José Mejía fue uno de los que trabajaron en Cádiz con más ahínco.

Poseedores de un talante común lleno de radicalismo y orgullo, españoles e hispanoamericanos se enfrentaron primero, y despectivamente volvieron sus espaldas después, alejándose mutuamente mientras se llenaban (también mutuamente) de improperios e insultos. De este modo se rompieron unos vínculos que habían durado 400 años, tan sagrados como la sangre, el pensamiento, la religión y la cultura; como si en un mismo cuerpo, medio corazón se volviese contra el otro medio. Pero la realidad es que el hecho político —y lógico a la vez— de la independencia de los territorios hispanos de América marcó un foso profundo (insalvable durante muchos años) entre españoles e hispanoamericanos. Ese foso separó, también, las relaciones científicas entre ambas comunidades de uno y otro lado del Atlántico.

Desde el inicio de su andadura, las nuevas naciones hispanas se aplicaron a la difusión de los principios políticos liberales, a la sustitución del sistema colonial anterior por una organización social mo-

derna, no sólo en el aspecto político y económico, sino también en el cultural y científico; a veces, a las proclamas y constituciones acompañaban también planes de reforma en la instrucción pública. Muchos próceres de la independencia se esforzaron en fomentar y extender la cultura y la ciencia; así, por ejemplo, la peruana Academia Lauretana (1821) se convertía poco después (1827) en Universidad de Arequipa; de igual modo aparecerían las universidades de Antioquía (Nueva Granada, hoy Colombia, 1822) y Trujillo (Perú), por decreto de Bolívar en 1824. Asimismo surgieron las escuelas náuticas de Cartagena y Guayaquil, el Museo de Ciencias de Bogotá (1823) y numerosas bibliotecas públicas. Además, tal y como se dispusiera en el siglo XVI, los conventos debían enseñar al pueblo a leer y escribir. En esta época de efervescencia, la prensa ocupó un destacado lugar. Y lo mismo ocurría en el Brasil monárquico; en su capital, Río de Janeiro, se fundaron las Academias de Marina (1808) y Cirugía (1816), el Teatro Real (1809), el Museo, el Jardín Botánico y la Biblioteca Pública (todos en 1811), y, finalmente, la Escuela de Bellas Artes en 1816; ese mismo año se creaba en Bahía la Escuela de Medicina.

La ruptura con España fue tal que las antiguas universidades enviaban a sus profesores y pensionados a otros países europeos, rompiendo casi definitivamente (hasta casi el traumático año 1939) los lazos científicos que habían mantenido pujante y diferenciada la cultura hispánica en el mundo a lo largo de 400 años. Incluso el instrumental, alguno mejor y más barato en España que en el resto de Europa, era encargado en otros países. Sin embargo, fue un verdadero acierto la reforma y extensión de la instrucción pública; la enseñanza primaria se realizaba en Venezuela, Argentina, Colombia, Chile y Perú según el método de enseñanza mutua de Joseph Lancaster, quien estuvo en Caracas en 1824 invitado por el mismo Bolívar; a la vez, en 1824 se establecía en Chile la primera escuela normal para maestros.

Las universidades fueron también reformadas, pues en algunas sus miembros se manifestaron contrarios a la independencia. En general se las hizo laicas, llegándose en 1833 a desarticular la de Méjico en las diversas escuelas que la componían; otras fueron reformadas, como la de Santiago de Chile, reorganizada en 1843 por Andrés Bello según el modelo francés. A ello hay que sumar la fundación de otras nuevas: Buenos Aires en 1821, Montevideo en 1833, Costa Rica en 1843, etc. Por entonces, además, surgieron instituciones culturales de primera ca-

tegoría; así, en 1831 se creaba en Méjico su Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología, y, dos años después, se fundaba la Sociedad de Geografía y Estadística. Mientras tanto, Bernardino Rivadavia creaba en Argentina, además de la universidad bonaerense, otras instituciones, como la Academia de Medicina, la Escuela de Agricultura y el Museo de Historia Natural; simultáneamente, reglamentaba en 1822 el ejercicio de la medicina y el funcionamiento de los hospitales, y procuraba mejorar las condiciones agrícolas y ganaderas del país atrayendo inmigrantes agricultores e importando ovejas merinas. En Brasil, por su lado, se creaban el Instituto Histórico y Geográfico (1838) y la Sociedad Velosiana (1850), dedicada a investigaciones de ciencias naturales.

Aunque estos tiempos de inicio y consolidación de su independencia no fueron propicios para las ciencias en los nuevos Estados, ha señalado Henríquez Ureña [27] que en las naciones hispanas hubo científicos de innegable talla. Entre ellos pueden señalarse al matemático peruano Miguel Garaicoechea (1816-1861), autor de un libro sobre el cálculo binomial; al astrónomo mejicano Joaquín Velázquez de León (1803-1882); al geógrafo Esteban Pichardo (1799-1880), de Santo Domingo, y al químico y médico Leopoldo Río de la Loza (1807-1873), de Méjico, que sistematizó la farmacopea de su país y estudió sus aguas potables y minerales. Entre los naturalistas, deben ser destacados los mineralogistas peruanos Nicolás de Piérola (†1857) y Mariano-Eduardo Rivero; éste descubrió la magnesia silicatada y la humboldtina u oxalita, y dio a conocer en Europa el nitrato de sodio; el botánico Dámaso Larrañaga (1771-1846), de Uruguay, que colectó y describió gran parte de la flora de la región rioplatense, y el paleontólogo Francisco Javier Muñiz (1795-1871), de Argentina, que exhumó los restos fósiles de especies sudamericanas de tigre, caballo y otros animales, y ayudó a Darwin como corresponsal.

España mantenía aún en América una reducida presencia en Cuba y Puerto Rico, que permanecieron españolas hasta 1898 en que, tras la derrota ante el ya poderoso aparato militar norteamericano, pasaron a depender de los EE.UU. (como también ocurriría en Filipinas), viendo

[27] Pedro Henríquez Ureña, *Historia de la cultura en la América hispana*, Méjico, F.C.E., 1947, p. 80.

frustradas sus esperanzas de independencia y pasando a ser virtuales colonias de expansión del poderoso vecino del norte. En Cuba, el zoólogo Felipe Poey y Aloy (1799-1891), formado en París y cofundador allí de la Sociedad Entomológica de Francia (1832), estudió los lepidópteros y los peces cubanos; además de otros muchos, sus libros *Centurie des Lèpidoptères de l'ile de Cuba*, escrito en 1832, *Memorias sobre la Historia Natural de Cuba*, editado entre 1851 y 1861, y su gran obra, la famosa y casi inédita *Ictiología cubana*, le convierten en el naturalista español más importante en el Nuevo Continente. En 1842, al crear España la Universidad de La Habana para hacer todavía presente en América la ciencia hispana, y para sustituir aquellas otras que ya habían dejado de ser españolas, Poey fue nombrado catedrático de zoología; su carrera académica culminó en 1880 al ser nombrado decano de su facultad de ciencias.

A su vez, la geología de aquella isla española fue estudiada desde 1859 por el también hispanocubano Manuel Fernández de Castro y Suero (1825-1895), geólogo e ingeniero de minas ya mencionado. Allí estudió la constitución geológica de la isla antillana y sus riquezas naturales, así como los huracanes que la azotaron en 1870; fue también cofundador y miembro activo de la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales que se fundó en La Habana en 1861. En esta ciudad sería, además, director del antiguo y famoso *Diario de la Marina*, en el que daba a conocer la importancia y conveniencia de la aplicación de las ciencias a la vida humana. Asimismo, cuando en 1860 y por consejo de su padre —allí residente— los habitantes de Santo Domingo pidieron reincorporarse de nuevo a España, Fernández de Castro pasó a aquella isla y estudió su configuración y suelo, así como sus recursos naturales, sus producciones, el estado de sus industrias y todo lo valorable en la parte hispana de la isla; el resultado fue un informe de tres volúmenes titulado *Estudios geológicos y geográficos de la isla de Santo Domingo, con datos para su historia económica-industrial* que, sin embargo, quedó inédito. Años después regresaba a España y, tras ingresar en la S.E.H.N., en 1873 fue nombrado primer presidente de la Comisión del mapa geológico de España.

No se conoce si el estudio de Fernández de Castro sobre Santo Domingo sirvió de ejemplo o base a otro estudio naturalista modélico que, pocos años después, organizaría el gobierno norteamericano. Éste deseaba explorar la región de Montana, y más concretamente las fuen-

tes del río Yellowstone, por lo que en 1856 había encargado de tal misión al general C.K. Warren, quien estudió el curso inferior del río. Esta tarea fue proseguida entre 1859 y 1860 por el coronel W.F. Reynolds. Una década después, tras la incorporación de Montana a la Unión (quedó anexionado como territorio en 1864, y sería reconocido como Estado en 1889), se encomendó la exploración a un civil. El profesor Hayden, geólogo, distribuyó los trabajos de campo en grupos formados por áreas de estudio. Los jefes de grupo eran un agricultor, un entomólogo, un botánico, un zoólogo, un geólogo, un topógrafo, un médico, un meteorologista, un fotógrafo y un pintor; cada grupo se componía de un especialista y varios ayudantes, y todos debían trabajar el territorio durante un año describiendo y colectando los productos referentes a sus especialidades. Cuando la expedición acabó su trabajo, aquella región estaba totalmente conocida; se había trazado su mapa, estudiado y descrito sus recursos, clima, gea, flora y fauna. Al año siguiente se redactaron las conclusiones, que fueron inmediatamente publicadas (en 1874).

La importancia de este estudio, a medio camino entre la exploración y el trabajo de campo, fue grande. Difundido por todo el mundo a través de las revistas científicas de tipo naturalista, así como por semanarios especializados y los poderosos medios de prensa y difusión del mundo anglosajón, llegó también a España; aquí fue conocido y divulgado en los *Anales de la S.E.H.N.* de ese mismo año, y recibió los elogios de la sociedad a pesar de que por aquellas fechas aún no había en nuestro país ni ambiente ni propósitos colonialistas. A pesar de ello, esta exploración iba a servir de modelo y ejemplo a imitar en las expediciones que realizarían por Marruecos, en el último tercio del siglo, tanto la Sociedad Española de Historia Natural como la Sociedad Geográfica.

Los acontecimientos políticos de finales de siglo, una época influida tanto por el imperialismo colonialista de los europeos (en especial, el de los anglosajones) como por la doctrina norteamericana del destino manifiesto produjeron lo que la historia española conoce con el nombre de «desastre del 98». La derrota de España ante los EE.UU., oponiendo sus barcos de madera armados con cañones de corto alcance frente a los acorazados de acero norteamericanos, dotados de cañones de grueso calibre, produjo un trauma nacional en nuestro país y creó ese patológico complejo de inferioridad nacional que dura hasta

nuestros días. Aquella derrota supuso la pérdida de las últimas tierras españolas que nuestros antepasados habían descubierto, conquistado y poblado 400 años atrás; a la vez supuso el abandono de la creencia de que nuestro país era una nación respetada o temida, como en siglos anteriores.

Aquella pérdida debía conllevar, también, una nueva ruptura de interrelaciones científicas entre las gentes y Estados de cultura hispana. Sin embargo, entre los hombres de ciencia no se produjo de hecho esa ruptura; en medio de la conmoción nacional, a la que nuestros sabios y científicos no podían sustraerse, pervivieron los antiguos lazos científicos que han unido siempre los espíritus y las inteligencias, y que han permitido el progreso humano a través de la cooperación entre los hombres al margen de las limitaciones que las fronteras o las ideologías hayan impuesto. Así, por ejemplo, los miembros de la Sociedad Española de Historia Natural se hacían eco, en las sesiones de 1899, del regeneracionismo entonces existente; su presidente, Artigas y Teixidor, manifestaba que, «ante las desdichas nacionales, nuestra Sociedad puede y debe llevar su modesto pero decidido concurso a la obra suspirada de la regeneración de la patria...». La guerra, sin embargo, no era óbice para que la Academia de Ciencias y Artes de Connecticut (EE.UU.) enviase a la S.E.H.N. una invitación para los actos de la celebración del centenario de su fundación. Pero en aquellas sesiones se evidenciaba el impacto del desastre; cuando el geólogo Salvador Calderón y Arana hacía un elogioso recuerdo de los fundadores de la sociedad, decía que sus iniciativas y «deseos no se han perdido en medio de tantas desdichas como la patria ha experimentado en estos últimos años, y que a todos nos han afectado moral y materialmente» [28].

Expediciones y viajes

Ya quedó dicho que la expedición que Humboldt realizara entre 1799 y 1804 a las tierras españolas de América marcó un modelo metodológico y un ejemplo a imitar, pues sus resultados científicos asombraron al mundo culto a principios de siglo y lograron fomentar en los

[28] *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, vol. 29, 1899, p. 28.

países más adelantados una política científica de interés y conocimiento de la Naturaleza y sus recursos. Por otro lado, la Tierra no era aún totalmente conocida ni estaba totalmente explorada. Además, los viajes del capitán Cook no habían resuelto todas las dudas que se planteaban los astrónomos y geógrafos.

Al margen de los grandes viajes y exploraciones que a lo largo del siglo XIX se hicieron por África (los nombres de Mundo Park, Speke y Burton, Brazza, Baker, Livingstone y otros muchos tienen aún en este siglo resonancias de misterio y aventura) y por otros lugares todavía desconocidos de nuestro planeta, nos fijaremos en las exploraciones realizadas en América durante el siglo XIX, así como aquellas en las que intervinieron los españoles. Así, el viaje del escocés Alexander Mackenzie por el norte del Nuevo Mundo, realizado entre 1792 y 1793, había logrado probar que no existía en el continente el hipotético paso del noroeste; esto provocó que, a partir de entonces, se le buscase por mar. Con ese objetivo, en 1845 y a bordo del *Erebus* y el *Terror*, el británico John Franklin zarpaba de Inglaterra en su busca; dos años después desaparecía, sin que las 40 expediciones de rescate que se organizaron diesen fruto alguno.

Otra consecuencia del viaje de Mackenzie fue que los norteamericanos comprendieron que una colonización segura y pacífica sólo podría conseguirse mediante el estudio del terreno a poblar; y esto era válido tanto para las zonas de su expansión natural hasta el río Mississippi como para los futuros territorios que esperaban conseguir al oeste de ese río. Por eso se nombró un geógrafo general de los EE.UU., y el presidente Jefferson envió en 1804 la expedición de Lewis y Clarke hacia el norte; debían descubrir las fuentes del río Missouri y encontrar el camino más accesible a través de las Rocosas hacia el Pacífico.

La llegada del hombre al polo norte del planeta está relacionada con la búsqueda del paso del noroeste; con esa intención zarpó, en 1818, sir John Ross (1777-1856) a bordo del *Isabella*; de aquella expedición formaron parte John Franklin y Edward Parry. Desde la bahía de Baffin, entre la isla de ese nombre y Groenlandia, Ross subió al estrecho de Smith (o de Nares) y entró en contacto con los esquimales de Etah; al regreso, cuando estaba a punto de conseguirlo, un extraño espejismo le hizo cambiar el rumbo. Volvió a intentarlo en 1829 con el *Victory*, pero no lo consiguió. Por su parte, Edward Parry (1790-1855) realizó cuatro expediciones en busca del paso; navegando con el *Hekla*

y el *Griper*, en 1819 penetró en el estrecho de Lancaster y descubrió que era un brazo de mar enteramente despejado, y consiguió llegar al estrecho e isla de Melville, en los 114° oeste; en la última, la de 1827, alcanzó la latitud de 82° 45' norte, límite que ya no sería superado sino hasta medio siglo después.

Ya en 1868 lo intentaría Karl Koldewey, a bordo del *Germania*, desde el mar de Groenlandia (entre ésta y las Spitzberg), pero tan sólo pudo subir hasta los 71° 31'. El noruego Fridjoft Nansen (1861-1920), tras atravesar Groenlandia en 1888, trató de llegar al polo a bordo del *Fram*; zarpó de Oslo en junio de 1893 y se dejó aprisionar en el hielo al norte de las islas rusas de Nueva Siberia (Novosibirk) con la esperanza de que una corriente de descarga transpolar debería llevarle a las Spitzberg (o Svalvard), casi al lado opuesto del casquete polar. La deriva —que ya era conocida— duró tres años, pero el buque no subió más de los 84° norte, superando el límite conseguido por Parry.

Por fin, el polo norte sería alcanzado en 1909 por el norteamericano Robert Peary (1856-1920); tras haber explorado Groenlandia en 1898 y demostrar que era una isla, cuando partió hacia el polo lo hizo dejando el *Roosevelt* y utilizando trineos como los esquimales. Sólo seis años antes había conseguido Roald Amundsen (1872-1928) lo que durante siglos había sido el objetivo de numerosas expediciones y de muchos marinos; después de intentar en 1897 alcanzar el polo norte, en 1903 lograba descubrir el tan buscado paso del noroeste entre el Atlántico y el Pacífico [29].

Simultáneamente a estas expediciones, se estaban produciendo otras muy similares, pero en el otro extremo del planeta. Durante los siglos anteriores, junto con el mito del paso del noroeste, había pervivido la creencia de que debía existir un continente al sur de América, cuya masa hiciera de contrapeso a las de los continentes, situados casi todos en el hemisferio norte de la Tierra. Los viajes del capitán Cook habían conseguido establecer —equivocadamente— la inexistencia del

[29] Sólo una incógnita quedaba por resolver en aquellas latitudes, y que en nuestros días continúa en pie: el conocimiento detallado del océano glacial Ártico. A este propósito, la operación más importante desarrollada ha sido el viaje del submarino nuclear norteamericano *Nautilus*; al mando del capitán Anderson, el 3 de agosto de 1958 se encontraba justamente debajo del polo norte, en el agua del Ártico bajo el helado casquete polar.

continente austral; pero Inglaterra, la potencia marítima más importante de aquel momento, necesitaba conocer bien la región de los mares australes de América por cuestiones estratégicas y comerciales.

El descubrimiento de la Antártida fue marcado con una tragedia española; los 644 españoles que el 11 de mayo de 1819 embarcaban en Cádiz a bordo del *San Telmo* no podían imaginar que iban a encontrar un nuevo continente, y que allí perderían la vida explorando aquellos inhóspitos parajes. El buque, mandado por el brigadier Rosendo Porlier y Astequieta (ayudante de Gravina en la batalla de Trafalgar), formaba parte de la división del Mar del Sur, una escuadra de cuatro navíos de línea destinados a reforzar las defensas de los territorios españoles del Pacífico, amenazados entonces por la flota del inglés Thomas Cochrane. Después de tocar Río de Janeiro y Montevideo, en septiembre se disponían a doblar el cabo de Hornos, pero un fortísimo viento de poniente les dispersó y obligó a bajar hacia el sur en busca de vientos más favorables. Dos fragatas llegaron a El Callao a principios de octubre, dando noticias de que en el grado 62 de latitud sur habían visto averiado al *San Telmo*; éste no había tocado puerto alguno y había desaparecido sin dejar rastros visibles en aquella área.

Algunos días después, el 17 de octubre, William Smith, capitán de la marina mercante inglesa, tomaba posesión de un archipiélago al sur del cabo de Hornos, al que bautizó como Nueva Bretaña del Sur (hoy, Shetland del Sur); en un viaje posterior desembarcaba en la costa norte de la isla Livingston, y pudo observar que aquellas tierras habían sido ya pisadas anteriormente; desperdigados por la playa estaban los restos de un navío de línea español de 74 cañones. Años después, el capitán James Weddell cartografiaba las islas; en su *Diario* relacionaba aquellos restos con las noticias de un buque español que había desaparecido pocos años antes, y refería que en una de las playas se habían encontrado restos de focas, muertas hacía algunos años para sostener la vida de los tripulantes que habían podido salvarse y llegar a las costas de aquella isla. Algunos historiadores norteamericanos afirman que el descubrimiento del continente austral fue obra de su compatriota Palmer.

La exploración del continente blanco se inició pronto; el ruso Fabien Bellingshausen (1778-1852) pisó la Antártida en 1820, y la circunnavegó en el *Vostok*; en 1823, James Weddell penetró en el mar que lleva su nombre con el bergantín *Jane* y el cúter *Beaufoy*; en 1830 John Biscoe circunnavegaba el continente austral, descubriendo nuevas tie-

rras. Las exploraciones y descubrimientos más importantes serían realizados por tres expediciones nacionales. La primera, francesa, fue dirigida por Dumont d'Urville; de 1837 a 1840 exploraron el continente y descubrieron nuevas tierras y regiones en él; la segunda, norteamericana, duró de 1838 a 1842 y estaba dirigida por Charles Wilkes. La tercera era británica, y estuvo dirigida por James Clark Ross, sobrino de sir John Ross. A bordo de dos resistentes barcos de guerra, el *Erebus* de 340 toneladas y el *Terror* con 370, y con una dotación de 64 hombres cada uno, zarpó la expedición en otoño de 1839. Bajaron por el Atlántico rumbo a la isla de Santa Elena, y doblando El Cabo arribaron a Tasmania, isla debajo de Australia; desde allí pusieron rumbo al sur y consiguieron superar la banquisa o barrera de hielos en enero de 1841 avistando a lo lejos las elevadas montañas del nuevo territorio. Una vez desembarcado en la Isla de la Posesión, que tomó para Inglaterra, se dedicó a cartografiar los ríos, montes y bahías que iba descubriendo; los nombres que aún tienen se los puso Ross. Una barrera de hielos de más de 50 metros de altura les impidió avanzar más al sur; tras recalar de nuevo en Tasmania, pusieron otra vez rumbo hacia el sur, pero volvió a ocurrir lo mismo. Después de su tercer intento, y tras cuatro años de navegación, regresó a Inglaterra.

Sería a principios de nuestro siglo cuando el hombre por fin consiguiera penetrar hasta el centro mismo del continente austral y llegar al polo sur; ésa fue la hazaña de la expedición noruega que dirigía Roald Amundsen (1872-1928); tras descubrir en 1903 el famoso paso del noroeste, se había propuesto la conquista del polo sur. Su expedición se inició en 1910 a bordo del *Fram*; tras invernar y encontrarse con los miembros de otra expedición (la inglesa de Scott), llegaron al Polo Sur el 14 de diciembre de 1911, donde plantaron la bandera noruega y bautizaron aquella altiplanicie como Tierra del Rey Haakon VII. Simultáneamente a ésta, la expedición inglesa dirigida por Robert Falcon Scott (1868-1912) realizó esta misma gesta en dos intentos, entre 1910 y 1912, con la ayuda del ballenero *Discovery* y, después, del buque *Terra Nova*; los británicos pisaron el polo el 18 de enero de 1912 (34 días después que Amundsen), pero las fuertes tormentas les impidieron llegar a la costa y perecieron en aquellas tierras heladas.

La decadente España del siglo XIX, «Esa España inferior que ora y bosteza/ vieja y tahur, zaragatera y triste...» como la describen los patéticos versos de Antonio Machado, no parecía tener fuerzas para emu-

lar sus hazañas de siglos anteriores ni para imitar lo que ya otros Estados europeos hacían en aquel tiempo. Sin embargo, la inquietud e interés de aquellos hombres les llevó a seguir realizando expediciones y viajes de investigación y estudio. Así, entre 1862 y 1866 se llevó a cabo la que es conocida como Comisión científica al Pacífico; la monarquía isabelina pretendía recuperar la tradición ilustrada, ya perdida a comienzos del siglo, enviando a América a un grupo de naturalistas (escoltados por una Escuadra) para mostrar el final de la decadencia de la ciencia española, y para dotar de materiales a las instituciones científicas de nuestro país. La realidad objetiva es que diplomáticos y residentes españoles en aquellas zonas pedían a España con cierta insistencia que enviasen allí buques de guerra con el fin de defender los intereses españoles en la zona, favorecer el comercio, mostrar la fortaleza de España como potencia y estrechar los lazos políticos con aquellos Estados que antes habían sido españoles.

Ése fue el origen de la comunicación que el ministro de Estado, Saturnino Calderón Collantes, dirigió el 26 de marzo de 1860 al de Marina, José Mac Crohon; en ella recomendaba que un buque adecuado a las circunstancias que se requerían zarpase de España rumbo a Filipinas, recalando en las costas americanas y paseando por ellas el pabellón de guerra español. El lector podrá comprender mejor la situación del momento recordando que en ese mismo año, por un lado, la república de Santo Domingo pedía su reincorporación a España y que, por otro lado, un ejército español (junto con otro inglés y otro francés) se encontraba ocupando el puerto de Veracruz para forzar al gobierno mejicano de Juárez al pago de sus deudas con los tres países europeos. Es sabido que Prim, entendiendo mejor la situación, retiró de allí las tropas españolas (y lo mismo hicieron los británicos); pero el ejército expedicionario francés se quedó e impuso allí, frente a Juárez, el efímero imperio mejicano de Maximiliano de Habsburgo como una realización romántica y aventurera en América de la política de prestigio de Napoleón III.

A tal efecto destinó la Marina las fragatas *Triunfo* y *Resolución* y las goletas *Vencedora* y *Covadonga*, designando al general Luis Hernández Pinzón como jefe de la escuadra. Por su parte, el ministro de Fomento (ya quedó dicho que de él dependía la enseñanza, la universidad y los museos de ciencias), Antonio Aguilar Correa, más conocido por su título de marqués de la Vega de Armijo, designó como director

científico de la expedición a Patricio M.ª Paz y Membiela, a Francisco de Paula Martínez y Sáez como secretario y encargado de estudiar los peces y moluscos, a Marcos Jiménez de la Espada encargó el estudio de mamíferos, aves y reptiles; a Fernando Amor y Mayor encargó los trabajos entomológicos y geológicos, los botánicos a Juan Hisern y Batlló, y los antropológicos y etnográficos a Manuel Almagro y Vega; llevaban, además, como taxidermista a Bartolomé Puig y Galup, y como fotógrafo y dibujante a Francisco de Castro y Ordóñez. Los trabajos y observaciones sobre física y meteorología se confiaban a la oficialidad de la escuadra [30].

La ruta que la expedición debía seguir tras zarpar de Cádiz, según las instrucciones del ministerio a Pinzón, era la de Tenerife, Cabo Verde, Río de Janeiro, Pernambuco, Río de la Plata y bajar luego a La Gran Malvina; desde allí, y tras enviar la goleta *Covadonga* por el estrecho de Magallanes al Pacífico con órdenes de recalar en la isla de Chiloé, las otras tres naves debían poner rumbo al sur, explorar las Islas de los Estados (al sur de la Tierra del Fuego) y doblar el cabo de Hornos rumbo a Chiloé, donde se reuniría nuevamente toda la escuadra. Desde allí deberán visitar Concepción y Valparaíso (Chile), y subir hacia Arica (entonces peruana), Quitea, El Callao y otros puertos del Perú (con la circunspección debida —decía— pues ese Estado no mantenía relaciones diplomáticas con España), para después seguir rumbo a la Alta California y tocar algunos puertos mejicanos, como Acapulco. Desde allí deberían zarpar hacia Australia, las Filipinas, las Sonda e Indonesia, para —con rumbo oeste— doblar el cabo de Buena Esperanza y subir a España; pero en Chile recibirían instrucciones nuevas que les ordenaban que, después de tocar San Francisco (EE.UU.), regresasen a España por el mismo camino que habían tomado hasta allí.

Los científicos de la comisión recibieron, a su vez, las oportunas instrucciones del Ministerio de Fomento, redactadas por M. de la Paz Graells, director del Museo de Ciencias, y M. Colmeiro, catedrático

[30] Sobre esta expedición, además de las fuentes y archivos, pueden consultarse como obra general la de M.ª Ángeles Calatayud Arinero, *Catálogo de las expediciones y viajes científicos españoles. Siglos XVIII y XIX*, Madrid, CSIC, 1984; y como más específicas las de Agustín J. Barreiro, *Historia de la Comisión Científica del Pacífico*, Madrid, 1926, Robert Ryal Miller, *Por la ciencia y la gloria nacional*, Barcelona, 1983, y Miguel Ángel Puig-Samper, *Crónica de una expedición romántica al nuevo mundo*, Madrid, 1988.

del Jardín Botánico. La expedición abarcaría tres aspectos: geología, botánica, y zoología y mineralogía. Las instrucciones sobre geología pedían encarecidamente observaciones sobre las que edificar posibles teorías, recomendando recolectar fósiles, estudiar los volcanes, y visitar minas y depósitos de carbón, cuyo interés —decía el ministro— no se oculta a nadie. Las instrucciones sobre botánica, obra al parecer de Miguel Colmeiro, se detallaron en ocho puntos, muy similares a la Instrucción de Franco Dávila en tiempos de Carlos III, haciendo así patente el modelo ilustrado que seguía la comisión.

Las instrucciones sobre zoología, redactadas por Graells, además de señalar qué especies debían colectarse para remitirlas al Museo de Ciencias, evidenciaban el interés por la fauna marina; por aquellos años, se empezaba a dudar de la creencia de que no había vida marina por debajo de los 500 metros de profundidad, y, a la vez, España se sumaba a la corriente europea (H. Milne-Edwards, E. Forbes, H. Huxley, A. Quatrefages) que empezaba a preocuparse en desvelar los secretos zoológicos del mar. Esta corriente culminaría con la fundación de la Estación de Zoología Marítima por Anton Döhrn, en Nápoles (1874) y con el viaje de W. Thompson en el *Challenger* (1873-1876), que sirvió de modelo a las campañas del príncipe Alberto I de Mónaco y abrió el camino de la oceanografía, cuyo primer museo había de inaugurarse en Mónaco, en 1910; en otro epígrafe ya se dijo que el Instituto Español de Oceanografía sería creado en 1914.

Con respecto a otros estudios, los relativos a antropología se incluyeron dentro de la zoología con arreglo al criterio de Broca; además de las instrucciones que Almagro y Vega recibiera de la Société d'Anthropologie de París, el ministerio le ordenaba conseguir cráneos de las diferentes razas indígenas de aquellos países, así como útiles que permitirían aumentar las colecciones etnográficas españolas; recuérdese que la antropometría y la antropología se iniciaban por entonces con bastante fuerza, y que en 1865 se fundaría la Sociedad Antropológica Española. Acerca de las observaciones meteorológicas, que debían realizar los oficiales de la escuadra, el marqués recomendó las instrucciones dadas por la Academia de Ciencias de París a sus oficiales y marinos, añadiendo los acuerdos introducidos en el Congreso de Físicos y Marinos, celebrado en 1853 en Bruselas.

La escuadra siguió, en general, la ruta marcada. Durante la travesía hubo incidentes diversos: suspicacias entre los naturalistas por la

presuntuosa actitud de Paz y Membiela, así como roces entre los naturalistas y el capitán de la fragata *Triunfo*, carencia de espacio y laboratorios a bordo, actuación poco diplomática e irrespetuosa del comandante general de la escuadra en Perú, abandono de la expedición por el disecador Puig, etc. A pesar de todo, los objetivos propuestos se sobrepasaron gracias a la entrega y dedicación ejemplar de algunos naturalistas de la comisión.

Con todo, aunque el aspecto científico de esta comisión resultó provechoso y cumplió los objetivos fijados, no era ese el principal objeto del viaje de la escuadra española a aquellas aguas; es ya sabido que las relaciones de aquellas repúblicas con España eran tirantes. La chispa estallaría durante la expedición; al llegar la *Resolución* al puerto de El Callao en diciembre de 1863 fueron informados de que, en agosto, varios españoles vascos habían sido asesinados a tiros por un grupo de peruanos en una hacienda del interior. Mientras se pensaba en pedir responsabilidades al gobierno peruano, llegó una orden de Madrid mandando a la escuadra dirigirse a Cuba ante los disturbios ocurridos en Santo Domingo, y dejar la *Covadonga* en el Río de la Plata; pero Pinzón no lo hizo así por creer necesario permanecer en aquellas aguas para defender a los españoles que allí vivían si fuese necesario.

A partir de ahí los acontecimientos se precipitaron; en enero de 1864, Perú pedía la reunión de un congreso americano para unirse frente a una posible intervención española; el ministro español de Fomento ordenaba a los naturalistas regresar a España, a lo que éstos se negaron, exponiendo sus razones al ministro; Pinzón, tras abandonar a los naturalistas en Valparaíso, se dirigió con la *Resolución* y la *Triunfo* a las islas Chinchas, de gran interés económico y estratégico para Perú; el 10 de abril de 1864 tomaban posesión de ellas, enarbolando allí la bandera de España. Con este hecho se abría un conflicto que había de durar varios años y en el que, además de nuestro país, se verán implicadas cuatro jóvenes repúblicas hispanoamericanas: Perú, Chile, Bolivia y Ecuador. En la llamada guerra del Pacífico (1866-1868) se distinguió Casto Méndez Núñez dirigiendo la fragata *Numancia*; a la muerte del almirante Pareja, se hizo cargo de la escuadra de guerra española que allí operaba y, cumpliendo las órdenes del gobierno, tuvo que bombardear Valparaíso (marzo 1866) y luego El Callao (2 de mayo); en éste, que estaba bien artillado con 90 cañones y parapetos blindados, fue herido por la metralla y, tras declarar al gobierno chileno su céle-

bre frase «La Reina, el gobierno, el país y yo preferimos más tener honra sin barcos que barcos sin honra», se retiró hacia España sin víveres y pasando grandes privaciones.

Otra expedición científica iba a tener lugar 20 años después. En 1885 se movilizaba la Sociedad Española de Historia Natural, pues se habían enterado de que el gobierno español había organizado un viaje de circunnavegación del globo en la fragata *Blanca* con el fin de mejorar la instrucción de los diferentes institutos de la armada. Pensaban que para los naturalistas españoles sería conveniente aprovechar este viaje para efectuar estudios e investigaciones sobre la naturaleza de los lugares a visitar; en plena época de controversia sobre el darwinismo, este viaje parecía repetir el del *Beagle* en el que viajara el biólogo inglés, y ofrecía la posibilidad de realizar unas investigaciones idénticas a las de Darwin, lo que permitiría confirmar o rechazar las bases mismas de su teoría. Realizaron las gestiones necesarias para la inclusión de algunos naturalistas; en 1886, habiendo obtenido el permiso del gobierno, Odón de Buén y Tomás Erice se embarcaban en la fragata. Desdichadamente, una importante avería hizo terminar antes de tiempo el viaje proyectado; no obstante, ambos naturalistas expondrían los resultados científicos de su viaje en las sesiones de la S.E.H.N. y en algunas conferencias en el Ateneo de Madrid.

Estas dos expediciones señaladas fueron organizadas o propiciadas por el gobierno español. Pero en el siglo XIX hubo, también, otros viajes de tipo particular que tuvieron una importancia menor, aunque fueron de cierto interés. Prescindiendo de los trabajos y estudios realizados en América por encargo del gobierno español, como es el caso de Manuel Fernández de Castro (mencionado en el epígrafe anterior), hubo muchos que fueron la obligada consecuencia de los ceses de profesores y científicos a causa del decreto de Orovio de 1875; algunos de ellos aprovecharon su exilio para poner al día sus conocimientos o para especializarse en campos más específicos del mundo de la ciencia. Por poner algún ejemplo, éste fue el caso de Salvador Calderón y Arana; después de ser cesado en 1875 por el ministro Orovio, junto con otros amigos y colegas fundaría la I.L.E., de la que fue profesor. En 1877, deseando completar su cultura científica, marchó a estudiar al extranjero; en la Universidad de Ginebra estudió con Martignac y con Karl Vogt y, después de una corta estancia en la Universidad de Heildel-

berg, pasó a las de Viena, donde recibió las lecciones de Tschermak, y París; aquí fue contratado por un enviado del gobierno de Nicaragua.

Al llegar a este país centroamericano en 1881, y junto al profesor Leonard, fundó en la ciudad de León el Instituto de Occidente, disponiéndose a estudiar la naturaleza del país; su geología, por ejemplo, era desconocida, puesto que Humboldt no había recorrido la América central, y los geólogos Mont-Serrat y Dollfus no habían estudiado Nicaragua. Se podía decir que, respecto a la naturaleza de aquel país, no había otro trabajo que el que Gonzalo Fernández de Oviedo escribiera en el siglo XVI, aunque había algunos estudios topográficos con motivo de la búsqueda de un lugar conveniente para construir el proyectado canal interoceánico. En aquella tierra se dedicó a la enseñanza de las ciencias y la investigación geológica, pero tuvo que huir precipitadamente por la situación de revolución que vivía el país y por la animadversión de los ultramontanos locales.

Por el tema de este libro (las relaciones científicas entre España/Europa con América) no parece apropiado exponer aquí otras expediciones que los españoles realizaron en aquel siglo. Entre ellas, y al margen de la que el naturalista Manuel Martínez de la Escalera (miembro de la S.E.H.N.) realizara al Asia Menor en 1898, se podrían recordar algunas, más o menos impulsadas por la fiebre colonialista que ya se respiraba en Europa. Así, podrían mencionarse la que Iradier y Bulfi hizo en Guinea y la zona del río Muni en 1874; la que tres años después giraba al sur de Marruecos, a bordo del *Blasco de Garay*, con Fernández Duro, Climent y Joaquín Gatell (más conocido como *el caid Ismail*); las que en 1884 se enviaron a Río Muni bajo la dirección de Iradier, y a Río de Oro (ex Sáhara español) bajo la de Emilio Bonelli, o la de Ossorio y Zabala a Río Muni en 1886. Una de las más conocidas es la que en este último año envió la Sociedad de Geografía Comercial a Río de Oro; estaba dirigida por Julio Cervera y Baviera, capitán de ingenieros, y formaban parte de ella Felipe Rizzo y Ramírez, arabista y antiguo cónsul en África, y Francisco Quiroga y Rodríguez, geólogo y naturalista de la S.E.H.N., a los que acompañaban el *hach* Abd-el-Kader l'Adjar y dos soldados moros de la compañía de Tiradores del Rif.

Todas estas expediciones españolas culminarían en la que, en 1913, enviaría la Comisión del Noroeste de África (de la S.E.H.N.) al norte marroquí, erigido el año anterior como Protectorado español en

Marruecos. Los estudios y colecta de especies y materiales se hicieron, si bien a escala menor, de modo similar a la exploración norteamericana de las fuentes del Yellowstone mencionada más atrás. Las instrucciones de Eduardo Hernández Pacheco y otros naturalistas fueron puntualmente ejecutadas en los trabajos y observaciones de la expedición; de la geología y la geografía de la región se encargó Lucas Fernández Navarro; de la climatología, vegetación y agricultura lo hizo Juan Dantín Cereceda; Ángel Cabrera Latorre se ocupó de los estudios zoológicos, y Constancio Bernaldo de Quirós, además de la redacción del *Diario* del viaje, se dedicó a las observaciones etnográficas. Los resultados de la expedición serían publicados en 1914 por la S.E.H.N. en el libro *Yebala y el bajo Lucus*.

Entre dos siglos: el inicio de la revolución científica actual

Ningún epílogo mejor a un libro como éste que poder afirmar, con toda justicia y exactitud, que a finales del siglo XIX la ciencia era ya patrimonio de toda la Humanidad. En efecto, a pesar del poderoso influjo de la ciencia alemana, muy cargado también de nacionalismo, la ciencia dejaba de ser peculiar o propia de una cultura o nación para tornarse internacional. A partir de aquel tiempo ya no se podrá hablar de ciencia europea o americana, porque los congresos internacionales y las publicaciones científicas ponían en contacto a los sabios y científicos de todo el mundo y, a la vez, daban a conocer en pocos meses cualquier hallazgo e investigación científica de interés, y los trabajos de unos pocos eran conocidos por la totalidad.

Además, en aquellos momentos se produjeron una serie de hallazgos e inventos de consecuencias decisivas, que marcarían el final de todo el período científico anterior, y sentarían las bases de la verdadera revolución científica, que es la que se ha producido en este siglo (no la del siglo XVII, como habitualmente se dice). Estos logros e inventos trajeron consigo un impulso tal que produciría un rápido y extraordinario avance o desarrollo en el mundo de la ciencia como en ningún momento anterior se había conocido.

Fue en la década 1895-1905, a caballo entre el siglo pasado y el nuestro, cuando se obtuvieron aquellos inventos, que tan extraordinaria conmoción iban a producir en el mundo de las ciencias. Frente al

siglo XIX, en cuya primera mitad la ciencia conductora había sido la química y en cuya segunda mitad lo había sido la historia natural (Darwin), esta década consagra a la física como la ciencia de una vanguardia que rompe con los modelos anteriores. Y aunque la revolución en la física se inició bruscamente, iba a continuar con un ritmo constante y creciente, difundiéndose a todos sus campos o ámbitos, e incluso fuera de ella.

El primero de los hallazgos o inventos producidos en esa década fue el de los rayos X, realizado en 1895 por Wilhelm-Konrad Roentgen (1848-1923). Ya en 1876, William Crookes (1832-1919), y prosiguiendo las observaciones de Faraday, había observado que en el extremo negativo (cátodo) de un tubo de descarga altamente vaciado se formaba una luminosidad alargada; creyéndola formada por un tipo de partículas situadas en el cátodo, la llamó rayos catódicos, como una forma *radiante* de la materia. En 1894, J. Stoney llamaba electrones a esos rayos catódicos, y J. Perrin demostraba que llevaban carga negativa. Roentgen adquirió uno de esos tubos, y observó que al cabo de una semana algo ocurría en el exterior del tubo, algo que hacía brillar las pantallas fluorescentes en la oscuridad y podía impresionar placas fotográficas atravesando el papel negro que las cubría. El descubrimiento tuvo una asombrosa propagación; en unos pocos días todos los periódicos del mundo daban la noticia.

El segundo hallazgo fue el descubrimiento de la radiactividad por A. Henri Becquerel (1852-1909) y los esposos Pierre (1859-1906) y Marie Curie (1867-1934). Tras el hallazgo de Roentgen, J.J. Thomson había advertido que, además de que los electrones hacían despedir rayos X a la materia al incidir sobre ella, los rayos X conseguían que cualquier tipo de materia generase electrones; éstos quedaban, así, establecidos como partículas individuales y diferentes. De este modo, la física pasaba a considerar los átomos como entidades reales y concretas, que podían ser divididos y descompuestos. Mientras, A. Henri Becquerel trataba de hallar otros cuerpos que mostrasen una luminosidad; trabajando con nitrato de uranio descubrió que sus rayos eran, también, capaces de atravesar la materia; el descubrimiento de la radiactividad fue transcendental para la física y la química, y un duro golpe para la «ley de la conservación de la energía», pues, ¿de dónde procedía la que emitía aquella sustancia radiactiva? Evidentemente, del átomo mismo, lo que suponía que éste contenía energía en cantidades insospechadas.

Los esposos Curie trabajaron sobre la radiactividad también (lo que les permitió, en 1903, compartir con H. Becquerel el Premio Nobel de Física). Marie descubriría otras fuentes de energía radiactiva más poderosas que el uranio; por hallar el radio y el polonio, determinar la naturaleza del primero y conseguir aislarlo en estado metálico recibió el Premio Nobel de Química en 1911.

Como otros físicos, Ernest Rutherford (1871-1937) investigaba sobre la naturaleza de las radiaciones, encontrando que algunas —los rayos alfa— eran algo nuevo y consistían en partículas materiales proyectadas a inmensa velocidad. En 1902, y en colaboración con Soddy, descubrió la descomposición radiactiva; el átomo de radio, por ejemplo, producía otros átomos. Eso equivalía a una transmutación de elementos, y que el sueño de los alquimistas medievales era cierto... pero al revés; ellos buscaban convertir el plomo en oro, mientras que la Naturaleza transmutaba el riquísimo uranio (y el radio) en plomo. Cada elemento radiactivo emitía rayos alfa, beta o gamma, transformándose en otros elementos hasta terminar el plomo inerte; al estudiar estos procesos se vio que esos elementos no eran simples, sino que contenían átomos químicamente iguales pero de diferente comportamiento físico: eran los isótopos. La descomposición radiactiva fue el tercer gran hallazgo de la década, y permitiría a Rhuterford formular en 1911 la teoría nuclear del átomo, en 1919 realizar la primera reacción nuclear artificial (transformó nitrógeno en oxígeno), y en 1920 descubrir el protón. El investigador británico recibió el Premio Nobel de Química en 1908.

El cuarto hallazgo se formuló en 1901. Todos los descubrimientos anteriores habían generado multitud de problemas, pues los experimentos contrastaban con las teorías hasta entonces existentes. Durante todo el siglo XIX, el pensamiento científico se había cerrado en torno a la física mecánica de Newton; pero las investigaciones de Max Planck (1858-1947) sobre la radiación del calor desmentían la vieja creencia de que el calor se distribuía por igual entre las diferentes longitudes de onda irradiadas por un cuerpo negro. Planck estableció que la energía no era continua, como se había creído, sino discontinua y casi corpuscular, de tal modo que se la podía considerar formada por unidades o quanta. Según Planck, la cantidad de energía irradiada por un cuerpo es igual a la frecuencia de la radiación emitida multiplicada por una constante universal, a la que Planck llamó *quantum* (o cantidad sufi-

ciente de acción). Su teoría, que revolucionaba las ideas sobre la energía, fue muy combatida al principio, pero después de que Einstein la convirtiese en uno de los pilares de su teoría de la relatividad pasó a ser la base de la Física actual. Max Planck recibiría en 1908 el Premio Nobel de Física.

Al extraer una aplicación práctica de estos trabajos, Albert Einstein (1879-1955) realizaría el quinto hallazgo al formular en 1905 su teoría restingida de la relatividad. Explicaba el joven físico que, cuando un haz de luz llega a un metal, los electrones emitidos por él viajan constantemente a la misma velocidad, tanto si la luz es débil como si es intensa. Señalaba que sólo absorbían el *quantum* de energía que poseía la luz; más luz supondría mayor número de quanta, pero no unos quanta más grandes; en cambio, la velocidad dependía directamente del color o frecuencia de la luz. Con ello Einstein establecía que los electrones producidos por la luz al incidir en un metal eran fotones o átomos de luz, que transferían su energía a otro tipo de partículas (un electrón de velocidad o de energía); así volvía del revés la tradicional imagen ondulatoria de la luz, y regresaba a la antigua idea de Newton, para quien la luz se componía de partículas. Como esta teoría suponía diversas paradojas, como el acortamiento de los cuerpos en movimiento y la contracción (o dilatación) del tiempo, encontró muchos objetores al principio, pero se fue imponiendo al ser confirmada experimentalmente en diversos terrenos. Ésta daría paso, en 1915, a su teoría general de la relatividad, que establecía que la energía de un cuerpo era proporcional a su masa, de acuerdo con la ecuación $E = mc^2$ (c es la velocidad de la luz en el vacío); el equivalente en energía de una masa es el producto de esa masa por el cuadrado de la velocidad de la luz. La ecuación fue confirmada en las reacciones nucleares, constituyendo la base de la bomba atómica. En 1921 recibiría el Premio Nobel de Física.

Mientras tanto, Rutherford proseguía sus estudios sobre el átomo y las partículas que lo componían; en 1910, sus colaboradores Marsden y Geiger demostraron que las partículas (o rayos) alfa no seguían una trayectoria rectilínea al atravesar delgadas láminas, sino que a veces salían disparadas en sentido contrario. De ahí dedujo Rutherford la existencia de un núcleo en los átomos, con carga opuesta a la del electrón; si éste la tenía negativa, el núcleo debía tenerla positiva e igual a la carga total de los electrones que giraban en torno a él (la disposición

de los electrones en torno al núcleo era similar a la de los planetas en el sistema solar). Otro colaborador, Moseley, medía en 1913 la longitud de onda de los rayos X y demostraba que dependía del número atómico y del número de electrones del átomo del elemento que emitía los rayos. Fue así como otro miembro del laboratorio, el danés Niels Bohr (1885-1962), consiguió junto con Rutherford fijar el modelo atómico; no obstante, la imagen del átomo se complicaría más adelante al descubrir Chadwick el neutrón (1932) y Anderson el positrón (1933), y más tarde los mesones y los neutrinos [31].

Como se ha señalado más arriba, todos estos avances de la física sentaron las bases de nuestra revolución científica actual, aún no concluida. Esta revolución se ha escalonado en cuatro fases:

1895-1916: esta fase de ruptura con la concepción física anterior o de giro hacia nuevos horizontes es de conquistas individuales. La física aún permanecía en el laboratorio universitario o personal, con material sencillo y barato, y sin establecer aún lazos con la industria.

1917-1939: esta fase se caracteriza por introducir a gran escala, en la aplicación de la ciencia física, las técnicas y organización de la industria. La investigación siguió haciéndose en laboratorios, pero los físicos utilizaban material costoso y dirigían equipos de trabajo. A su vez, la física ampliaba su campo de aplicaciones.

1946-1973: se inicia en esta etapa un tiempo en el que la ciencia se pone al servicio de los gobiernos, con gran incremento de las facilidades y del peligro de malos objetivos y usos. La ciencia se liga a proyectos industriales y de armamento, de tal modo que la vinculación entre guerra y ciencia vicia a ésta; es una época de expansión y superproducción, de royalties y secreto (por el espionaje industrial), y de búsqueda de mayor rentabilidad y abaratamiento de los productos.

1974-hoy: la ciencia se vuelve tecnología industrial y electrodomésticos que aseguran el bienestar. Pero ahora los científicos propagan ideas ecologistas y de respeto a la Naturaleza y sus recursos, recordando a los gobiernos que un abuso de la ciencia y de la producción puede generar catástrofes irreversibles; así, se ha creado la conciencia de

[31] Respecto a este último epígrafe, muchos de sus datos han sido tomados del capítulo X, vol. 2 de la obra citada de John Bernal, así como del artículo de Douglas McKie titulado «Ciencia y tecnología», capítulo IV del vol. XII de la *Historia del mundo moderno* de la Universidad de Cambridge, editada en Barcelona por Sopena, 1978.

que los accidentes en las centrales nucleares, los problemas con la capa de ozono de la atmósfera, la lluvia ácida, la deforestación de la Amazonia, el cambio climático, etc., nos afectan a todos.

De algún modo, esa actitud crítica es también la función social e intelectual de los historiadores en general, y de los historiadores de la ciencia en particular; recordar de qué procedemos, estimular con el ejemplo de los que nos ayudaron a avanzar, observar el presente y sus cambios, mirarlo todo con ojos críticos (no negativos), hacer la interpretación de los hechos que estudiamos y mostrar los caminos que los científicos han abierto hacia el futuro.

En todo ello, conviene que no se olvide lo que hace casi 100 años decía A. J. Balfour: «Son los científicos los que están cambiando el mundo, y nadie parece darse cuenta. Los políticos no son más que el volante que gobierna las ruedas, pero los científicos son la potencia motriz».

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

Como complemento a lo antes expuesto, es obligado incluir unas referencias bibliográficas que permitan al lector profundizar en uno o varios de los aspectos referidos antes. No obstante, para que esta bibliografía sea eficaz debe ser sencilla y asequible, a la vez que de probada valía de tipo histórico y científico. Por eso se ha procurado que los libros citados hayan sido editados en España o en Hispanoamérica, que estén en español o hayan sido traducidos al castellano, y que se puedan encontrar fácilmente en las librerías y bibliotecas de nuestro país. Además, no se pretende dar una bibliografía exhaustiva, sino más bien orientativa, que ayude a profundizar en los diversos temas y asuntos expuestos a lo largo de este libro.

La historia de la ciencia en España, Europa y América cuenta con una numerosa cantidad de publicaciones, bien sea en forma de libros, bien en forma de artículos de investigación. También son numerosos los estudios y trabajos sobre la aparición, recepción, y difusión en nuestro país de los conocimientos científicos, e incluso sobre descubrimientos y trabajos de esta índole realizados en España. Sin embargo, puede decirse con propiedad que en la producción bibliográfica española no existe ninguna síntesis que relacione entre sí los tres espacios geográficos arriba señalados, por lo que este libro es una de esas pocas obras que buscan tan interesante objetivo: la interrelación científica entre el Nuevo y el Viejo Continente.

En España, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas planeó en 1985 realizar esta misma labor. Por eso estableció un Programa Movilizador para trabajar sobre «Relaciones científicas y culturales entre España y América»; fruto de ese plan fueron los tres volúmenes editados por el CSIC en 1989, que aparecieron con el título *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica.* Según explica en el prólogo el coordinador de la obra, José Luis Peset, en el programa intervinieron más de media docena de institutos del Consejo y otros tantos departamentos universitarios: su esfuerzo quedó plasmado en 81 artículos que versan

sobre temas diversos, aunque la mayor parte tratan sobre la ciencia en una u otra orilla del Atlántico; distribuidos con arreglo a su temática genérica, muchos de ellos son de un alto valor científico e histórico.

El problema de esta obra es que es más una suma o yuxtaposición de estudios que una exposición sistemática de la ciencia hispánica e hispanoamericana y de sus mutuas relaciones; además, el valor evidente de algunos de esos trabajos sólo puede ser apreciado por los expertos y los historiadores de la ciencia, pero no permite al lector culto hacerse una idea de conjunto ni sectorial sobre el alcance de las ciencias en cada época, sobre el nivel de la ciencia española y el de la hispanoamericana, ni sobre el conjunto de las interrelaciones científicas entre el Viejo y el Nuevo Mundo durante los 400 años de presencia española. Todo ello se da por sabido, pues es una obra para expertos.

Si nos fijamos en los libros de divulgación general de la ciencia, dirigidos a un mayor espectro de lectores, existen muchas obras de introducción a los conocimientos científicos, que los hacen asequibles a quienes desean iniciarse en esta temática. Hay bastantes autores, sobre todo en el espacio cultural anglosajón, que se han distinguido por buscar y conseguir el acercamiento del público culto a estos saberes; así como en el siglo pasado Camille Flammarion (1842-1925) se distinguiera por sus obras de divulgación astronómica, en el nuestro es Isaac Asimov (1920-1992) el autor más universalmente conocido: prescindiendo de sus escritos de ciencia-ficción, su libro *El universo* marcó un hito realmente importante en las obras de divulgación de temas científicos, áridos de suyo para quienes no están especializados en ellos; escribiendo para todos los públicos, Asimov creó un modelo que sería después seguido por otros muchos autores y científicos.

El programa de divulgación científica de Asimov no se limitó sólo a transmitir los conocimientos hasta entonces conseguidos por el hombre, sino que se adentró en el proceso de formación y desarrollo de la ciencia: así apareció su *Enciclopedia biográfica de ciencia y tecnología*, editada en España, en 1973, por la *Revista de Occidente*, que trataba de la vida y la obra de casi 1.200 grandes científicos, desde la Antigüedad hasta nuestros días. La redacción de esta meritoria obra le llevó a interesarse por la historia, hacia donde orientó los libros de divulgación que conocemos como *Historia universal Asimov*; desafortunadamente, sus numerosos errores en este nuevo campo atrajeron las mordaces críticas de los historiadores y otros expertos, y Asimov abandonó pronto el campo histórico para seguir dedicándose al científico, en el que ya había conquistado un merecido prestigio como divulgador.

El interés por los temas relacionados con la ecología, cuyos seguidores no sólo se han distinguido por una persistente defensa de la Naturaleza, sino que han creado partidos políticos de implantación diferente en los diversos Estados de Europa, ha permitido una floración de publicaciones escritas y filmaciones

televisivas que han producido en la actual generación una gran curiosidad hacia la ciencia. En este punto, es preciso recordar el profundo impacto que en la sociedad española produjeron los capítulos de los famosos documentales *El hombre y la tierra* y *Fauna ibérica* del doctor Félix Rodríguez de la Fuente, emitidos en TVE desde 1974; anteriormente había colaborado en otra serie, también producida por TVE, que se tituló *El planeta azul.*

Con este contexto, y siguiendo el modelo de Asimov, han ido apareciendo diversas obras de divulgación; en este aspecto se ha distinguido singularmente Carl Sagan con su ya célebre obra *Cosmos*, escrita en 1980 y editada en nuestro país por Planeta en 1982. Pero, mientras que Asimov escribía para todos los públicos, Sagan lo hace para un público más cultivado. No obstante, su éxito editorial en todo el mundo permitió que, en España, la revista *Muy interesante*, dedicada a los temas científicos en general, crease una colección de libros que tituló Biblioteca de Divulgación Científica; sus dos primeros volúmenes fueron *La conexión cósmica*, de C. Sagan e *Introducción a la ciencia*, de I. Asimov; escritas ambas en 1973, fueron editadas en Barcelona por Orbis, en 1985; la colección se interrumpió cuando bajó la demanda en el mercado español.

Para los estudiosos de la historia de la ciencia es ya clásica la *Historia General de las Ciencias*, que dirigiera René Taton; publicada en París, en 1961, apareció en España en 1973, Barcelona, Ed. Destino en cinco gruesos volúmenes. Posteriormente, y en el clima arriba descrito de interés por estos temas, fue editada en volúmenes más pequeños y se vendía en las librerías de los grandes almacenes y tiendas de regalos. Esta obra expone la formación de las diversas ciencias a través del tiempo, mostrando sus logros y avances; pero no señala la formación ni las discrepancias de las diferentes escuelas, ni expresa las repercusiones sociales o económicas de los hallazgos científicos, por lo que viene a ser más cientificista que histórica. Por eso muchos autores la respetan y recomiendan como base, aunque la consideren superada en muchos de sus enfoques.

En contraposición, y en el entorno de los años sesenta y setenta de nuestro siglo tuvo más aceptación, especialmente en los ambientes universitarios, la *Historia social de la ciencia* de John D. Bernal; escrita en 1961 y mejorada en 1964, fue editada en España en 1967, Barcelona, Ed. Península. En aquellos años de crisis de las ideologías y mentalidades, cuyo reflejo histórico fue el mayo francés de 1968, su enfoque marxista tenía mucha aceptación en los núcleos que se autocalificaban como progresistas. Esta interesante y meritoria obra también ha servido de modelo o base para muchos estudios de historia de la ciencia, aunque a veces el modelo ha sido usado de un modo tan dogmático y rígido que ha impedido aceptar otros planteamientos más históricos que cientificistas. Todavía hoy sigue siendo una visión o esquema utilizado de for-

ma demasiado radical e intransigente por muchos investigadores que, por otra parte, son autores ya prestigiados. Por el contrario, una visión cristiana de la ciencia se destaca en el ensayo de Enrique Gutiérrez Ríos, *La ciencia en la vida del hombre*, editado en 1975 por EUNSA en Pamplona.

Entre las obras de tipo general sobre la ciencia y su historia, ya se ha señalado que hay algunos autores a los que se puede considerar «clásicos». Quizás el mejor exponente sea George Sarton, uno de los más importantes historiadores de la ciencia que han escrito en nuestro siglo, especialmente sus artículos —ya citados— en las revistas *Isis*, por ejemplo su «Introduction to the History and Philosophy of Science», en el n.º 4 1921/1922 y *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, así como su obra *A guide to the History of Science*. Más cercanas y asequibles pueden resultar al lector otras obras generales dignas de mención, como son las de A.C. Crombie, *Historia de la ciencia. De San Agustín a Galileo*, Madrid, 1981, y Pierre Thuillier, *De Arquímedes a Einstein. Las caras ocultas de la invención científica*, Madrid, 1989, ambas publicadas por la editorial Alianza.

Fuera ya de las historias generales, tanto a nivel universal como a nivel nacional, son más numerosas —como es lógico— las historias científicas sectoriales, ya que suponen una mayor especialización y proporcionan una visión unitaria en cuanto que suelen ser libros de un solo autor. También en este enfoque abrieron camino los anglosajones desde principios de este siglo, y también aquí se distinguió el ya mencionado Isaac Asimov con su *Breve historia de la Química*, aparecida en 1965. En España han sido traducidas y editadas bastantes obras sobre historia de ciencias sectoriales, aparecidas en otros países a lo largo de los últimos 30 años; así, por poner algún ejemplo, recordemos los libros de Jean Rostand, *Introducción a la historia de la biología*, Madrid, Península, 1979, y de G. Abietti, *Historia de la Astronomía*, Méjico, FCE, 1966. Obras breves ambas, pero serias y bien hechas, de claro contenido.

Por lo que a España se refiere, el tema de la ciencia española ha quedado reflejado en los debates historiográficos como una polémica que se inició como nacionalista, pero que luego se tergiversó como un enfrentamiento ideológico; quienes se creían progresistas acusaban a la Iglesia y a los católicos —a los que tachaban de intolerantes— de haber impedido o, al menos, retardado el desarrollo, implantación y crecimiento de la ciencia en España. Una buena exposición de estos hechos y su trasfondo se encuentra en el libro, ya clásico, de Ernesto y Enrique García Camarero, *La polémica de la ciencia española*, aparecido en Madrid en 1970.

Relacionados con ese enfrentamiento ideológico mencionado están los trabajos acerca de la recepción del darwinismo en España, así como los que tratan sobre la enseñanza en nuestro país y el surgimiento de la Institución Libre de Enseñanza; entre los más representativos deben destacarse el de Luis Arnaldich,

El origen del mundo y del hombre según la Biblia, de 1957, y los de Diego Núñez Ruiz, *El darwinismo en España*; y Thomas F. Glick, *Darwin en España*; estos dos últimos de 1977. Sobre el segundo aspecto, deben señalarse los de Vicente Cacho Viu, *La Institución Libre de Enseñanza*, Madrid, 1962, y M.ª Dolores Gómez Molleda, *Los reformadores de la España contemporánea*, Madrid, 1966, así como el estudio de José Luis Martínez Sanz, «Replanteamiento histórico sobre la oposición al Marqués de Orovio», en *Segundo coloquio sobre la Historia de La Rioja*, Logroño, 1985.

Al margen de aquella absurda polémica, que alguno parece empeñarse en querer resucitar en nuestros días, no se puede decir que haya una verdadera historia general de la ciencia en España hasta que Juan Vernet Ginés publicó en 1975 su *Historia de la ciencia española*, que ha venido a ser la obra de base e iniciación para todos los que aquí nos hemos dedicado a estos estudios, y que constituye ya un libro clásico y magistral de referencia. En él debe destacarse, de manera singular, lo que a la Edad Media se refiere: sobre ese período, y particularmente sobre la ciencia andalusí, Vernet es un especialista consumado y no parece haber sido superado aún por nadie.

Una visión más breve y genérica de la ciencia española moderna y contemporánea, pero rigurosa y atrayente, es la de un pequeño libro de J.M. López Piñero, Pedro Gónzalez Blasco y José Jiménez Blanco, *Historia y sociología de la ciencia en España*, Madrid, Alianza, 1979; es particularmente interesante el prólogo, donde López Piñero propone un cambio de metodología para el estudio de la ciencia hispana frente a las polarizaciones de los panegiristas y los críticos. Aunque más lejano en el tiempo, resulta verdaderamente revelador para comprender el ambiente inicial y la carencia de una verdadera política científica sería, un libro de José Rodríguez Carracido, escrito en 1917, titulado *Estudios histórico-críticos de la ciencia española*. Junto con el anterior, podrían ambos servir muy bien de introducción a estos ámbitos del saber, así como de enlace entre la polémica de la ciencia española y los posteriores trabajos acerca de la ciencia en España.

Entre estos últimos, conviene destacar la labor y las publicaciones que han realizado dos tratadistas de la historia de la ciencia en España, especialmente en lo que a medicina se refiere. Uno es Pedro Laín Entralgo, autor ya en 1943 de unos *Estudios de Historia de la Medicina*, que iniciaban su camino en este tipo de trabajos y que culminaron en 1954 con su *Historia de la Medicina moderna y contemporánea*. El segundo es José M.ª López Piñero; tras colaborar con Laín en *Panorama histórico de la ciencia moderna*, 1963, publicaba en 1964 su interesante obra *Medicina y sociedad en la España del siglo XIX*, en la línea de la obra de J. Bernal arriba mencionada, y en 1966 el interesante estudio «La introducción de la ciencia moderna en España», en *Revista de Occidente*, n.º 35, vol. XII.

El lector hispano interesado en este ámbito no debe olvidar que López Piñero junto con Mariano Peset Reig y Luis García Ballester editaron en 1973 dos volúmenes titulados *Bibliografía histórica sobre la ciencia y la técnica en España*, que suponen el principio referencial para cualquier tipo de estudios sobre ciencia española, tanto en general como para investigaciones concretas sobre campos específicos. Esta obra puede tomarse como el primer libro a manejar para quien desee acercarse a los temas de historia de la ciencia.

En lo que respecta a la creación o recepción de la ciencia en España y su influjo en nuestra sociedad, puede decirse que es un tema que ha pasado de ser poco conocido, tan sólo al alcance de especialistas y eruditos a tener un mayor interés social, por lo que son ya bastantes las obras que están apareciendo sobre tan interesante temática. Hasta ahora se tomaban como referencia obligada sobre estos temas la *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, los *Anales de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, o el *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Actualmente contamos, además, con la revista *Llull*, que edita la Sociedad Española de Historia de las Ciencias, así como con otras revistas de divulgación histórica, científica o de pensamiento, *Historia 16, Cuadernos hispanoamericanos, Muy interesante, Sistema, Debats*, etc. en las que los temas científicos o de historia de la ciencia comienzan a aparecer, con verdadero interés por parte de sus lectores.

En este ámbito, ya en 1964 veían la luz en Madrid dos importantes obras de José M.ª López Piñero, que iniciaba así un fructífero camino, La *influencia de la ciencia y de la técnica en la historia de España*, y *Medicina y sociedad en la España del siglo XIX*; estos trabajos serían completados en 1969 con la *Introducción de la ciencia moderna en España*, publicada por la barcelonesa editorial Ariel. A partir de ese momento, y gracias a su influencia y la de Laín, fueron apareciendo progresivamente trabajos sobre temas científicos. Entre los más recientes, y acerca de los avatares de la física en nuestro país, puede consultarse la obra de Antonio Moreno González, *Una ciencia en cuarentena. La Física académica en España, 1750-1900*, Madrid, CSIC, 1988. Como éste, hay otros múltiples ejemplos, que no es necesario detallar aquí, ya que ésta es una bibliografía orientativa, pero no exhaustiva.

Acerca de la introducción, que trata del papel de la ciencia, hay una abundante bibliografía. Entresacando algunos títulos, es recomendable la lectura del libro de John Ziman, *Dimensión social de la ciencia y dimensión científica de la sociedad*, Madrid, Alianza, 1981, un clásico entre los que estudian los factores externos de la ciencia, impulsados por el deseo de analizar en profundidad la estructura de las teorías científicas utilizando técnicas analíticas y lógicas. La misma editorial ha publicado otras obras de este autor, entre las que destacan *El conocimiento público. La dimensión social de la ciencia*, escrito en 1968 a raíz de

la brecha que abriera Kuhn, *La fuerza del conocimiento*, 1976, y *La credibilidad de la ciencia*, 1978.

Esta temática, tan importante a finales de los setenta y principios de los ochenta, impulsó en esa línea la producción editorial española; así, esa misma editorial publicaba también las obras de Marx. W. Wartofsky, *Introducción a la filosofía de la ciencia*; Wolfgang Stegmuller, *La concepción estructuralista de las teorías*; los de Imre Lakatos, *Matemáticas, ciencia y epistemología* y *Pruebas y refutaciones*. Todos ellos están llenos de esa preocupación por la epistemología o teoría sobre el conocimiento y su posterior formulación, que en aquellos años era uno de los temas de mayor interés. Sin embargo, el más interesante y que originaría una fructífera polémica a mediados de la década de los setenta fue el de John Losee, *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*.

En lo que se refiere al momento mismo del descubrimiento, así como a las circunstancias que en ese instante se produjeron, hay muchas obras y estudios; al margen de otras, muy meritorias, debe recordarse la que editó el madrileño Colegio de Doctores y Licenciados como fruto de las conferencias que allí impartieron conocidos especialistas, *Descubrimiento y fundación de los reinos de Indias (1475-1560)*, Madrid, Col. de Doctores y Licenciados, 1988. El desconcierto y estupor que se produjo entre los indios ante aquel mundo nuevo que llegaba a su tierra, así como el posterior fenómeno de aculturación, ha sido muy estudiado, tratado y debatido a lo largo de los siglos; en esa misma línea está el libro de Anthony Pagden, *La caída del hombre natural: el indio americano en los orígenes de la Etnología comparada*, Madrid, Alianza, 1990.

El capítulo I versa sobre los orígenes de las culturas amerindias e hispánica, así como su estado en el momento del descubrimiento. Respecto a esa temática, la sociedad estatal española «Quinto Centenario» ha realizado un gran esfuerzo editorial, y a eso se debe la proliferación de este tipo de obras que vemos actualmente en el mercado librero de nuestro país. Así, entre esas obras se encuentran aquellas que usaba Colón para documentarse sobre su teoría geográfica y sobre su viaje; así el *Imago mundi* del cardenal Pedro d'Ailly, que le sirvió de argumento de autoridad para sus teorías cosmográficas; el *Libro copiador de Cristóbal Colón*, que contiene la correspondencia del almirante con los Reyes Católicos, ahora depositada en el Archivo de Indias; y, finalmente, el *Libro de Marco Polo*, con las anotaciones autógrafas del mismo Colón.

Sobre el tema de la persona de Colón, su origen y el origen de su idea o convicción sobre la nueva ruta del oeste hacia China y Japón, se ha derramado ya demasiada tinta. Sin embargo, una de las últimas teorías serias, y de las mejor cimentadas, es la del profesor Juan Manzano Manzano, recogida en tres de sus obras, *Colón y su secreto, Colón, siete años decisivos de su vida*, y la trilogía *Los Pinzones y el descubrimiento de América*, las tres recientemente editadas por Cultura Hispánica en su colección colombina. No por eso hay que olvidar la mag-

nífica labor que, a finales del pasado siglo —y con motivo del cuarto centenario del descubrimiento de América—, hizo el profesor De Lollis editando los 14 volúmenes de la *Racolta di documente e studi publicati dalla scoperta dell'America, Scritti di Cristoforo Colombo*, Roma, 1892.

Respecto a las técnicas y mejoras náuticas que posibilitaron su viaje, es muy esclarecedora y pedagógica la exposición de Ricardo Cerezo Martínez, «Las Cartas de navegación y los conocimientos náuticos», que se encuentra en el antes mencionado *Descubrimiento y fundación* ... que editó el Colegio de Doctores y Licenciados de Madrid; en el mismo libro, también el de Pablo E. Pérez-Mallaina Bueno, «Los libros de náutica españoles del siglo XVI y su influencia en el descubrimiento y conquista de los océanos», en *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica*, Madrid, C.S.I.C., 1989, vol. 3, p. 457 y ss.

Otros aspectos de la ciencia hispana de la época han sido también objeto de edición por parte de «Quinto Centenario»; así, una reedición actual del libro *Examen Apothecariorum* que, sobre la farmacopea de aquella época, escribiera en 1491 el farmacéutico aragonés Pedro Benedicto Mateo. También es conveniente la lectura del libro, ya clásico, de C. Sanz Egaña, *Historia de la veterinaria española*, Madrid, 1941.

Pero si la meritoria labor editorial de «Quinto Centenario» ha sacado a la luz grandes obras de la ciencia y la cultura españolas, también lo ha hecho con las ciencias y culturas de América. En este sentido ha editado el *Códice Trocortesiano*, también llamado «Códice de Madrid», junto con un libro explicativo de esta obra de la cultura maya que han confeccionado Manuel Ballesteros Gaibrois y Miguel Rivera. Lo mismo ocurre con el *Códice Veitia*, y con 16 códices mejicanos más, hasta ahora dispersos en diversas Bibliotecas y Archivos, incluidos los del Vaticano. Su contenido está adecuadamente reflejado en las obras de especialistas, como las de Román Piña Chan, *Una visión del México prehispánico*, Méjico, UNAM, 1967, la de A. Caso, *El pueblo del Sol*, Méjico, F.C.E., 1953, o la de L. Baudin, en *La vida cotidiana en el tiempo de los últimos incas*, Buenos Aires, Hachette, 1958. Y por lo que al ámbito científico se refiere, debe recordarse el libro de Francisco Guerra, *La medicina precolombina*, que ha sido editado también por «Quinto Centenario» conjuntamente con el I.C.I.

El capítulo II trata del impacto que el descubrimiento de América produjo tanto en el Viejo Continente como en el Nuevo a lo largo del siglo XVI, así como del estado de las ciencias en ese siglo. La editorial «Quinto Centenario» ha publicado el estudio que, sobre el impacto del descubrimiento, ha desarrollado con su peculiar estilo Manuel Ballesteros Gaibrois, *La novedad indiana*, Madrid, 1991. También encontramos idéntico asunto en el trabajo de Lourdes Díaz Trechuelo titulado «La primera visión de América en los descubridores y cronistas de Indias», en *Descubrimiento y fundación*...

«Quinto Centenario» ha publicado las actas de un seminario, celebrado sobre las primeras impresiones que produjo el encuentro de las dos culturas,

con el título *Impacto y futuro de la civilización española en el Nuevo mundo.* Pero no hay que olvidar la cara oscura del encuentro, lo cual es recordado en el estudio de Francisco Guerra, «El intercambio epidemiológico tras el descubrimiento de América», en *Misterio y realidad. Estudios sobre la enfermedad humana*, Madrid, CSIC, 1988. La editorial «Quinto Centenario» ha querido, también, mostrar —por un lado— las culturas que en aquel espacio existían a la llegada de los españoles, y —por otro— el proceso de aculturación subsiguiente que supuso la educación y conversión de los nativos a las mentalidades y creencias de la cultura hispanoeuropea; como ejemplos y exponentes, recordemos el libro de Andrés Ciudad Ruiz, *Las culturas del antiguo Méjico*, y el de Concepción Bravo Guerreira titulado *Misión y civilización en América.* Este último tema ha sido tratado por Pedro Borges Morán, «La primera etapa de la evangelización en América», en *Descubrimiento y fundación...*

En otro orden de cosas, la llegada y consolidación de una nueva sociedad española en aquellas tierras nuevas está recogida en los libros de Richard Konetzke, *América latina II: La época colonial*, Madrid, siglo xxi, 1971, considerado una obra maestra, y de Frank Moya Pons, *Después de Colón. Trabajo, sociedad y política en la economía del oro*, Madrid, Alianza, 1987. En este libro, aunque con perspectiva política y socioeconómica, se trata la formación inicial de la primera sociedad hispana en América, que venía a ser una mera continuación de la vida peninsular. Ésta se halla recogida en el libro de José M.ª Díez Borque titulado *La vida española del Siglo de Oro según los extranjeros*, Barcelona, Serbal, 1990.

El cambio en la visión y concepción de nuestro planeta quedaron reflejados en los escritos mismos de Colón; en este aspecto, es de interés la lectura de sus relaciones, editada conjuntamente por Alianza y «Quinto Centenario» con el título *Textos y documentos completos*, así como *Los cuatro viajes. Testamento.* El ámbito de la exploración de tierras nuevas y desconocidas ha sido completado, en esta labor editorial, con una interesante trilogía de Juan Gil, que lleva el título genérico de *Mitos y utopías del descubrimiento.* A su vez, el impacto producido en Europa está analizado por Manuel Lucena Salmoral, *Descubrimiento de América, «Novus Mundus»*, Madrid, Anaya, 1990, así como por Mario Hernández Sánchez-Barba, «El conocimiento geográfico de América en 1520», en *Descubrimiento y fundación...* En esta línea también, y con un tono divulgativo, está el libro de Germán Arciniegas titulado *Amérigo y el nuevo mundo*, Madrid, Alianza, 1989.

Sobre el aspecto de las ciencias en este siglo, y de la ciencia española en concreto, una de las obras que mejor evidencian ese estado es la del médico palentino renacentista Juan Valverde, *Historia de la composición del cuerpo humano*, que ha sido recientemente reeditada por «Quinto Centenario». Una precisa e interesante exposición de la tecnología de la época se halla en la obra de

David Goodman, *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, Madrid, Alianza, 1990.

Finalmente, el estudio de la llegada a América de la ciencia europea puede partir del interesante trabajo acerca de las universidades en la América hispana, realizado por Águeda M.ª Rodríguez Cruz, «Colegios y universidades en la fundación de los reinos indianos», p. 359 y ss. Pero es más importante otra obra de esta autora, *Salmantina docet. La proyección de la Universidad de Salamanca en Hispanoamérica*, 3 vols., Salamanca, Universidad de Salamanca, 1977-1989. De igual modo, un sector tan importante para la economía hispana como para su tecnología en América es el de la minería, que queda bien resuelto en el libro de M. Bargallo, *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, Méjico-Buenos Aires, 1955.

El capítulo III, referido a la llamada revolución científica del siglo XVII y sus repercusiones en Europa y América. La ciencia europea, la «ciencia nueva» ha sido muy estudiada, especialmente por la historiografía italiana y británica, aunque es muy escasa en nuestro país. Pero, quienes deseen tener una visión precisa no sólo de la ciencia en este siglo, sino de la sociedad misma y de su universo mental para comprobar qué ideas había aceptado, y cómo las había asimilado e incorporado a su acervo cultural, es necesario el libro de quien es ya un clásico en la historiografía anglosajona: Peter Burke, *La cultura popular en la Europa moderna*, Madrid, Alianza, 1990.

Por lo que respecta a España, es conveniente una lectura sosegada de la obra del hispanista francés Bartolomé Bennassar, *Los españoles*, Barcelona 1976, que recoge interesantes aspectos de sus investigaciones sobre temas hispanos. Nuestro país, además, conoce en este siglo el auge y extensión de la *leyenda negra*, que llega hasta nuestros días: sobre un siglo en el que se atribuye a la Inquisición el origen de todos los males, es bueno consultar la obra de Henry Kamen, *La Inquisición española*, Méjico-Barcelona, 1967; viene a ser un libro clásico entre los muchos que se han escrito sobre ella, especialmente en torno a 1978, año en el que se celebró el quinto centenario de su creación por Sixto IV.

Un libro clave en la historiografía española sobre este siglo fue el de Vicente Palacio Atard, *Derrota, agotamiento y decadencia en la España del siglo XVII*, Madrid, 1956. Lo que este maestro formulaba se vería reflejado con toda crudeza —capaz de sonrojar al lector español— en un estudio sobre la Corte del último rey Habsburgo de España, en el que se muestra una oprobiosa presencia de la superstición y la estupidez con mayor fuerza que la de las altas instancias de la Iglesia, Ronald Cueto Ruiz, *Los hechizos de Carlos II y el proceso de Fr. Froilán Díaz, Confesor real*, Madrid, La ballesta, 1966.

Entre los diversos ámbitos del panorama de la ciencia española del seiscientos, debe tenerse en cuenta *La introducción de la ciencia moderna en España*,

Barcelona, 1969, el ya citado libro de López Piñero. A su vez, L.S. Granjel ha hecho un clarificador estudio sobre *La Medicina española del siglo XVII*, Salamanca, 1978; en esta línea, es también interesante el enfoque de Vicente Peset en su artículo «El doctor Zapata y la renovación de la Medicina en España», publicado en la revista *Asclepio*, vol. 12, 1960.

También es de interés la obra de Carla Rahn-Phillips, *Seis galeones para el Rey de España*, editado por «Quinto Centenario» en 1991; en ella se recrea el ambiente material y mental de la España de aquel período, tan crítico desde el punto de vista mental y económico, combinando la tecnología con los estudios sociales, militares y económicos, y se explican los objetivos e intereses que entonces había para mantener y defender el imperio español.

Para el estudio de la sociedad hispanoamericana es necesario tener en cuenta el capítuto titulado «Las Indias en el siglo XVII», escrito por Guillermo Céspedes del Castillo para la *Historia de España y América social y económica* que dirigiera Vicéns Vives, Barcelona, 1972. De igual modo, es conveniente la consulta de otra obra de este mismo profesor, *América Latina colonial hasta 1650*, editada en Méjico en 1976, que proporciona la visión de una verdadera historia social. Un eco en América de los cambios técnicos que se producen en este siglo y en el siguiente, se encuentra en el libro de Manuel Miño Grijalba, *Obrajes y tejedores de Nueva España*, que también ha sido editado por «Quinto Centenario».

El capítulo IV, sobre el «siglo de las luces», ha recibido el poderoso aporte de numerosos estudios e investigaciones. Destaquemos sólo unos pocos libros. Uno de los que marcó un hito al respecto fue el de Paul Hazard, *El pensamiento europeo en el siglo XVIII*, Madrid, Guadarrama, 1958. Sobre estos aspectos, es aconsejable releer nuevamente la obra de Ernst Cassirer, *La filosofía de la Ilustración*, Méjico, 1940, que abrió muchos caminos a la investigación y los debates. Sobre la sociedad de este siglo, sus conocimientos y pensamiento, su mentalidad e instituciones, ha aparecido recientemente una obra que marca un giro en la forma de hacer historia, José Andrés Gallego, *Historia general de la gente poco importante. América y Europa hacia 1789*, Madrid, Gredos, 1991. Por lo que al mundo de las ciencias se refiere, la gran figura clave del siglo se da en el mundo de las ciencias de la Naturaleza: Linneo, profesor de la universidad sueca de Upsala, que es el objeto del libro de Wilfrid Blunt titulado *El naturalista. Vida, obras y viajes de Carl von Linné (1707-1778)*, Barcelona, Serbal, 1982.

Por lo que toca a España, los trabajos de Antonio Domínguez Ortiz, con su libro *La sociedad española en el siglo XVIII*, Madrid, 1955, Vicente Palacio Atard, con *Los españoles de la Ilustración*, Madrid, 1964 y José Antonio Ferrer Benimeli, con *Masonería, Iglesia e Ilustración. Un conflicto ideológico-político-religioso*, Madrid, 1976-1977, 4 vols., han marcado sucesivamente diferentes líneas

para adentrarse en el estudio del siglo XVIII español a través del trabajo sobre la sociedad y la mentalidad que la movía —con los prejuicios, dogmatismo y fobias en ella contenidos—, en vez de poner el acento en el simple cambio de dinastía o en otras causas externas a la sociedad misma.

En aquel mismo siglo ya se producían obras que hoy son consideradas como clásicas a pesar de carecer de una seria actitud crítica; así, la monumental obra de J. Sempere y Guarinos, *Ensayo de una biblioteca de los mejores escritores del reynado de Carlos III*, Madrid, 1785. La influencia de la Ilustración en España y las consecuencias que supuso, es el objeto del conocido libro del hispanista Jean Sarrailh, *La España ilustrada de la segunda mitad del siglo XVIII*, Méjico, 1957. El pensamiento y la ciencia de la España del XVIII ha sido objeto de polémica; frente a autores que muestran que el proceso evolutivo de España en ese siglo es exactamente el mismo que se da en el resto de Europa —así José Antonio Maravall, *Estudios de la Historia del pensamiento español*, Madrid, Mondadori, 1991—, están los críticos, que consideran el XVIII como la gran ocasión perdida por España para modernizarse —como John Lynch, *El siglo XVIII*, Madrid, Crítica, 1991.

En nuestros días, y por haberse celebrado recientemente el segundo centenario (1988) de la muerte de Carlos III, son muchas las obras que han tratado sus hechos más destacables. Pero este tipo de estudios ha tenido sus principales maestros en Vicente Rodríguez Casado —antes se citó su «Política interior de Carlos III», en Simancas, *Estudios de Historia Moderna*, Valladolid, C.S.I.C., 1950— y Vicente Palacio Atard, *La España del siglo XVIII. El siglo de las reformas*, Madrid, U.N.E.D., 1978.

La ciencia en la España del XVIII fue un tema planteado hace años por L.S. Granjel, *Panorama de la ciencia española del siglo XVIII*, en C.H.M.E. n.º 5, 1966. De sus vicisitudes son exponente del estudio de José Luis Peset y Antonio Lafuente, «Ciencia ilustrada e Historia de la ciencia», en *Actas del I Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias*, Madrid, 1980, y la obra de Antonio Moreno González, *Una ciencia en cuarentena. La Física académica en España (1750-1900)*, Madrid, C.S.I.C., 1988. Más importante es el planteamiento de si considerar el mundo de la ciencia como un ámbito más de las reformas políticas es una auténtica visión de Estado o es, por el contrario, el nacimiento de una verdadera actitud ecológica durante la Ilustración; a este respecto, véase el libro de Luis Urteaga, *La tierra esquilmada: la conservación de la naturaleza en la cultura española del siglo XVIII*, Barcelona, Serbal, 1987.

La política científica, y sobre todo su valoración, son las que mayores polémicas han levantado. Prescindiendo de éstas, que sólo interesan a los historiadores, el lector puede acceder a los datos y hechos que conforman la política y la realidad científicas de aquel siglo. Una buena aproximación general al tema se halla en la obra, antes mencionada, de José M.ª López Piñero, *La Introduc-*

ción de la ciencia moderna en España, Barcelona, Ariel, 1969. En temas sectoriales, recuérdese el libro de Francisco Javier Puerto Sarmiento, *La ilusión quebrada. Botánica, sanidad y política científica en la España ilustrada*, Barcelona, Serbal, 1988; en él muestra cómo el Jardín Botánico de Madrid se convirtió en el epicentro de los planes de renovación sanitaria, de conocimiento de la naturaleza española y ultramarina, y de aprovechamiento de la flora hispánica. En la misma línea está el de M.ª Ángeles Calatayud Arinero, *Pedro Franco Dávila y el Real Gabinete de Historia Natural*, Madrid, C.S.I.C., 1988.

Otra consecuencia o aspecto de la política científica ilustrada en España se evidencia en la cuestión de la enseñanza. Sobre este asunto han corrido ríos de tinta; destaquemos la obra de los hermanos Peset Reig, *La universidad española (siglos XVIII y XIX). Despotismo ilustrado y revolución liberal*, Madrid, 1974. En un panorama de universidades teóricas, merece recordarse la línea experimental de Valencia, que recuerda A. Ten, «La ciencia experimental en la universidad española de la Ilustración: el Laboratorio químico de la Universidad de Valencia», en *Asclepio* n.º 37, 1985. Es también revelador el trabajo de F. Aguilar Piñal, *Plan de estudios para la Universidad de Sevilla por Pablo Olavide*, Barcelona, Cultura Popular, 1969; en él, además del Plan de Olavide completo, hay un buen estudio introductorio de este autor. Un medio de reformas en la enseñanza fue la creación de otro tipo de centros, lo que se refleja en el libro de H. Capel, J.E. Sánchez y O. Moncada, *De Palas a Minerva: la formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Barcelona, Serbal, 1988.

Uno de los hechos que supuso un aldabonazo en la administración española, e impulsó su política científica, está bien pormenorizado y descrito en el estudio de Antonio Lafuente y Antonio Mazuecos, *Los caballeros del punto fijo. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII*, Barcelona, Serbal CSIC, 1987. Este viaje de españoles junto con sabios franceses a la América hispana brindó a los ilustrados la idea de enviar allí expediciones solamente (que aquí son tratadas en otro capítulo). A la vez, ciertos pujos de política de prestigio apoyan la creación del Real Gabinete de Historia Natural, lo que se evidencia en el libro de M.ª Ángeles Calatayud, *Pedro Franco Dávila y el Real Gabinete de Historia Natural*, Madrid, CSIC, 1988.

La llegada y repercusión de la Ilustración en América se hallan, a su vez, recogidas en el libro de M.ª Ángeles Eugenio Martínez, *La Ilustración en América*, Madrid, Anaya, 1990, y en el arriba mencionado de Manuel Miño Grijalba, *Obrajes y tejedores de Nueva España*, que publicó «Quinto Centenario».

El capítulo V se refiere a las expediciones ilustradas, tanto las de la corona española como las enviadas por otros Estados a lo largo del espacio americano y de las zonas cercanas o con él relacionadas. Desde un punto de vista general,

hay dos obras asequibles, instructivas, y de amena lectura; una es el libro *La conquista de la Tierra*, cuya redacción se distribuyó por épocas entre Juan Maluquer de Motes, Juan Vernet Ginés, Francisco Esteve Barba, Mario Hernández Sánchez-Barba, Tomás Vidal y Pedro Darnell, y que fue editado en 1970 conjuntamente por Salvat, Alianza y RTV; la otra, un libro más antiguo y ya clásico sobre este tema, es el de René Sedillot, *Historia de las colonizaciones*, Barcelona, Aymá, 1961.

Entre todas las expediciones extranjeras, el mundo anglosajón ha propagado en sus libros la figura del capitán Cook. En España se ha editado una obra, escrita por varios autores, *Los viajes del capitán Cook (1768-1799)*, Barcelona, Serbal, 1985. También pueden consultarse los libros de J.F. de la Bodega y Cuadra, *El descubrimiento del fin del mundo (1775-1792)*, Madrid, Alianza, 1990, y una reedición, hecha por Serbal en 1991, de la obra de Mungo Park, *Viaje a las regiones interiores de África (1795-1805)*. Al margen de los viajes del capitán Cook, una de las más importantes y decisivas expediciones es la del barón von Humboldt a la América española a finales del siglo. Estudiada en muchas obras, ha servido de modelo e incentivo a muchos trabajos de esa índole. Una aproximación al tema es el libro de Douglas Botting, *Humboldt y el cosmos. Vida, obra y viajes de un hombre universal (1769-1859)*, Barcelona, Serbal, 1981.

Respecto a los viajes y exploraciones españoles, ya ha quedado señalado el gran interés del libro de M.ª Ángeles Calatayud Arinero, *Catálogo de las expediciones y viajes científicos españoles. Siglos XVIII y XIX*, Madrid, CSIC, 1984; basado en la documentación del madrileño Museo Nacional de Ciencias Naturales, es de evidente ultilidad para iniciarse en el estudio e investigación de las expediciones enviadas por la corona española, así como para bucear en algunos de sus expedientes más ilustradores. A su vez, basado en la documentación del Botánico madrileño, hay un trabajo similar de Francisco Pelayo, «Los fondos documentales americanistas del XVIII existentes en el Archivo del Real Jardín Botánico (Madrid)», en *Ciencia, vida y espacio...*, vol. I.

A este propósito, hay que señalar que han sido editados algunos de esos expedientes, de verdadera importancia por mostrar el nivel de la ciencia española en alguna de sus ramas, así como la puesta en práctica de algunas cuestiones de política científica. Entre ellos, un acierto de la editorial «Quinto Centenario», realmente interesante para quienes trabajan sobre historia de la ciencia española, así como para los naturalistas y estudiosos de la Botánica, resulta la *Instrucción sobre el modo más seguro de transportar plantas vivas*, que escribiera Casimiro Gómez Ortega, director del Jardín Botánico de Madrid, para los botánicos de las expediciones que la corona enviaba en el siglo XVIII.

Estas expediciones han sido, en España, objeto de numerosas conferencias, estudios y publicaciones; así, por ejemplo, el pasado año hubo varias conferencias sobre este tema en el Ateneo de Madrid, cuyo texto se publicó in-

mediatamente; Alejandro R. Díez Torres y otros, *La ciencia española en Ultramar*, Aranjuez, Doce Calles, 1991. De igual modo, la prestigiosa *Revista De Indias*, que fundara Antonio Ballesteros Beretta, dedicó a este tema todo un volumen, el XLVII, 2, 1987, que apareció con el subtítulo de «Ciencia y contexto histórico nacional en las expediciones ilustradas a América». En este volumen no sólo se explican y repasan las expediciones de mayor interés y transcendencia, sino que se plantean cuestiones epistemológicas sobre las mismas, preguntándose si se hacían expediciones o más bien ciencia de las expediciones, así, A. Guirao De Vierna, aplicándoles una visión antropológica al definirlas como *potlach*, según lo que ya se explicó en la nota 15 del capítulo I, F. del Pino, o incluso tomando modelos para su análisis, F. Monge.

Una de las primeras expediciones, la del alumno de Linneo al servicio de España, ha sido estudiada por Francisco Pelayo López, *Perh Löfling y la expedición al Orinoco (1754-1761)*, editada por «Quinto Centenario». Por su parte, Arthur R. Steele ha publicado un exhaustivo estudio sobre la expedición Ruiz-Pavón, *Flores para el rey. La expedición de Ruis y Pavón, y la Flora del Perú*, Barcelona, Serbal, 1982. Por su parte, «Quinto Centenario» ha reeditado dos obras del botánico Hipólito Ruiz, sus *Disertaciones sobre la raíz de la ratania*, y el más famoso y conocido *Quinología, o tratado del árbol de la quina o cascarilla*; éste se complementa con el de J.C. Mutis sobre el mismo tema, *El arcano de la quina*. Sobre la expedición de Mutis, ha editado también un estudio de José Antonio Amaya, *Celestino Mutis y la expedidición botánica*. Lo mismo ha hecho Cultura Hispánica con la publicación a todo color de las láminas de la expedición de José Celestino Mutis, con el título *Flora de Mutis*, y con la de Félix de Azara, *Descripción general del Paraguay*. La expedición de Sessé ha sido objeto también de un estudio de Xavier Lozoya, *Plantas y luces en Méxido. La real expedición científica a Nueva España (1787-1799)*, Barcelona, Serbal, 1984.

Por su parte, la editorial «Quinto Centenario» ha publicado el año pasado el interesantísimo, y casi olvidado, manuscrito de Malaspina, con un estudio preliminar de Manuel Lucena Giraldo y Juan Pimentel Igea, *Los «Axiomas políticos sobre la América» de Alejandro Malaspina*. En la misma editorial ha aparecido, también, un catálogo con el título *La Botánica en la expedición Malaspina*. Una visión diferente sobre la expedición de este italiano al servicio de España es la de Virginia González Claverán, *Malaspina en Acapulco*, Madrid, Turner, 1989; en este libro, además de los temas de geografía, antropología e historia natural, se mezclan con temas de arte, y (¡una vez más!) se muestra cómo Inglaterra trataba mejor a Cook que España a hombres como este italiano, cuyas aventuras y aportaciones fueron comparables a las de aquél.

La «Comisión científica al Pacífico», el último esfuerzo realizado por España —ya en el XIX— en favor de la ciencia, pero con utilidad diplomática (la famosa política de prestigio), ha sido estudiada por Robert R. Miller en *Por la*

ciencia y la gloria nacional. La expedición científica española a América (1862-1866), Barcelona, Serbal, 1984; también Miguel A. Puig Samper, *Crónica de una expedición romántica al Nuevo mundo. La Comisión científica del Pacífico (1862-1866)*, Madrid, CSIC, 1988. En ambos trabajos sus autores han utilizado, además de la documentación oficial y administrativa, algunos *Diarios* de los que tomaron parte en aquella expedición.

Finalmente, los frutos más notables de tantos esfuerzos y trabajos, bien sea por parte de la corona española —y otros Estados europeos— a través de las expediciones allí enviadas, bien sea por parte de los misioneros, naturalistas y científicos de todos estos siglos, ha sido el objeto del breve estudio de Miguel Ángel Martínez en su libro *Contribuciones iberoamericanas al mundo. Botánica, Medicina, Agricultura*, también editada por «Quinto Centenario».

El VI y último capítulo versa sobre el progreso y avances de la ciencia en el siglo XIX, y muestra también la desvinculación que se produjo en ese siglo entre la metrópoli española y los nuevos Estados de ella desgajados. Entre las obras más destacables, conviene recordar dos aparecidas en la madrileña editorial Alianza: la de Michael Ruse, *La filosofía de la Biología*, 1979, cuya edición original es de 1973 y la de William Berkson, *Las teorías de los campos de fuerza. Desde Faraday hasta Einstein* 1981, más interesante, pero también de lectura más difícil.

Sobre el darwinismo se han escrito muchas obras. El lector español debe tener en cuenta que, en 1982, año del centenario de la muerte del naturalista británico, la revista barcelonesa *Anthropos. Boletín de información y documentación*, n.^{os} 16-17, dedicó un número monográfico al tema del darwinismo en España. En él, además de interesantes artículos, hay una muy buena selección bibliográfica española sobre Darwin y su doctrina, tanto para defenderla como para impugnarla, desde 1853 hasta 1982. Algunos de ellos son poco conocidos, aunque forman parte de las obras capitales sobre este tema: Joaquín Templado, *Historia de las teorías evolucionistas*, Madrid, Alhambra, 1973, y Emiliano Aguirre y otros, *La evolución*, Madrid, BAC, 1976. Una obra interesante, pero muy controvertida, es el libro de Alan Morehead, *Darwin: la expedición en el Beagle (1831-1836)*, Barcelona, Serbal, 1980. Acerca de la llegada a España de las doctrinas del naturalista inglés y la subsiguiente problemática que suscitó, hay dos libros también clásicos a pesar de haber sido objeto de matizaciones y críticas diversas: Diego Núñez Ruiz y otros, *El darwinismo en España*, Madrid, Castalia, 1977 y Thomas F. Glick, *Darwin en España*, Barcelona, Península, 1982.

Conectadas con la teoría de la evolución, había otras ciencias que por ello sufrieron controversias y prejuicios antes de consolidarse. Véase el libro de Horacio Capel, *La física sagrada: creencias religiosas y teorías científicas en los orígenes de la geomorfología española*, editada por la editorial barcelonesa Serbal. Respecto a otras cuestiones sobre el estado de la ciencia española en el siglo XIX, su es-

tudio debería iniciarse por las oportunidades perdidas y en el abatimiento de principios de siglo. Así se resalta en el libro de Rafael Huertas García-Alejo, *Orfila, saber y poder médico*, Madrid, C.S.I.C., 1988. Otros temas a abordar se hallan en la temprana obra de José M.ª López Piñero y otros, *Medicina y sociedad en la España del siglo XIX*, Madrid, Moneda y Crédito, 1964.

También en el siglo XIX hubo expediciones de cierta importancia geográfica, como ya quedó dicho; casi todas han sido objeto de estudio por sus diferentes aportaciones científicas. Así, el de Eric Linklater, *El viaje del Challenger (1872-1876)*, Barcelona, Serbal, 1982, repasa los datos oceanográficos, meteorológicos y biológicos de la expedición que, dirigida por G. Nares y C.W. Thompson, recorrió más de 150.000 kilómetros por los océanos Atlántico, Pacífico, Índico y Ártico.

Sobre el último epígrafe del capítulo, que marca el giro hacia nuestro siglo, son de particular interés algunas reediciones de libros ya clásicos, como el de Albert Einstein y otros autores, *La teoría de la relatividad*, Madrid, 1967. También es particularmente esclarecedora la obra de Víctor F. Weisskopf, *La Física en el siglo XX*, Madrid, Alianza, 1990, en la que el autor explica cuáles han sido los cambios decisivos que se han producido en esta disciplina, y cuál ha sido su transcendencia. Hay otras obras que reflexionan sobre la aplicación de las teorías de la física moderna a los nuevos descubrimientos de la ciencia, como el de Norwood R. Hanson, *Constelaciones y conjeturas* y el de Thomas S. Kuhn, *La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica*, aparecidos ambos en la editorial Alianza hace ya más de diez años.

Al margen de la labor editora de «Quinto Centenario», las editoriales Alianza de Madrid y Serbal de Barcelona se han distinguido, singularmente, por prestar a las ciencias una atención tan grande como la que se utiliza con las letras, cuyos libros son de mayor difusión —por ser más fácilmente asequibles al público— y permiten una mayor seguridad en el riesgo de tipo económico que tiene toda empresa editorial. Entre sus más recientes publicaciones deben reseñarse las de J.S. Bell, *Lo decible y lo indecible en mecánica cuántica*; A.G. Cairns-Smith, *Siete pistas sobre el origen de la vida*; Bernard Cohen, *El nacimiento de una nueva Física*; Stephen W. Hawking, *Historia del tiempo* (este último autor, como es sabido, está considerado como el mejor físico de nuestros días); I. Prigogine y I. Stengers, *Entre el tiempo y la eternidad*; y la de Francisco Ynurain, *Mecánica cuántica relativista*. También en nuestro siglo se han producido expediciones; así, puede consultarse el libro de Daniel Behrman, *Asalto a lo desconocido. La expedición internacional al Océano Índico (1959-1965)*, Barcelona, Serbal, 1984.

En nuestro siglo, la ciencia ha sido prostituida (más que simplemente utilizada) en contra del hombre mismo, dándole una finalidad mortífera y militar. Es más, es bien conocido que las necesidades militares han impulsado la inves-

tigación más que las compañías de producción de bienes de uso y consumo; así, desde los gases asfixiantes (iperita) a la guerra de las galaxias, pasando por todo tipo de bombas (atómicas y de neutrones). Esto ya fue formulado brillantemente por Roy McLeod en su artículo «Las relaciones sociales de la ciencia y la tecnología, 1914-1939», en el vol. 5 de la obra de Carlo Cipolla, *Historia económica de Europa*, Barcelona, Ariel, 1982. Posteriormente apareció un estudio referido exclusivamente al maridaje de científicos y militares; realizado por diversos autores, tuvo como compilador y coordinador a Joseph Roblat, *Los científicos, la carrera armamentística y el desarme*, Barcelona, Serbal, 1984.

El lector preocupado por el problema ecológico de la evolución o supervivencia de nuestra vida y culturas en el futuro, problema que ya entreviera I. Asimov en su obra *Las amenazas de nuestro mundo*, debe iniciarse en esta temática partiendo de una realidad objetiva, como es la degradación de la Naturaleza que producen la industria y la forma de vida humana. Así, por ejemplo, el estudio de Max Nicholson, «Economía, sociedad y medio ambiente (1920-1970)», en la obra colectiva que dirige Carlo M.ª Cipolla, *Historia económica de Europa*, vol. 5, «El siglo xx», Barcelona, Ariel, 1982. Sólo entonces se puede dar ya el salto hacia la visión científica previsible del futuro; a este respecto, es reveladora la obra del profesor Dougal Dixon, *Después del hombre. Una zoología del futuro*, en la que este paleontólogo especializado expone que, con arreglo a los principios evolucionistas, dentro de 50 millones de años el hombre se habrá extinguido, al igual que la mayoría de las actuales especies, que algunos continentes se habrán desplazado a otras zonas climáticas, y que nuevas formas de vida animal ocuparán la Tierra.

ÍNDICE ONOMÁSTICO

Abbe, 275, 282.
Abd-el-Kader l'Adjar, 332.
Abderramán III, 94.
Achúcarro y Lund, 313.
Acosta, José de, 78, 131.
Addison, 144.
Adeva, 198.
Aguilera, Juan de, 124.
Ailly, Pedro de, 71.
Al-Gazal, 38.
Alberto I, 309, 329.
Alcalá Galiano, 187, 203.
Alcázar, Bartolomé, 127.
Alcudia, conde de, 129.
Alejandro I, 199, 302.
Alejandro VI, 70.
Alfonso VI, 32, 94.
Alfonso X, 35, 36, 39, 40.
Alhacén, 34.
Almagro y Vega, 328, 329.
Alonso Barba, Álvaro, 133.
Alonso de Herrera, Gabriel, 121.
Alonso Niño, Pero, 74.
Alonso, Francisco, 199.
Alsinet, 199.
Altum, 282.
Alva Ixtlilxóchilt, Fernando de, 79.
Alzate y Ramírez, José Antonio, 187, 204, 206, 259.
Amar de la Torre, 198, 305.
Amo y Mora, 311.
Amor y Mayor, 328.
Amundsen, 324, 326.
Anderson, 337.
Andosilla, padre, 127.
Andújar, Francisco de, 203.
Aníbal, 28.
Anson, 220.
Antillón, Isidoro, 189.
Arago, Dominique François, 188.
Aranda, conde de, 189.
Archer, Miguel, 189.
Arias Montano, 236.
Arias, farmacéutico, 309.
Aristóteles, 34, 71, 76, 85, 101, 111, 154, 155.
Ariza, 312.
Arkwright, Richard, 168.
Arriaga, Rodrigo de, 122.
Artigas y Teixidor, 322.
Asso, 195.
Avempace (Ibn Bayya), 38.
Avenzoar, 38.
Averroes, 38, 187.
Avicena, 84.
Azara y Perera, 195, 200, 205, 246.
Babbage, 292.
Bacon, Roger, 34.
Bada, J., 23.
Badiano, 235.
Baeyer, 279.
Bailly, 273.
Bails, Benito, 186.
Baker, 323.
Balcells Pascual, 303.
Balfour, 338.
Ball, J. W., 50.
Balmis y Berenguer, 198, 205, 206, 231.

Baltimore, lord, 136.
Banks, 224.
Barco, Miguel del, 78.
Barnades y Palau, 194, 205, 247.
Bartram, 205.
Bauhin, Gaspar, 112.
Bayle, 143.
Beaud, 293.
Beaumont, 198, 283, 306.
Becquerel, 334, 335.
Beheim, Martin, 71.
Bell, 297.
Bellingshausen, 325.
Benavente Motolinía, Toribio de, 79.
Benedetti, 108.
Benedicto Mateo, Pedro, 40, 83.
Bennassar, B., 135.
Bennett, Wendell, 46.
Bentham, 282.
Benz, 296.
Berg, duque de, 253.
Bering, 23, 25, 61, 223, 224, 227, 228.
Bernal, John D., 14, 19-21, 31, 34, 75, 99, 117, 148, 180.
Bernard, 142, 158, 286.
Bernoulli, 217.
Berthelot, 277.
Berthollet, Claude Louis, 156, 296.
Berthoud, 223.
Berzelius, 204, 277.
Bessemer, 280, 295.
Bethencourt, 199, 200, 316.
Bhertolon, abate, 161.
Bichat, Xavier, 162, 286.
Biot, Jean Baptiste, 188.
Biscoe, 226, 325.
Blanchard, 154.
Blasco, Vicente, 176.
Blayau, 172.
Boas, Franz, 52.
Boerhhave, Hermann, 161.
Bohr, 337.
Boileau, 111.
Boldó, 265.
Bolívar y Urrutia, 308.
Boltzmann, 278.
Bombast von Hohemheim, Teofastro, 84.
Bonaparte Napoleón, 151.
Bonaparte, José, 254.
Bonelli, 332.
Bonet, Juan Pablo, 126.
Boole, 275.
Borda, 217.
Borges Morán, 88.
Born, 191, 204.
Bosch Gimpera, Pedro, 43.
Bosch y Fustegueras, 302.
Botella y Hornos, 306.
Bougainville, 222, 223, 238, 261.
Bouguer, Pierre, 150, 213.
Bourguignon D'Anville, 212, 213, 224.
Bourn, D., 168.
Bowles, William, 182, 191, 197.
Boyle, Robert, 110, 118, 191.
Bradley, James, 150, 187.
Bravo de Sobremonte, Gaspar, 125.
Bravo Murillo, 305, 315.
Brazza, 323.
Briggs, 116, 123.
Broca, 329.
Brunete, José, 244.
Bruni, 229.
Brunner, hermanos, 303.
Buache, 258.
Buchan, 224.
Buen y del Cos, 308.
Buffon, 147, 160, 161, 183, 195.
Bulton, Matthew, 167-169, 293.
Buridán, 34.
Burton, 323.
Bustamante y Guerra, 204, 254, 255.
Busto, Gonzalo de, 122.
Byron, John, 221.
Cabeo, Niccolo, 110.
Caboto, Juan, 135.
Caboto, Sebastián, 88.
Cabral, 70.
Cabrera Latorre, 333.
Cabrera y Felipe, 304.
Cabriada, 190.
Cadalso, José, 182.
Cadevall y Diars, 311.
Caldas, 204, 205, 247, 249.
Caldera de Heredia, Gaspar, 126.
Calderón Collantes, 327.
Calderón y Arana, 307, 313, 322, 331.
Calixto III, 70.
Calw, Ulrich von, 91.
Camerarius, 121, 158.

Campomanes, 177.
Camus, 150.
Candolle, Agustín de, 157, 253, 254, 281, 311.
Canellas y Carreras, 188.
Cao, 70.
Capoche, Luis, 79.
Caramuel de Lobkowitz, Juan, 121, 123, 124, 128.
Carangéot, 196.
Carbonell y Bravo, 199, 303, 312.
Cardan, 109.
Cárdenas, Juan de, 78.
Carduchi, Luis, 122.
Carlisle, 276.
Carlos I, 87, 91.
Carlos II, 129, 171, 172.
Carlos III, 173, 175-177, 182, 184, 192, 194, 196, 197, 209, 216, 238, 246, 248, 250, 255, 261, 266, 267, 298, 300, 329.
Carlos IV, 246, 253, 258, 260.
Carlos V, 79, 91, 121, 235.
Carnot, 273, 276.
Carreño, 252.
Carrillo, Alfonso, 87.
Cartailhac, 307.
Carteret, 222.
Cartier, Jacques, 135, 136.
Cartwright, Edmund, 169.
Cases Sirera, 315.
Caso, Alfonso, 53.
Cassini de Thury, 188, 213, 214.
Cassirer, Ernst, 145, 156.
Castellarnau y Lleopart, 276.
Castillo y Armenta, 263.
Castro, 306, 307, 316, 320, 331.
Catalina II, 224, 238.
Cavanilles, 193, 195, 197, 310.
Cavelier de La Salle, René R., 136.
Cavendish, 154, 155.
Ceballos, 262.
Celaya, Juan de, 121.
Celsius, 150, 164.
Cervantes de Salazar, Francisco, 79, 205.
Cervantes, Vicente, 250, 252, 254.
Cervera y Baviera, 332.
Cesalpino, Andrea, 121.
César, 28.
Céspedes, 93, 122.
Chadwick, 337.
Chaix, José, 186, 188.
Champlain, Samuel, 136.
Chappe d'Auteroche, Jean, 150, 187.
Chasles, 301.
Chaucer, Geoffry, 35.
Chaunu, Pierre, 66, 201.
Chavaneau, 190, 197, 204.
Chaves, Alonso de, 78, 88.
Chavín, 26, 42, 46, 54.
Chazelles, 212.
Cheliuskin, 224.
Childe, Gordon, 41.
Chinchón, Ana de, 80, 132.
Churruca y Elorza, 249, 261, 262, 264.
Cienfuegos, 121.
Cieza de León, Pedro, 81.
Císcar y Císcar, Gabriel, 186.
Clairaut, Alexis-Claude, 149, 150, 183, 212, 150.
Clarke, 323.
Clasius, 276.
Clavijero, Francisco Javier, 78.
Clavijo Fajardo, 189, 195, 251, 264.
Clemente XIV, 173.
Clerke, 228.
Climent, 332.
Clusius, 131, 132.
Coalbrookdale, 170.
Cochrane, 325.
Colbert, 119, 209, 213.
Colmeiro y Penido, 311, 328, 329.
Colón, Bartolomé, 73.
Colón, Hernando, 78.
Condorcet, 273.
Contreras, Pedro, 93.
Cook, 148, 213, 219, 223-229, 238, 254, 257, 261, 323, 324.
Copérnico, 83, 85, 86, 99, 102, 104, 105, 124, 130.
Corachán, Juan Bautista, 123, 129.
Corbellá, 198.
Córdoba, Paulo Álvaro de, 37.
Cort, Henry, 171.
Cortés, Hernán 25, 64, 66, 72, 78, 135, 236, 268, 282, 316, 317.
Cortés, Martín, 125.
Coulomb, 153.
Cousin, Víctor, 146.
Cremona, Gerardo de, 34.

Crookes, 334.
Cuéllar, 250, 259.
Curie, 334, 335.
Cusa, Nicolás de, 35.
Cutanda, 311.
Cuvier, 195, 283, 288.
D'Alembert, 141, 153, 183.
D'Urville, 226, 326.
Daimler, 296.
Dalrymple, 221, 226.
Dalton, 277.
Dantín Cereceda, 333.
Darby, Abraham, 170.
Darwin, 16, 21, 131, 161, 180, 195, 205, 246, 274, 287-289, 308, 312, 319, 331, 334.
Daviel, 162.
Dávila, 184, 191, 192, 195, 329.
Daza Chacón, Dionisio, 79.
Daza Valdés, Benito, 126, 127.
De Candolle, 157, 253, 254, 281, 311.
De Vríes, 195, 205.
Dee, John, 117.
Delambre, 165, 188, 165.
Delisle, 196, 212, 213.
Denis, 172.
Der Straet, Jan van, 109.
Descartes, 86, 108, 110, 112, 123, 142, 143, 149.
Desmarés, Nicolás, 159.
Díaz del Castillo, Bernal, 64, 79.
Díez de Solís, Juan, 88.
Dioscórides, 40, 121, 40.
Döhrn, 309, 329.
Dollfus, 332.
Dollond, 164, 199.
Dombey, Joseph, 182, 197, 238, 239, 241, 242, 247.
Doz, Vicente, 187.
Drake, Francis, 135, 220, 224.
Drebbel, Cornelius, 115.
Dugay, 153.
Duley, Dud, 170.
Dupaix, capitán, 267.
Durán, Diego, 79.
Ebstorf, 39.
Echegaray y Eizaguirre, 301.
Einstein, 18, 22, 336.
El Idrisí, 38.
Elcano, 255, 268.
Elhúyar de Suvisa, hermanos, 185, 190, 204, 259, 305.
Engels, 169, 273.
Enrique VII, 135.
Enterline, J., 60.
Erasmo, 83.
Eratóstenes, 58, 71.
Erice, 331.
Erik el Rojo, 60.
Erlich, 287.
Espinosa y Tello, 12, 263, 264.
Estúñiga, Diego de, 124.
Euclides, 122.
Euler, 109, 147, 149, 153, 183, 213, 217.
Ezquerra del Bayo, 305, 306.
Fahrenheit, 164.
Faraday, 276, 295, 334.
Farenheit, 115.
Farfán, Agustín, 78, 132.
Farreras, Juan, 178.
Febvre, Lucien, 22.
Federico Guillermo I, 154.
Federico I, 119.
Feijoo y Montenegro, 174, 175, 195.
Felipe II, 87, 120-122, 124, 125, 130, 132, 135, 182, 194, 233, 235, 236, 253.
Felipe III, 135, 194.
Felipe IV, 128.
Felipe V, 172, 182, 185, 194, 208, 209.
Ferchault de Rèaumur, Renato A., 159.
Fermat, 108.
Fernández de Castro y Suero, 306, 316, 320.
Fernández de Enciso, Martín, 78.
Fernández de Oviedo, Gonzalo, 78, 131, 332.
Fernández de Quirós, Pedro, 134.
Fernández de Velasco, Pedro, 92.
Fernández Labrador, Juan, 135.
Fernández Navarro, 333.
Fernández Velázquez, Andrés, 121.
Fernández-Galiano, 206.
Fernando II, 36, 37.
Fernando VI, 188, 191, 194, 197, 237.
Fernando VII, 193, 249, 298, 302, 316.
Fernel, Jean, 76.
Ferrer Maldonado, 258.
Ferrer y Cafranga, José Joaquín, 187.
Fibonacci (Leonardo de Pisa), 34.

Ficino, 83.
Fidalgo, marino, 249, 261, 263, 264.
Filipono, 108.
Fioravanti, Leonardo, 87.
Fleming, Th., 58, 59.
Fleuriot de Langle, 229.
Flores, Lázaro, 130.
Flórez, padre, 191, 231, 250.
Floridablanca, conde de, 193.
Föhlen, 294.
Fonseca, obispo, 74.
Fontenelle, 143.
Forbes, 329.
Fourcroy, Antoine François de, 156.
Fournier, George, 112.
Francis Bacon, 98.
Francisco I, 82, 135, 230.
Franco Dávila, Pedro, 184.
Franklin, John, 146, 153, 203, 215, 276, 323.
Fraunhoffer, 276.
Freire de Silva, Luis, 124.
Frezier, 257.
Friburgo, Dietrich de, 34.
Frisius, G., 117.
Fúcares, los, 91.
Füchsel, Georg Ch., 160.
Fugger, los, 91.
Fulton, 167, 297.
Fusch, 112.
Galeno, 84, 85, 111, 128.
Galera, 261.
Galileo, 21, 83, 86, 98, 104-109, 114, 117, 119, 122, 124, 125, 127, 130, 142, 164.
Galois, 301.
Gálvez Gallo, 238, 241, 242, 261, 266.
Gama, Vasco de, 70.
Gamio, Manuel, 52.
Gandoger, 282.
Garaicoechea, 319.
Garcés, Enrique, 93.
García Alix, 304.
García de Céspedes, Andrés, 88, 124.
García de Palacio, Diego, 78.
García Escudero, 298.
Garnier, 223.
Gatell, 332.
Gauss, 275, 302.
Gay Lussac, 277.
Gefferies, 154.
Gellibrand, Henry, 125.
Gerhardt, 304.
Gerson, Levi ben, 35.
Gibbs, 278.
Gil Rey, 311.
Gilbert, 110, 125.
Gimbernat, 193, 265.
Giordano Bruno, 106, 117.
Gleditsch, 158.
Gobernador, islas del, 224.
Godin, 150, 182, 188, 196, 213.
Godoy, 199, 200, 267, 298, 310.
Goethe, 190, 195.
Gómez Barroso, Pedro, 40.
Gómez Ortega, 194, 205, 236, 239, 241, 242, 250.
Gómez Pardo, 305, 306.
Gómez, Esteban, 135.
González Cabrera, José, 189.
González de Velasco, 312.
González Figueras, Juan, 190.
González Linares, 308, 309.
González, Pedro, 312.
Goujand, 281.
Goyeneche, 192.
Graebe, 279.
Graells, 328, 329.
Gran Khan, 62, 71.
Gravina, 325.
Gray, 152.
Green, 224.
Gresham, Thomas, 118.
Grocio, Hugo, 82, 100.
Guericke, Otto, 110.
Guerra, Francisco, 68.
Guettard, Jean Etienne, 159, 214.
Guirao, 266.
Guirior, 240.
Günter, 116.
Gutiérrez Bueno, Pedro, 190.
Gutiérrez, Eugenio, 312.
Guttemberg, J., 82.
Hadfield, 280.
Haeckel, 152, 282, 290.
Haenke, 257.
Hahnemann, Samuel, 162.
Halen, 249.
Haley, 168.
Hall, 280.

Halley, 125, 149.
Hamilton, Earl J., 63.
Hargreaves, James, 168.
Harriot, 108, 116.
Harrison, 151, 218.
Harrison, John, 151, 218.
Harvey, 102, 111, 112, 125, 126.
Haüy, René Just, 160.
Hayden, profesor, 321.
Hegelmaier, 282.
Helluland, 60.
Helmholtz, 276-286.
Helmondt, 111.
Helvetius, 181.
Hernández Pacheco, 333.
Hernández, Francisco, 132, 235-237, 250, 253.
Hernández, Mario, 68.
Herón, 40.
Héroult, 280.
Herrgen, 182, 193, 197, 303, 182.
Herschel, 150, 164, 189.
Hertz, 276.
Hervás y Panduro, Lorenzo, 189.
Heuland, 204, 264, 265, 267.
Heyerdahl, Thor, 59.
Hidalgo, 53.
Higinio, Cayo Julio, 39.
Hobbes, 119, 143.
Hobsbawm, 201.
Hoei-shin, 59.
Hohemburg, H. von, 107.
Honnecourt, Villard de, 35.
Hooke, 110, 115, 119.
Hooker, 282.
Humboldt, 180, 204, 248, 249, 260, 263-265, 281, 307, 322, 332.
Hume, 142.
Hunter, 43.
Hutton, James, 160.
Huygens, 107, 114, 151.
Ibáñez de Ibero, Carlos, 302.
Ibáñez, Antonio R., 200.
Ibn Tufail, 38.
Íñigo, Baltasar de, 129.
Iradier y Bulfi, 332.
Isabel I, 36, 37, 110.
Isabel II, 298, 299, 314.
Izquierdo, Sebastián, 123.
Jacquard, 294.
Jacquin, 230.
Jansenio, 128.
Janszoon, Wilhem, 137.
Jefferson, 208, 323.
Jenner, Eduardo, 162, 205.
Jiménez de la Espada, Marcos, 308, 328.
Jiménez, Francisco, 78, 132.
Jimeno y Pujades, Antonio, 189.
Joliet, Louis, 136.
Jordá, 27.
Jorge III, 226.
Jorge Juan, 150, 151, 184-186, 150, 151.
Joule, 276.
Juanini, Juan Bautista, 128.
Juárez, 327.
Jussieu, hermanos, 150, 158.
Kay, John, 167.
Kekulé von Stradonitz, 278.
Keops, 52.
Kepler, 105-107.
Kermadec, 229.
Kernot, 41, 83.
Keterlin, 191.
Kino, padre, 202, 208.
Kircher, 110, 121.
Kirchhoff, Paul, 44.
Kirchoff, 276.
Koch, 285, 287.
Koechlin, 280.
Koldewey, 324.
Konetzke, Richard, 68, 90.
Kronland, Johann M. M., 108.
L'Ecluse, Charles de, 131.
L'Heritier, 243.
La Boë, François de, 111.
La Condamine, Charles Marie de, 150, 188, 213.
La Cosa, Juan de, 73, 74.
La Cruz, Martín de, 78.
La Gasca y Segura, 310.
La Paz Graels, 308.
La Pérouse, 219, 228, 229, 238, 254, 257, 261.
La Planche, 191.
La Torre y Valcárcel, Juan de, 126.
La Vega de Armijo, marqués de, 327.
Labaña, Juan Bautista, 122.
Lagasca, 254.
Lagrange, Joseph-Louis, 149, 213.
Laguna, Andrés, 63, 121, 194, 235.

Laguna y Villanueva, Máximo, 311.
Lalande, 189.
Lamarck, 161, 287, 288.
Lambert, Johan-Heinrich, 149, 213.
Lambert, madame de, 141.
Lambton, coronel, 188.
Lamy, Bernard, 142.
Lancaster, Joseph, 318, 324.
Landerer, 302, 307.
Lange, 282.
Lanz, 200.
Laplace, 151, 152, 156, 161, 187, 301.
Laptev, 224.
Larrañaga, Dámaso, 319.
Larrañaga y Arrambarri, Diego de, 190.
Lartet, 305.
Las Casas, 79, 129.
Laso, Nicolás, 180, 231.
Lastanosa, Vicente de, 123, 127.
Lavoisier, 154, 155, 191, 273, 277.
Lázaro e Ibiza, 311.
Le Rond, Jean, 153.
Le Roy, 223.
Leakey, L., 23.
Leblond, 265.
Lebrún, 147, 152.
Lebrun, F., 143.
Leclerc, Jorge Luis, 160.
Lee, William, 116.
Leeuwenhoek, Anton van, 112.
Lehmann, Johann G., 160.
Leibig, 281.
Leibnitz, 109, 119.
Leif, el Afortunado, 60.
Lemaur, Carlos, 189.
Lemberg, 130.
Lémery, 190.
Lemonnier, 150.
Lenoir, 296.
León, Cárdenas de, 187, 203.
Leonard, profesor, 332.
Leopoldo, príncipe, 285.
Lesseps, 229, 297.
Lewis, 168, 323.
Liebig, 281, 303.
Lindley, 282.
Linneo, 155, 157, 158, 160, 178, 183, 193-195, 197, 205, 237, 238, 241, 247, 249, 281, 282.
Lippershey, 104, 105, 127.
Lister, 287.
Livingstone, 323.
Locke, 142, 143, 275.
Loëfling, 182, 194, 197, 237, 238, 247.
Loefling, Peter, 182.
Lomonosov, 154, 191.
Longinos, 251, 253, 308.
López de Arenas, Diego, 123.
López de Heredia, Alonso, 78.
López de Velasco, 130.
López de Velasco, Juan, 78.
López Piñero, José Mª., 12, 14, 15, 79, 87, 120, 125, 128.
Lorena, Renato de, 73.
Loscos y Bernal, 311.
Lozano, José Tadeo, 247.
Luanco, 92.
Luanco y Riego, 303.
Luis XIV, 106, 136, 144, 172, 173, 213.
Luis XV, 162.
Luis XVI, 148, 228, 229, 260.
Lulio, Raimundo, 87.
Luxán y Miguel-Romero, 314.
Luyando, José de, 189.
Lyell, 283.
Mac Crohon, 327.
Machado y Núñez, Antonio 308.
Machado, Antonio, 134, 326.
Mackenzie, 323.
Macpherson, 307.
Magallanes, Fernando de, 74, 134.
Magno, Alberto, 34.
Maimónides, 38.
Malaspina, 187, 203, 252, 254-261, 268.
Maldonado, 258.
Malebranche, 143.
Malinas, 87.
Mallada y Pueyo, 306.
Malocello, Lanzarotto, 70.
Malpighi, Marcello, 112.
Mandeville, Juan de, 71.
Manzano y Manzano, Juan, 72.
Mao, 22.
Maravall, José A., 76.
Marconi, 276.
Marcos Burriel, Andrés, 78.
Margallo, Pedro, 74.
Mario, 28.
Marion, capitán, 223.
Mariotte, Edmund, 112.

Marquette, padre, 136.
Marsenne, padre, 119.
Martí i Franqués, 158.
Martignac, 331.
Martín, indio, 235.
Martínez de Cala y Jaraba, Antonio, 87.
Martínez, Enrique, 78.
Mártir de Anglería, Pedro, 74.
Marx, 22.
Masson de Morvilliers, Nicolás, 178.
Maximiliano de Habsburgo, 327.
Maxwell, 276, 278.
Mayáns, Gregorio, 176.
Mayer, 276.
Mazarredo, 262.
Mechain, 165.
Medina, 92, 125, 133, 187, 203.
Medina, Bartolomé de, 92.
Medina, Batolomé de, 133.
Medina, Pedro de, 125.
Medina, Salvador de, 187.
Mejía, 317.
Membiela, 308, 328, 330.
Mendeleiev, 277.
Mendieta, Jerónimo de, 79.
Mercator, 117.
Mesía de la Cerda, 247.
Mesmer, 145.
Milne-Edwards, 329.
Mociño, 250-254.
Moctezuma II, 66.
Mogollón, 43.
Molina, 199, 265, 304, 312, 316.
Monardes, Juan Bautista, 121.
Mondéjar, marqués de, 129.
Monge, Gaspard, 149, 261, 273.
Moñino Gómez, 201.
Moñino y Redondo, 266.
Monkhouse, 224.
Monnet, 214.
Mont-Serrat, 332.
Montcalm, 223.
Montellano, duque de, 129.
Montesinos, F., 56.
Montgolfier, 154.
Montmor, abogado, 119.
Montmorin, conde de, 242.
Monturiol, 315.
Mopox y Xaruco, conde de, 252, 265.
Moreau de Maupertuis, Pierre Louis, 149, 150, 212, 213, 150.
Morgagni, Juan Bautista, 162.
Morillo, 249.
Morse, 297.
Mortillet, 307.
Moseley, 337.
Moyano, 304, 311.
Müller, Juan (el Regiomontano), 84.
Mundo Park, 323.
Muñiz, 319.
Muñoz y Peralta, Juan, 129.
Munster, Sebastián, 86.
Murat, 253.
Musschenbroek, 152, 176, 183.
Mutis, 194, 203, 205, 231, 246-250, 268, 310.
Nägeli, 286.
Napier, 109.
Napoleón, 151, 249, 253, 254, 275, 280, 297, 298, 300, 317, 327.
Napoleón III, 280, 327.
Nápoles, 253, 267, 309, 311, 329.
Navia, 250.
Nebrija, Antonio de, 87.
Née, 256, 257.
Needham, Joseph, 35.
Needham, padre, 159.
Nemorianus, Jordanus, 34.
Newcomen, Thomas, 166.
Newton, 21, 98, 107, 109, 123, 145, 149-151, 163, 183, 189, 275, 335, 336.
Nicholson, 276.
Nieto, 172, 267.
Nietzsche, 271.
Nightingale, 285.
Nobel, 279, 335, 336.
Nollet, padre, 152, 153.
Nordenflycht, 204.
Novara, Domenico Mª., 85.
Núñez Coronel, Luis, 121.
Núñez de Balboa, 74, 266.
O'Donnell, 315.
O'Higgins, 243, 261.
O'Higgins de Vallenar, 243.
Obregón, Bernardino de, 126.
Ochoa, bachiller, 175.
Ockenfuss, 292.
Ojeda, Alonso de, 74.
Olavide, 176, 177, 312.

Olmo, José Vicente, 124.
Oltmanns, 263.
Omar, califa, 59.
Omerique, Antonio Hugo, 123.
Oquendo, 266.
Oresme, 34, 35.
Orfila y Rotger, Mateo José, 180, 183, 190, 198, 231, 304.
Orovio, Manuel, 299, 300, 331.
Ortega, Juan de, 122.
Ossorio y Zabala, 332.
Ostwald, 278.
Outhier, 150.
Palacio Atard, 173.
Palacios Baya, 190.
Palau y Verdera, 195.
Palmer, 325.
Pané, Ramón, 78.
Paracelso, 84, 111, 190.
Pareja, almirante, 330.
Parry, 323, 324.
Pascal, 110, 115, 123, 149, 204.
Pasteur, 284, 285, 287.
Patiño, José, 185, 209, 231.
Paul, Lewis, 168.
Paulo III, 69.
Pavón, 205, 238, 239, 246, 247, 252, 264, 310.
Paz y Membiela, 308, 328, 330.
Peary, 324.
Pedrayes Fayo, Agustín de, 186.
Pedro el Ceremonioso, 40.
Pedro I, 223.
Peral, Isaac, 315.
Pérez Arcas, 308.
Pérez Bayer, 177.
Pérez Cascales, 126.
Pérez de Moya, 122.
Pérez de Vargas, Bernardo, 91.
Pericot, L., 28.
Perier, Florian, 110.
Perkin, 278.
Perrault, 143.
Perrier, 303.
Perrin, 334.
Petty, William, 119.
Phipps, 227.
Picard, 213.
Piccolomini, Silvio, 71.
Pichardo, 319.
Pidal, 311.
Piérola, 319.
Piña Chan, 49, 50, 80.
Piña, Vasco de, 130.
Pineda, 256, 257, 259.
Pinzón, 327, 328, 330.
Pío II, 71.
Piri Reis, almirante, 59.
Piri-Reis, 73.
Piteas, 58.
Pizarro, 25.
Planchon, 291, 309.
Planck, 335, 336.
Planelles y Giralt, 311.
Platón, 76, 83.
Plinio, 102.
Población, Juan Martín, 123.
Poey y Aloy, 320.
Poincaré, 275.
Polo, 57, 71, 150, 226, 227, 323, 324, 326.
Pompeyo, 28.
Porta, G. B. della, 109.
Pozzo Toscanelli, Paolo del, 71.
Prado y Valle, Casiano de, 305, 306.
Presas y Puig, 302.
Priestley, 154, 158.
Prim, 327.
Proust, Joseph Louis, 182, 184, 190, 193, 197, 277, 303.
Prutchitchev, 224.
Puig y Galup, 328.
Puig, Andrés, 123.
Puig, disecador, 330.
Pulgar, 110, 243.
Quatrefages, 329.
Quer y Martínez, José, 178, 194, 205.
Quintana, 304.
Quirós, 134, 333.
Rábago, padre, 188.
Rada y Delgado, 302.
Raimundo Lulio (Ramón Llull), 40.
Raimundo, arzobispo, 39.
Ramón y Cajal, 312.
Ramos, Antonio, 195.
Ranvier, 282.
Ray, John, 112.
Rèaumur, 159, 164.
Recchi, Leonardo, 132.
Reccho, 236.

Redi, 112.
Reiman, 275.
Remisa y Miarons, 315.
Remón y Zarco del Valle y Huet, 300.
Renan, Ernest, 58.
Renevier, 283.
Rey Jorge, islas del, 222.
Rey Pastor, 301.
Reyes Prósper, 301.
Reynolds, W. F., 321.
Richelieu, 136.
Ridrer, 212.
Rieger, Christian, 187.
Riley, 291, 309.
Ringmann, 73.
Río de la Loza, Leopoldo, 319.
Río Hortega, Pío, 313.
Río, Andrés Manuel del, 204.
Riqueur, 194.
Rivadavia, 319.
Rivero, 319.
Roberts, 294.
Roca, Antich, 122.
Roca, Tiberio de, 87.
Rodolfo II, 87, 104.
Rodríguez Casado, 173.
Rodríguez Cruz, 89.
Rodríguez González, José, 302.
Rodríguez y González, José, 188.
Roebuck, John, 170.
Roemer, 108.
Roentgen, 334.
Roger Bacon, 34.
Roget, Juan, 127.
Roggeveen, 220.
Rojas, Clemente, 193, 311.
Rojas Sarmiento, Juan de, 123.
Roldán, Bartolomé, 74.
Ross, James Clark, 226, 326.
Ross, John, 323, 326.
Roura y Estrada, 303, 316.
Rousseau, 181, 275.
Roux, 287.
Roy, 215, 223.
Ruiz López, 238.
Rupescisa, 87.
Rutherford, 335-337.
Saceda, conde de, 192.
Saffar, Ahmad ben, 38.
Sahagún, Bernardino de, 53, 79, 131.
Sainte-Claire Deville, 280.
Sáinz de Baranda, 305.
Sajonia, Alberto de, 35.
Salmerón, 299.
Salmoral, Lucena, 10, 23, 26.
Salvá y Campillo, 188, 199, 316.
Salvatierra, padre, 202.
San Isidoro, 38.
Sánchez Cerquero, 302.
Sánchez Ciruelo, Pedro, 121.
Sanponts, 200.
Santa Cruz, Alonso de, 125.
Santa Cruz, marqués de, 189.
Sanz de Sautuola, 307.
Sarmiento de Gamboa, Pedro, 135.
Sarton, George, 38.
Sarzoso, Francisco, 123.
Saussure, Horace B. de, 195.
Savery, 166.
Scheele, Carlos G., 154.
Scheuchzer, 215.
Schiller, R., 23.
Schönbein, 279.
Schönner, 73.
Schwabe, 284.
Schwan, 286.
Scott, 326.
Sejourné, Lurette, 42.
Séneca, 57, 58, 71.
Senseve, 253.
Serra, Junípero, 202, 208.
Serrano, Juan, 123.
Servet, 111.
Sessé, 250, 252, 253, 259, 268, 310.
Sessé y Lacasta, 250.
Severino, Marco A., 112.
Sila, 28.
Simarro Lacabra, 312.
Simon, 109, 115, 122, 123, 143, 151, 193, 194, 311.
Sisturo, Jerónimo, 127.
Smith, William, 325.
Snow, 285.
Sobrero, Ascanio, 279.
Soddy, 335.
Solander, 225.
Solvay, 296.
Sonora, marqués de, 238.
Soriano, Jerónimo, 126.
Soto, Domingo de, 121.

Spallanzani, Lázaro, 158, 159.
Speke, 323.
Spengler, 20.
Spinoza, 143.
Stahl, Georg, 154, 161, 191.
Starobinski, 143.
Staud, 301.
Stephenson, 167, 297.
Sterling, Mathew, 42.
Stevin, Simón, 107, 109, 122, 123.
Stoney, 334.
Stoye, 114.
Strouhal, E., 67.
Sturtevant, Simón, 115.
Suárez Argüello, Francisco, 124.
Suárez, Buenaventura, 130.
Sydenham, médico, 132.
Tafalla, 243, 244.
Talavera, Hernando de, 72.
Tapp, 116.
Tartaglia, 108, 109, 123.
Tasman, 225.
Tello, Julio, 42, 54.
Thompson, 329.
Thomson, 334.
Thorvaldsson Rauda, Eirik, 60.
Ticho Brahe, 104.
Tobar, Simón, 123.
Tofiño de San Miguel, Vicente, 187, 189.
Tolomeo, 34, 72, 73, 76, 86, 102, 105, 124, 212.
Torquemada, Juan de, 79.
Torralba, 27.
Torres Quevedo, 301.
Torres Villarroel, 186.
Torres, Manuel, 204.
Torrest, 259.
Torricelli, 83, 109, 110, 204.
Tosca, Tomás V., 129.
Toscanelli, 71.
Tournefort, 194.
Toynbee, 20.
Tschermak, 332.
Tycho Brahe, 106, 124, 130.
Ulloa, Antonio de, 150, 185, 186, 189, 191, 204, 257, 266.
Ulugh Bey, 35.
Váez de Torres, Luis, 134.
Valdés, 126, 127, 254, 261, 267.
Valenzuela, 247.
Vallejo, 301.
Vallés de Covarrubias, Francisco, 124.
Valls, José, 190.
Vancouver, George, 227.
Vargas Ponce, José de, 189.
Vauban, 143.
Vaucanson, Jacques, 170.
Vaz Corterreal, Joâo, 135.
Velázquez, Joaquín, 121, 187, 203, 235, 319.
Venegas, Miguel, 78.
Vergara, 197, 301.
Verne, Julio, 9, 284, 303.
Vernet, 38, 39, 49, 122-124, 127, 177-180, 185, 186, 188, 195, 197, 198, 204, 299, 314-316, 38, 39, 49, 122-124, 127.
Verneuil, 305, 306.
Vesalio, Andrea, 85, 129.
Vespucci, 64, 72-74, 78, 88.
Vicéns, 82, 106.
Victoria, reina, 285.
Vicuña, 304.
Vieta y Gibert, 109, 304.
Vilanova y Muñoz, Tomás, 189.
Vilanova y Piera, Juan, 28, 305, 307.
Vilanova, Arnaldo de, 40, 87.
Vilar, Pierre, 22, 62.
Villanueva, Juan de, 188, 189, 192, 194, 311.
Villar Pardo, 252.
Villatorcas, marqués de, 129.
Villena, marqués de, 129.
Vimercati, 196.
Viñals, 312.
Vinci, Leonardo da, 84.
Virchow, 286, 289.
Virgili, 198.
Viriato, 28.
Vitus Bering, 223, 227.
Vivaldi, 70.
Vizcaíno, Sebastián, 135.
Vogt, 331.
Volta, 153, 276.
Voltaire, 166, 181, 275.
Vríes, 195, 205.
Waldseemüller, Martin de, 73.
Wallace, 288.
Wallis, 222.
Warren, C. K., 321.

Watt, 164, 167-169, 293.
Weddell, 325.
Welles, Orson, 9.
Wellington, duque de, 298.
Welser, los, 91.
Werner, Abraham Gottlob, 160, 190, 191, 197, 212, 283, 305.
Whewell, filósofo, 19.
Wilbeforce, obispo, 290.
Williamson, William C., 278.
Willkomm, 282, 311.
Witelo, 34.
Wöhler, 277, 280.
Wren, Christopher, 119.
Wrigh, Edward, 116.
Wurtz, 303.
Zaida, princesa, 94.
Zamorano, Rodrigo, 88, 125.
Zapata, Diego Mateo, 129.
Zaragoza, José, 123, 124, 127.
Zea, 42, 247.
Zeiss, 276, 282.

ÍNDICE TOPONÍMICO

Acapulco, 134, 135, 221, 257-259, 328.
África, 38, 39, 58, 59, 71, 75, 81, 112, 210, 234, 272, 323, 332, 38, 39, 58, 59, 71, 75, 81, 112, 210, 234, 272, 323, 332.
Al-andalus, 29, 40, 121.
Alaska, 202, 227, 229, 258, 261.
Albany, 137.
Alcalá, 83, 87, 187, 192, 203.
Alcoy, 314.
Alejandría, 59, 116.
Alemania, 73, 87, 91, 191, 233, 265, 278, 285, 292, 307.
Aleutianas, 227.
Alicante, 316.
Almadén, 93, 190.
Almagrera, sierra de, 305.
Almería, 27, 28.
Alpes, 215, 265.
Altamira, 27, 307.
Amberes, 312.
Ambrona, 27.
América, 10-12, 15-17, 24-26, 34, 41, 42, 44, 48, 52, 57-59, 61, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 73-79, 81, 88-91, 94, 95, 99, 112, 113, 119, 120, 129-134, 136, 137, 147, 162, 171, 180, 182, 183, 191, 192, 194, 195, 201-212, 215, 216, 223, 224, 227, 228, 230, 232, 234, 235, 237, 248, 249, 254, 255, 258, 260-268, 297, 298, 307, 310, 317, 319, 320, 322-325, 327, 331, 332, 10-12, 15-17, 24-26, 31, 34, 41, 42, 44, 48, 52, 57-59, 61, 63, 64, 66-68, 70, 73-79, 81, 86, 88-91, 94, 95, 99, 112, 113, 119, 120, 129-134, 136, 137, 147, 162, 171, 180, 182, 183, 191, 192, 194, 195, 201-212, 215, 216, 223, 224, 227, 228, 230, 232, 234, 235, 237, 248, 249, 254, 255, 258, 260-268, 297, 298, 307, 310, 317, 319, 320, 322-325, 327, 331, 332.
Amsterdam, 137.
Andes, 24-26.
Anián, estrecho de, 258.
Antártida, 59, 220, 325.
Antillas, 63, 66, 89, 136, 206, 210, 232, 234, 261, 262, 264.
Apatzingán, 235.
Arabia, 39.
Aragón, 29, 36, 37, 40, 41, 83, 87, 301, 311, 313.
Aranjuez, 121, 194, 199, 235, 241, 316.
Arauco, 240.
Arcetri, 106.
Arequipa, 318.
Argentina, 26, 42, 130, 209, 246, 318, 319.
Arica, 328.
Arizona, 43.
Ártico, 135, 224.
Asia, 332, 23, 26, 59, 61, 63, 65, 71, 74, 75, 134, 161, 224, 228, 272, 332.
Asturias, 191.
Atapuerca, 27.

Atlántico, 11, 58, 59, 71, 130, 134, 207, 223, 227, 231, 257, 258, 297, 317, 324, 326.
Australia, 134, 220, 225, 228, 229, 259, 326, 328.
Austria, 144, 165, 220, 307.
Ayacucho, 23, 55.
Azores, 70.
Baffin, isla de, 60, 323.
Bahamas, 207.
Bahía, 137.
Baleares, 36, 309.
Balsaín, 199.
Barbados, 66, 207.
Batavia, 220.
Bayona, 317.
Bélgica, 128.
Belize, 209.
Bering, 23, 25, 61, 223, 224, 227, 228.
Berlín, 119, 146, 149, 153.
Berna, 165.
Bilbao, 133, 315.
Bogotá, 203, 246, 248, 249, 318.
Bolivia, 26, 48, 206, 209, 211, 233, 330.
Bolonia, 32, 85, 147, 193, 194.
Boston, 136, 203, 215, 252.
Brabante, 128.
Brasil, 42, 58, 70, 72, 135, 137, 205, 208, 210, 218, 220, 229, 233, 246, 318, 319.
Breda, 137.
Brest, 223, 229.
Bruselas, 146, 329.
Buena Esperanza, cabo de, 70, 328.
Buenos Aires, 129, 256, 265, 318.
Burgos, 27, 33, 264.
Cabo Verde, 70, 328.
Cádiz, 28, 147, 184-188, 196, 198, 199, 209, 239, 240, 242, 254-256, 260, 262, 263, 284, 302, 315-317, 325, 328.
California, 23, 44, 78, 150, 187, 202, 203, 228, 251, 291, 328.
Calixtlahuaca, 59.
Callao, 196, 241, 244, 259, 325, 328, 330.
Canadá, 42, 44, 136, 202, 203, 207, 208, 223, 229.
Canarias, 70, 72, 229, 234, 241.
Caracas, 183, 202, 203, 209, 318.
Caribe, 207, 211, 261.
Carolina, 136, 182.
Carron, 170.
Cartagena, 249, 263, 318.
Cartago, 28.
Castilla, 27, 29, 36, 37, 39, 57, 65, 67, 87, 89, 94, 175, 177.
Castrovirreina, 232.
Cataluña, 27-29, 36, 196, 199, 200, 210, 311, 313, 315.
Catay, 71.
Cauca, 63.
Cayena, 212.
Cempoala, 64.
Chacahuasi, 240.
Chan-Chan, 48.
Chancay, 54, 240.
Chanchan, 26, 56.
Chapultepec, 250.
Charcas, 209, 233.
Chesapeake, bahía de, 136.
Chichén, 48, 53.
Chicoplaya, 243.
Chihuahua, 43.
Chile, 26, 41, 42, 45, 46, 91, 197, 202, 204, 229, 232, 238, 240, 243, 244, 264, 310, 318, 328, 330.
Chiloé, 257, 328.
Chimborazo, volcán, 257.
China, 22, 35, 39, 49, 59, 62, 65, 71, 112, 113, 117, 135, 163, 212, 221, 230, 241, 258.
Cholula, 64.
Cienfuegos, 121.
Cipango, 61, 71, 72.
Colombia, 26, 46, 48, 63, 204, 209, 234, 246, 247, 318.
Colorado, 43.
Columbia, río, 44, 227.
Concepción, 21, 31, 38, 57, 71, 84, 100, 106, 107, 155, 240, 243, 257, 287, 289, 328, 337.
Concud, 196.
Congo, río, 70.
Connecticut, 136, 203, 322.
Copán, 48.
Copenhague, 146, 193.
Coquimbo, 257.
Córdoba, 29, 33, 37, 38.
Corea, 229.

Corinto, 297.
Costa Rica, 25, 251, 318.
Cracovia, 85.
Crimea, 285.
Cuba, 67, 68, 252, 265, 319, 320, 330.
Cuchero, 240.
Cuenca, 53, 208, 309.
Cumaná, 89.
Curaçao, 137.
Cuzco, 26, 48, 56.
Delaware, río de, 137.
Desengaño, islas del, 222.
Dunkerque, 165, 188, 217.
Dzibilchaltún, 50.
Ecuador, 46, 150, 196, 209, 213, 247, 330.
EE. UU., 23.
Egipto, 41, 50, 67.
El Argar, 28.
El Cabo, 70, 218, 224, 226, 227, 229, 257, 258, 325, 326, 328.
El Callao, 196, 241, 244, 325, 328, 330.
El Dorado, 63, 133.
El Escorial, 132.
El Ferrol, 262.
Escocia, 60, 128, 164, 170, 292.
España, 13, 15, 16, 27-29, 31-34, 36-38, 41, 63, 65, 67, 69-75, 78, 81, 83, 84, 87-91, 93-95, 99, 105, 112, 113, 119-130, 133, 135, 137, 144, 147, 151, 165, 171-174, 176-178, 180, 182-189, 191-198, 200-202, 204-211, 215, 216, 220, 230, 231, 234-249, 251, 252, 254, 256, 259-261, 265-267, 274, 282, 284, 292, 294, 297, 298-321, 326-332.
Espíritu Santo, islas del, 134, 226.
Estocolmo, 146, 197.
Etah, 323.
Eurasia, 57.
Europa, 12, 22, 24, 27, 29, 31-35, 37-39, 41, 51, 56-58, 61, 65, 67, 71, 72, 76-78, 80, 81, 83, 84, 87, 88, 90, 91, 94, 95, 97, 99-101, 103, 104, 106, 109, 110, 112-120, 123, 124, 127-132, 134, 135, 141, 144, 146-148, 150-152, 155, 159, 161, 162, 165, 166, 171, 172, 174, 180-182, 185, 186, 188, 190-193, 202, 205, 207, 209, 210, 212, 214, 216, 225, 228, 234, 235, 237, 238, 242, 248, 252, 259, 263, 267, 268, 272, 273, 279, 281, 294, 297-299, 305, 307, 309, 310, 312, 313, 318, 319, 332.
Extremo Oriente, 10.
Fidji, 229.
Filadelfia, 136, 146, 203, 205, 208.
Filipinas, 112, 206, 209, 229, 230, 250, 259, 268, 310, 319, 327, 328.
Flandes, 33, 87, 233.
Florencia, 73, 83, 101, 109, 285.
Florida, 136, 208, 317.
Floridablanca, 193, 201, 211, 242, 266, 267.
Formentera, 188.
Formosa, 229.
Fort Nassau, 137.
Fort Orange, 137.
Francia, 73, 75, 76, 82, 106, 110, 116, 119, 135, 136, 142, 144, 147, 148, 149, 151, 153, 162, 164, 165, 170-172, 174, 177, 180, 183, 185, 186, 190, 198, 201, 208, 210, 212-214, 217, 218, 223, 228, 229, 231, 233, 238, 239, 241-243, 245, 247, 254, 259, 261, 262, 280, 285, 288, 291, 292, 314, 320.
Freiberg, 160, 190, 191, 283, 305, 307.
Gadir, 28.
Gádor, sierra de, 305.
Georgia, 207, 226.
Gibraltar, 70, 250, 256, 262.
Gobernador, islas del, 224.
Gotinga, 146, 147.
Granada, 36, 70, 194, 204, 209, 215, 216, 232, 237, 246-248, 265, 302, 318.
Grandes Lagos, 43, 136.
Grecia, 35, 59, 75.
Greenwich, 119, 150.
Groenlandia, 60, 69, 227, 323, 324.
Guadalupe, 137, 208.
Guadarrama, 307.
Guanahaní, isla de, 10, 61.
Guatavita, 63.
Guatemala, 46, 59, 251, 252.
Guayana, 135, 137.
Guayaquil, 318.
Haití, 137, 208, 252.
Hawai, 227, 229.
Heildelberg, 331.
Hiendelaencina, 305.

Hispania, 28.
Hokkaido, 229.
Holanda, 75, 100, 104, 117, 127, 147, 163, 164, 190, 201, 218, 259.
Honduras, 46.
Hornos, 92, 93, 113, 171, 200, 226, 229, 257, 306, 315, 325, 328.
Huancavelica, 93, 232, 233.
Huánuco, 240, 241.
Hudson, río de, 137, 208.
Huejutla, 235.
Huete, 309.
Hungría, 190, 191, 204.
Iberia, 71.
Ica, 47, 55.
Illinois, 43, 208.
India, 25, 39, 49, 61, 65, 70-72, 76, 95, 112, 117, 163, 188, 229, 297.
Indias, 57, 64, 65, 71, 73, 74, 78, 79, 88, 94, 116, 131, 137, 167, 209, 210, 220, 233, 235, 238, 239, 241, 242, 244, 245, 255, 261, 266, 267.
Indonesia, 137, 328.
Inglaterra, 43, 73, 75, 110, 112, 114, 117, 118, 128, 135-137, 142, 144, 164, 170, 171, 180, 190, 200-202, 208-210, 215, 218, 220, 221, 224, 225-228, 231, 238, 249, 256, 261, 285, 292, 294, 297, 317, 323, 325, 326.
Innsbruck, 165.
Insulindia, 137.
Irlanda, 128.
Islandia, 58, 60, 68, 311.
Italia, 73, 85, 101, 112, 116, 117, 122, 123, 127, 194, 233, 236, 256.
Ixtlán, 235.
Jaén, 182.
Jamaica, 68, 207.
Jamestown, 136.
Japón, 61, 71, 117, 228, 229.
Java, 223.
Jena, 276, 282.
Jiquilpán, 235.
Juan Fernández, islas de, 220, 257.
Kamchatka, 224, 228, 229.
Kara, mar de, 135.
Karlsruhe, 278.
Kiel, 297.
Kobayashi, 88.
Könisberg, 149.
Kuriles, 229.
La Carolina, 182.
La Española, 12, 62, 68, 88, 187, 303.
La Gran Malvina, 328.
La Granja, 194, 199, 265, 316.
La Habana, 130, 183, 202, 252, 320.
La Haya, 114.
La Luisíada, islas de, 223.
La Posesión, isla de, 326.
La Reina Carlota, islas de, 258.
La Soledad, islas de, 225.
La Venta, 42.
Labrador, 60, 135, 227.
Lancaster, estrecho de, 324.
Laponia, 150, 213.
Las Lucayas, 10.
Leipzig, 193.
León, 29, 36, 39, 81, 311, 319, 332.
Lewisville, 23.
Leyden, 115, 152, 193.
Libia, 71.
Lima, 46-48, 54, 55, 89, 196, 239, 240, 243, 257.
Londres, 115, 118, 119, 151, 169, 193, 213-215, 218, 225, 243, 256, 264, 275, 288, 312.
Los Ángeles, 208.
Los Estados, islas de, 328.
Los Millares, 28.
Luanco, 92.
Lucayas, 10, 25.
Lugo, 200.
Luisiana, 136, 202, 207, 208.
Luján, río, 205.
Lurín, 240.
Lyon, 210.
Macao, 221, 228, 229.
Madeira, 70.
Madrid, 122, 126, 127, 129, 147, 184, 187-189, 192-194, 197-200, 205, 236, 238, 241, 244, 245, 247-254, 256, 261, 264, 300, 302, 303, 305, 307-310, 313, 315, 316, 330, 331.
Magallanes, estrecho de, 65, 220, 221, 223, 224, 255, 257, 262, 328.
Magdeburgo, 110.
Malvinas, 221, 223, 238, 257, 261.
Manchester, 169.
Mangui, 71.
Manila, 221, 230, 259, 302.

Maragha, 35.
Marbella, 315.
Marianas, 222, 229, 259.
Mariquita, 204.
Markland, 60.
Marquesas, 226.
Marruecos, 70, 321, 332.
Marsella, 161.
Martinica, 137, 208.
Maryland, 136, 137, 207.
Massachussetts, 136.
Mataró, 315.
Mayapán, 48, 49.
Mediterráneo, 39, 113, 212.
Méjico, 24-26, 41-43, 48, 50, 52, 53, 59, 64, 78, 89, 91, 92, 132, 135, 187, 202-206, 211, 231, 232, 235-237, 250-254, 259, 261, 305, 318, 319.
Melrose, condado de, 128.
Melville, isla de, 324.
Mesoamérica, 24-26, 44, 59.
Mesopotamia, 41.
Michoacán, 251.
Mieres, 313.
Migas Calientes, 194.
Mindanao, 259.
Mississippi, 43, 136, 206, 208, 215, 323.
Moche, río, 47, 55.
Mogollón, 43.
Mojave, desierto de, 23.
Molucas, 223, 259.
Mónaco, 309, 329.
Montana, 45, 320, 321.
Montevideo, 187, 203, 255-257, 260, 318, 325.
Montpellier, 193, 194, 253, 316.
Montreal, 136, 208.
Monzón, 243.
Mulgraves, islas, 222.
Muña, 240.
Naranjo, 48.
Nares, estrecho de, 323.
Navarra, 29, 94, 314.
Nazca, 47, 55, 56, 67.
Negro, mar, 39.
Nejapa, 235.
New Hampshire, 136, 203.
New Haven, 203.
New York, 137.
Newcastle, 114.
Nicaragua, 44, 332.
Nijni-Novgorod, 199.
Nootka, bahía de, 251, 255, 258, 261.
Norteamérica, 43.
Nottinghamshire, 169.
Novosibirk, 324.
Nueva Amsterdam, 137.
Nueva Caledonia, 226.
Nueva Escocia, 60.
Nueva Francia, 135, 136.
Nueva Granada, 194, 204, 209, 215, 216, 232, 237, 246, 247, 265, 318.
Nueva Guinea, 134, 137, 220, 223, 228, 259.
Nueva Inglaterra, 43, 136, 137.
Nueva Siberia, 324.
Nueva Suecia, 137.
Nueva York, 43, 137.
Nueva Zelanda, 220, 223, 225, 226, 259.
Nueva Zembla, 135.
Nuevas Hébridas, 134, 223, 226, 229.
Nuevo Méjico, 43.
Nuevo Mundo, 11, 15, 16, 65, 72, 73, 75, 76, 78, 79, 90, 131, 136, 266, 323.
Numancia, 28, 330.
Nuremberg, 84, 85.
Oaxaca, 50.
Oceanía, 61, 223.
Ohio, 43.
Ojotsk, 224.
Orbaiceta, 200, 314.
Oregón, río, 227.
Orinoco, 206, 237, 248.
Oslo, 324.
Oviedo, 78, 131, 314, 332.
Oxford, 32, 118, 193.
Pachuca, 92.
Pacífico, 50, 59, 61, 65, 74, 134, 202, 218, 220, 221, 224-231, 250, 257, 258-260, 308, 323-325, 327, 328, 330.
Padua, 83, 85, 105, 193.
Países Bajos, 210.
Palenque, 48.
Panamá, 46, 209, 257, 297.
Panticosa, 253.
Paraguay, 176, 202, 205, 209, 234, 246.
Paraíba do Sul, 58.
París, 32, 108, 111, 145, 154, 156, 158, 160, 185, 187, 189, 190, 193, 196,

201, 205, 208, 210, 212, 214, 217, 229, 243, 249, 256, 258, 264, 280, 292, 303, 305, 312, 313, 320, 329, 332.
Pasco, 240, 244.
Pascua, 220, 229.
Pecos, 43.
Península, 16, 27, 28, 33, 36, 37, 39, 60, 69, 78, 83, 89, 93, 116, 121, 129, 135, 176, 188, 189, 192, 202, 204, 216, 224, 227-229, 267, 311.
Pennsylvania, 203, 207, 296.
Pernambuco, 137, 328.
Persia, 35.
Perú, 10, 23-26, 41, 46, 48, 55, 56, 80, 92, 93, 132, 150, 196, 204, 209, 211, 213, 232, 234, 238-245, 259, 264, 266, 310, 318, 328, 330.
Petropavlovsk, 229.
Piedras Negras, 48.
Pillao, 240.
Pirineos, 172.
Pisa, 34, 105, 108, 193.
Pitcairn, isla de, 222.
Polinesia, 223.
Popayán, 232.
Porco, 232.
Portugal, 29, 70, 75, 135, 202, 208-210, 237, 317.
Potomac, 136.
Potosí, 79, 206, 232, 233.
Pozuzo, 240, 241.
Praga, 128, 146, 282.
Prusia, 119, 149, 154.
Puerto Jackson, 259.
Puerto Rico, 67, 68, 72, 89, 133, 262, 263, 319.
Quebec, 60, 136, 208.
Quitea, 328.
Quito, 68, 185, 186, 249, 263.
Recife, 137.
Renan, Ernest, 58.
Renania, 113.
República Dominicana, 89.
Rere, 240.
Rey Jorge, islas del, 222.
Rhode Island, 135, 136.
Río de Janeiro, 58, 318, 325, 328.
Río de la Plata, 209, 211, 234, 246, 256, 328, 330.
Río de Oro, 332.
Río Grande, 43.
Río Muni, 332.
Río Pinto, 204.
Rojo, mar, 39, 58, 60, 81, 297.
Roma, 28, 59, 75, 101, 110, 115, 124, 132, 193, 255.
Sáhara, 307, 332.
Saint Dié, 73.
Sajalín, 229.
Sajonia, 35, 160, 190, 191, 282, 311.
Salamanca, 32, 76, 83, 87, 89, 90, 124, 129, 176, 177, 186.
Salerno, 32.
Salomón, islas de, 220.
Samoa, islas de, 222, 223, 229.
San Diego, 208.
San Fernando, 147, 188, 192, 238, 239, 302.
San Francisco, 208, 328.
San Ildefonso de La Granja, 265.
San Isidoro, 38.
San Lorenzo, isla de, 224.
San Lorenzo, río de, 42, 135, 136, 208.
San Petersburgo, 146, 223, 302.
San Salvador, 10.
Sandwich, 227, 229.
Santa Cruz, islas de, 222.
Santa Elena, 326.
Santa Fe, 63, 209, 246, 248, 249.
Santander, 27, 307, 309.
Santiago de Chile, 202, 318.
Santiago de Compostela, 183, 308.
Santillana del Mar, 307.
Santo Domingo, 67, 89, 130, 137, 208, 209, 252, 319, 320, 327, 330.
Sargadelos, 200.
Sayan, 240.
Severnaia Zemlya, islas de, 224.
Sevilla, 40, 72, 88, 94, 123, 127, 129, 131, 177, 184, 189, 194, 195, 209, 241.
Shetland del Sur, 220, 325.
Siberia, 150, 223, 229, 324.
Sidón, 58.
Sierra del Norte, 46, 54.
Sinaloa, 44.
Smith, estrecho de, 323.
Sonda, islas de, 259, 328.
Sonora, provincia de, 251.

Soria, 27.
Sotavento, islas de, 262.
Spitzberg, islas de, 60, 227, 324.
Suiza, 165, 307.
Surco, 240.
Surinam, 137.
Sussex, 114.
Svalvard, islas de, 324.
Sydney, 259.
Tahuantinsuyo, 26, 81.
Talcahuano, 257.
Támesis, 115.
Tanganika, 23.
Tánger, 70.
Tarma, 240.
Tartessos, 28.
Tasmania, 225, 227, 326.
Tecuamapa, 235.
Tehuacán, 44.
Tejas, 43.
Tenayuca, 53.
Tenerife, 328.
Termancia, 28.
Terranova, 60, 135, 208.
Teruel, 196.
Texas, 23.
Texcoco, 53.
Texel, 220.
Tharandt, 282, 311.
Thule, 58, 60.
Tiahuanaco, 47, 54, 55.
Tierra del Fuego, 328.
Tikal, 48.
Titicaca, 47, 55.
Titusville, 296.
Tlacopán, 53.
Tlaxcala, 64.
Toledo, 29, 32, 39, 233.
Tonga, 226, 227, 259.
Torres, estrecho de, 225.
Toscana, 109.
Trafalgar, 262, 298, 325.
Trento, 231.
Trinidad, 262.
Trubia, 200, 314.
Tuamotu, 220, 222.
Tula, 53.
Tule, 58.
Tunguragua, volcán, 257.
Turquía, 99.
Tututepec, 235.
Tuxtla, volcán de, 251.
Uaxactún, 48.
Uruguay, 209, 246, 319.
Utrech, 171, 207, 208, 216.
Uxama, 28.
Uxmal, 48.
Valencia, 36, 87, 123, 129, 176, 180, 241, 277, 304.
Valladolid, 87.
Valparaíso, 240, 257, 328, 330.
Varsovia, 199.
Venecia, 65.
Venezuela, 72, 91, 197, 209, 232, 234, 247, 318.
Veracruz, 45, 48, 235, 327.
Viejo Continente, 68, 81, 120, 233, 234, 285.
Viejo Mundo, 74.
Viena, 312, 332.
Vigevano, 128.
Villaviciosa, 311.
Vinci, 84.
Vinland, 60.
Virginia, 59, 135-137.
Wurtemberg, 106.
Xólotl, 53.
Yakarta, 220.
Yakutsk, 224.
Yellowstone, río, 321, 333.
Yeso, 51, 229.
Yucatán, 46, 48, 50.
Zacatecas, 232.
Zaruma, 232.
Zurich, 283.

Las Colecciones MAPFRE 1492 constituyen el principal proyecto de la Fundación MAPFRE AMÉRICA. Formado por 19 colecciones, recoge más de 270 obras. Los títulos de las Colecciones son los siguientes:

AMÉRICA 92

INDIOS DE AMÉRICA

MAR Y AMÉRICA

IDIOMA E IBEROAMÉRICA

LENGUAS Y LITERATURAS INDÍGENAS

IGLESIA CATÓLICA EN EL NUEVO MUNDO

REALIDADES AMERICANAS

CIUDADES DE IBEROAMÉRICA

PORTUGAL Y EL MUNDO

LAS ESPAÑAS Y AMÉRICA

RELACIONES ENTRE ESPAÑA Y AMÉRICA

ESPAÑA Y ESTADOS UNIDOS

ARMAS Y AMÉRICA

INDEPENDENCIA DE IBEROAMÉRICA

EUROPA Y AMÉRICA

AMÉRICA, CRISOL

SEFARAD

AL-ANDALUS

EL MAGREB

A continuación presentamos los títulos de algunas de las Colecciones.

COLECCIÓN
IDIOMA E IBEROAMÉRICA

Americanismos en la lengua española.
Historia cultural del portugués en el Brasil.
El español de América.
Los orígenes del español de América.
La crítica literaria hispánica, hoy.
El español en el Caribe.
Comunicación verbal y no verbal entre españoles e indios.
Diferencias léxicas entre España y América.
El español en tres mundos.
El español de los Estados Unidos. El lenguaje de los hispanos.
El lenguaje literario de la «nueva novela» hispánica.

COLECCIÓN
LENGUAS Y LITERATURAS INDÍGENAS

Códices mexicanos.
Lenguas indígenas del Brasil.
Lenguas indígenas de Norteamérica.
Pasado y presente de las lenguas indígenas de México y Centroamérica.
Literatura de los pueblos del Amazonas.
El guaraní.
El quechua y el aymara.
El mapuche.

Este libro se terminó de imprimir
en los talleres de Mateu Cromo Artes Gráficas, S. A.
en el mes de agosto de 1992.

El libro *Relaciones científicas entre España y América,* de José Luis Martínez Sanz, forma parte de la Colección «Relaciones entre España y América», que analiza aspectos muy diversos de las relaciones entre ambos mundos, que han dejado huellas en las artes, la ciencia y la estructura de la sociedad.

COLECCIÓN RELACIONES
ENTRE ESPAÑA Y AMÉRICA

- Relaciones diplomáticas entre España y América.
- Andalucía en torno a 1492.
- La cristianización de América.
- Sevilla, Cádiz y América.
- El dinero americano y la política del Imperio.
- La idea de justicia en la conquista de América.
- Influencias artísticas entre España y América.
- Los liberales románticos españoles ante la descolonización americana.
- Influencia del Derecho español en América.
- Juegos, fiestas y diversiones en la América española.
- Historia del Derecho indiano.
- Cargadores a Indias.
- Relaciones científicas entre España y América.

En preparación :

- Linajes hispanoamericanos.
- El abate Viscardo (jesuitas e independencia) en Hispanoamérica.
- La agricultura y la cuestión agraria en el encuentro de dos mundos.
- Acciones de Cultura Hispánica en América.
- La Junta para la Ampliación de Estudios y América (1912-1936).
- Revolución Francesa y revoluciones hispánicas.
- Exiliados americanos en España.

DISEÑO GRÁFICO: JOSÉ CRESPO

La Fundación MAPFRE América, creada en 1988, tiene como objeto el desarrollo de actividades científicas y culturales que contribuyan a las siguientes finalidades de interés general:

Promoción del sentido de solidaridad entre los pueblos y culturas ibéricos y americanos y establecimiento entre ellos de vínculos de hermandad.

Defensa y divulgación del legado histórico, sociológico y documental de España, Portugal y países americanos en sus etapas pre y postcolombina.

Promoción de relaciones e intercambios culturales, técnicos y científicos entre España, Portugal y otros países europeos y los países americanos.

MAPFRE, con voluntad de estar presente institucional y culturalmente en América, ha promovido la Fundación MAPFRE América para devolver a la sociedad americana una parte de lo que de ésta ha recibido.

Las *Colecciones MAPFRE 1492*, de las que forma parte este volumen, son el principal proyecto editorial de la Fundación, integrado por más de 250 libros y en cuya realización han colaborado 330 historiadores de 40 países. Los diferentes títulos están relacionados con las efemérides de 1492: descubrimiento e historia de América, sus relaciones con diferentes países y etnias, y fin de la presencia de árabes y judíos en España. La dirección científica corresponde al profesor José Andrés-Gallego, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

EDITORIAL
MAPFRE

XXI 13

José Luis Martínez Sanz

RELACIONES CIENTÍFICAS ENTRE ESPAÑA Y AMÉRICA

COLECCIÓN RELACIONES ENTRE ESPAÑA Y AMÉRICA