

Introducción

Por «Revolución Científica» se ha venido denotando, tradicionalmente, la profunda transformación del método y contenidos del saber que dio lugar, en los siglos XVI y XVII, al nacimiento de la ciencia moderna. En las últimas décadas, con el surgimiento de la historia de la ciencia como disciplina especializada y el giro historicista de los filósofos de la ciencia, este término, inicialmente vago, se ha transformado y precisado. Desde la publicación de la influyente obra de T.S.Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas* (1962), ha venido a representar (matizaciones aparte) un modelo de cambio científico en el que una concepción de la naturaleza (o parte de ella) se sustituye por otra nueva. En este sentido, se pueden encontrar a lo largo de la historia diversas revoluciones científicas de distinto orden. Tanto más cuanto que no hay acuerdo sobre las características concretas que definen operativamente lo que es una revolución en la ciencia. Así, por ejemplo, se puede hablar de la revolución copernicana, de la revolución darwinista, o de la revolución de la química industrial de tinturas textiles en la Alemania de fines del ochocientos. Sin embargo, cuando se habla de «la» Revolución Científica (con mayúscula), no cabe duda de que se hace referencia a ese proceso renovador que condujo a la construcción de la ciencia moderna.

Los trabajos clásicos de historia de la ciencia acotaron cronológicamente esta revolución entre las figuras de Copérnico y Newton, y destacaron su carácter innovador en algunos frentes: por un lado, en la astronomía, con la formulación del heliocentrismo copernicano; por otro, en la mecánica, como disciplina creada a partir del estudio de los problemas del movimiento entre los hitos de Galileo y Newton; y también en el dominio de la

anatomía y fisiología, con las aportaciones de Vesalio y Harvey. La investigación posterior, sin denegar la importancia de estos cambios, se ha extendido a la indagación de los producidos en otras disciplinas, como la química, la física experimental, y el conjunto de saberes que más tarde se aglutinará bajo la denominación de «biología». También, por otra parte, ha puesto en evidencia que los cambios científicos, por más conceptuales que sean, no se producen aislados de la influencia de otros factores externos a la ciencia, como los políticos, económicos, sociales e institucionales, que a su vez se ven influidos por ella.

Con todo esto, el estudio de la Revolución Científica se ha enriquecido mucho, y se ha complicado mucho más, de tal modo que sus límites y características inicialmente establecidos se han diluido, sin perder su importancia, en un panorama complejo que todavía dará para largos años de indagación (si es que ésta puede terminar alguna vez). Y con todo ello se ha ido poniendo de relieve, cuanto menos para algunos, que el término «Revolución Científica» debe usarse más bien como una etiqueta simbólica para denotar un proceso histórico que, como tal, constituye un tejido continuo y sin límites.

Evidentemente, el limitado alcance de esta obra, tanto en su extensión como en su carácter elemental y meramente introductorio, no puede tratar de recoger todo esto. Por ello se ha decidido acotar drásticamente sus contenidos, lo que explica que se haga escasa o nula referencia a las ciencias de la vida, o que en el caso de la química se esboze un panorama breve que no incluya la llamada «revolución química» efectuada por Lavoisier a fines del setecientos. Por otra parte, sólo se tratan algunos de los temas más destacados. Con todo ello se ha buscado eludir en lo posible lo que de otro modo hubiese sido una larga lista de nombres, fechas y logros en favor de la comprensión, inevitablemente a nivel elemental, de las cuestiones intelectuales más importantes. En esta línea, también se ha acotado notablemente la bibliografía recomendada para una mayor profundización. A través de ella y de la en ella citada, sin embargo, el lector interesado podrá ingresar en el no muy nutrido grupo de los curiosos que se interesan por estos interminables temas.

Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1418	Enrique el Navegante funda una escuela de navegación en Sagres.			
1454	Gutenberg empieza a imprimir.			
1472		Regiomontano acaba la traducción, resumen y aclaración de las teorías de Ptolomeo en el <i>Epl-tome</i> , comenzado por Peurbach.		
1492	Rendición de Granada. Descubrimiento de América.			
1514		Nicolás Copérnico escribe la primera versión del <i>De revolutionibus</i> , que publicará póstumamente en 1543.		
1517	Carlos I en España.			
1522	Elcano finaliza la circunnavegación del globo iniciada por Magallanes.			

Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1530	Francisco I funda el Collège de France.			Paracelso publica su <i>Paragranum</i> , sugiriendo el uso de remedios medicinales de origen mineral.
1537			Se publica <i>Della nova scientia</i> de Niccolò Tartaglia, con el que se inaugura la ciencia de la balística.	
1540	Sublevación de Gante	Rético publica un avance del <i>De revolutionibus</i> .		
1543		Se publica el <i>De revolutionibus</i> de Copérnico		Vesalio publica el <i>De humana corporis fabrica</i> .
1545	Concilio de Trento			
1551		Erasmus Reinhold publica unas tablas astronómicas basadas en la teoría de Copérnico		
1553				Miguel Servet descubre la circulación pulmonar de la sangre.
1556				Se publica <i>De re metallica</i> de Agricola.

Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1561				<i>Observationes anatomicae</i> de G. Fallopio.
1568	Proyección de Mercator.			
1572	Noche de San Bartolomé. El Duque de Alba fracasa en los Países Bajos.	Tycho Brahe observa la aparición de una nueva estrella. Su <i>De nova stellae</i> se publicará al año siguiente.		
1575	Felipe II funda en Madrid la Academia de Matemáticas.			
1576			R. Norman descubre la inclinación magnética.	
1577	F. Drake circunnavega el mundo.	Tycho Brahe calcula la paralaje del cometa aparecido ese año y concluye que es un fenómeno supralunar.		
1584	Guerra entre Felipe II e Isabel de Inglaterra.	Giordano Bruno, desde una posición mística, defiende el sistema copernicano y la idea de que las estrellas son soles rodeados de planetas.		

Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1585	A. Farnesio toma Amberes. W. Raleigh coloniza Virginia.		Giovanni Battista Benedetti publica una obra criticando las concepciones aristotélicas sobre el movimiento. S. Stevin comprueba la caída de los graves.	
1589	Los ingleses atacan Lisboa y La Coruña. Asesinato de Enrique III.			Se inicia la primera edición completa de las obras de Paracelso.
1590			Galileo redacta el <i>De motu</i> .	
1592	Johannes Kepler publica el <i>Mysterium cosmographicum</i>	Galileo inventa el termómetro		
1594	Mapier inventa los logaritmos.			
1596		D. Fabricio descubre Mira, la primera estrella variable		
1597				<i>Alchemia</i> de Libavio.
1600	G. Bruno es quemado por hereje		William Gilbert publica el <i>De magnete</i> .	
1602	Es fundada por los holandeses la Compañía de las Indias Orientales.	Se publica póstumamente la <i>Astronomiae instauratae progymnasta</i> de Tycho Brahe, editada por Kepler.		

Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1603	Se funda en Roma la Academia dei Lincei			
1604		Kepler observa una nueva estrella en la constelación de Ofiuco: la describirá dos años después en su <i>De stella nova</i> .	Kepler publica su <i>Ad vitellionem paralipomena</i> .	
1609	Expulsión de los moriscos	Kepler publica la <i>Astronomia nova</i>	Galileo construye su primer telescopio.	
1610	Asesinato de Enrique IV	Galileo publica el <i>Sidereus nuncius</i> .		
1611		Kepler describe en su <i>Dioptrice</i> el telescopio astronómico.		
1613		Galileo publica su estudio sobre las manchas solares.		
1619		Kepler publica el <i>Harmonice mundi</i> . También el <i>Epitome astronomiae Copernicanae</i> .		
1620	F. Bacon publica el <i>Novum organum</i>			
1621	Muerte Felipe III y accede al trono Felipe IV		W. Snell descubre la ley de la refracción.	

Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1627		Kepler publica las <i>Tablas Rudolfinas</i> .		
1628				W. Harvey publica <i>De motu cordis</i> demostrando la circulación sanguínea.
1632			Galileo publica el <i>Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo</i> , defendiendo las ideas copernicanas.	
1635			H. Gellibrand publica el descubrimiento de la declinación magnética.	
1637	Aparece el <i>Discurso del método</i> de Descartes, seguido de los <i>Meteoros</i> , la <i>Dióptrica</i> y la <i>Geometría</i> .			
1638			Se publican las <i>Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias</i> de Galileo.	
1639		J. Horrocks observa el primer tránsito de Venus por el disco solar		

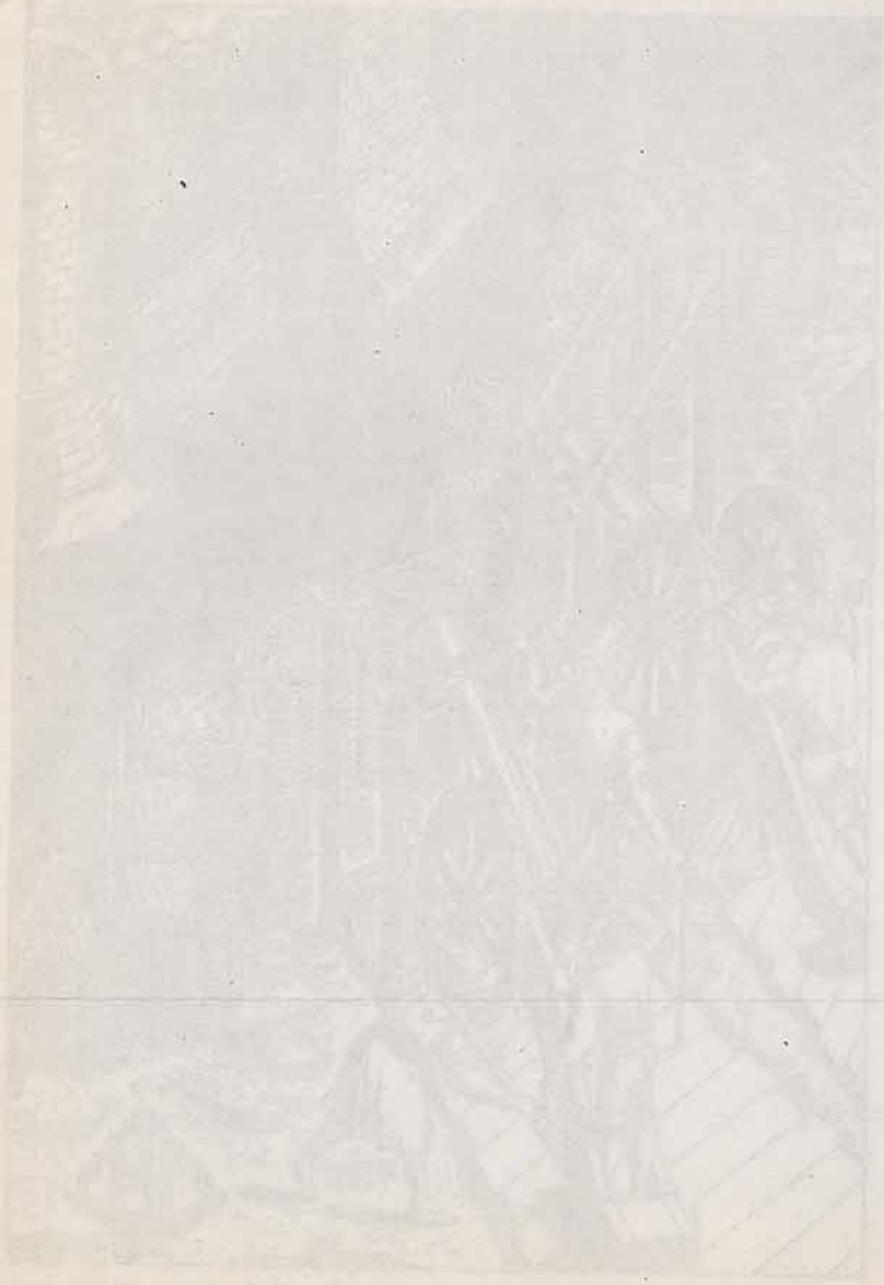
Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1640			Evangelista Torricelli publica su <i>De motu gravium</i> , aplicando a los fluidos la mecánica galileana.	
1643			Torricelli construye el primer barómetro de mercurio.	
1644			Se publican los <i>Principios de filosofía</i> de Descartes, donde aparece la teoría de los vórtices.	
1647		<i>Selenografía</i> de J. Hevelius.		
1648			Périer sube al Puy de Dôme al servicio de Pascal.	Se publica el <i>Ortus medicinae</i> de Van Helmont.
1649	Inicio de la Commonwealth		En su <i>Syntagma philosophiae</i> , Pierre Gassendi defiende la existencia de los átomos.	
1650		G. B. Riccioli observa Mizar con el telescopio, y descubre la primera estrella doble.	O von Guericke construye la primera bomba de vacío.	M. Malpighi aplica el microscopio a estudios anatómicos.
1656			Huygens desarrolla el reloj de péndulo	

Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1657	Se funda en Italia la Accademia del Cimento			
1658				J. Swammerdam descubre los glóbulos rojos.
1660	Se funda la Royal Society. Restauración monárquica.			
1661	Se empieza a publicar la <i>Gazeta de Madrid</i> .			Se publica <i>El químico escéptico</i> de R. Boyle.
1664	Los ingleses conquistan Nueva York (antes Nueva Amsterdam).		Se publica póstumamente <i>El mundo</i> de Descartes, donde se defiende la teoría copernicana.	
1663		J. Gregory proyecta el primer telescopio reflector viable.		
1665	Comienza la publicación de las <i>Philosophical Transactions</i> , revista de la Royal Society. En Francia se funda el <i>Journal de Savants</i> .		Robert Hooke publica la <i>Micrografía</i> . Se publica el descubrimiento de la refracción por Grimaldi.	R. Lower inicia la técnica de transfusiones de sangre.

Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1666	Se funda en París la Académie des Sciences. Gran fuego de Londres.			Boyle defiende una filosofía química de corte corpuscular en su <i>Origen de las formas y cualidades</i> .
1667	Se funda en París el Observatorio de la Académie des Sciences.	Se introduce el micrómetro en astronomía.		J. Ray inicia su flora de las Islas británicas.
1668				F. Redi ataca experimentalmente la generación espontánea. R. de Graaf descubre la estructura de los testículos y luego la de los ovarios.
1669				Becher formula su teoría química.
1671		J. Picard publica la longitud de un grado de meridiano.		
1673			En su <i>Horologium oscillatorium</i> , C. Huygens publica la ley de la fuerza centripeta.	
1675	Se funda el Observatorio Real de Greenwich			Nicolás Lémery publica su <i>Cours de Chymie</i> .

Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1676			O. Römer anuncia su cálculo de la velocidad de la luz.	
1677				A. van Leeuwenhoek descubre animales unicelulares.
1679			E. Bartholin descubre la doble refracción del espato de Islandia.	
1680			D. Papin desarrolla la primera «olla a presión».	Se publica el <i>De motu animalium</i> , donde G. A. Borelli aplica el mecanicismo a los seres vivos.
1682	Se funda en Leipzig otra revista científica, las <i>Acta eruditorum</i> .			
1686	Liga de Augsburgo.	Se publican los <i>Entretiens sur la pluralité des mondes</i> de Fontenelle, donde se divulgan los vértices cartesianos y se defiende la idea de la pluralidad de los mundos habitados.		
1687			Se publican los <i>Principia</i> de I. Newton	

Año	General	Astronomía	C. Físicas	Química y C. de la vida
1692			C. Huygens publica el <i>Tratado de la luz</i> .	
1697				G. E. Stahl introduce la teoría del flogisto.
1698	F. Savery inventa una bomba de agua accionada por vapor.			
1700	Leibniz convence a Federico I de Prusia para que funde la Academia de Ciencias de Berlín. La casa de Borbón en España con Felipe V.			
1704	Toma de Gibraltar.		Se publica la <i>Optica</i> de Newton.	
1705		E. Halley identifica el cometa que lleva su nombre.	F. Haubskée inicia experimentos de electricidad en la Royal Society.	
1712	Máquina de vapor de Newcomen para achicar el agua de las minas. Felipe V funda la Biblioteca Real (actual Biblioteca Nacional).			



1.

El medio cultural de la Revolución Científica

A los científicos y a los filósofos les gusta pensar que la ciencia produce conocimientos. Tal vez sea cierto, pero para los historiadores y el público general la ciencia produce cohetes espaciales, bombas atómicas y vídeos. Así pues, sus rasgos más visibles y relevantes son económicos, políticos y militares. Con todo, este carácter globalmente práctico de la ciencia es muy reciente, de los dos últimos siglos. Durante los dos mil años anteriores al 1600, la actividad científica poseía una muy escasa influencia sobre la infraestructura social, razón por la cual (con la comprensible excepción de la medicina y a veces de la astrología) podía dejar de practicarse sin graves efectos según el capricho de los príncipes o el gusto errático de los ciudadanos ociosos. El impacto de la ciencia sobre el conjunto de la sociedad era entonces despreciable, mientras que hoy día estamos acostumbrados a que el desarrollo científico sea tan importante como para que nuestra civilización no pueda subsistir sin él.

¿Cuándo cambió esta relación? Ya en el siglo XVIII el modo científico de proceder se asoció íntimamente con la industria, la cual durante siglos había estado en manos de artesanos tan hábiles como iletrados. Esa asociación fue posible merced a los cambios profundos que experimentó la ciencia durante los dos siglos anteriores, lo que se ha dado en llamar la Revolución Científica. Tales cambios fueron inducidos por la aparición de un modelo de sociedad que tuvo a bien uncir la ciencia al carro del desarrollo económico. Desde los buenos y viejos tiempos clásicos, la ciencia se tenía por una actividad liberal contemplativa, sin conexión con las prácticas artesanales. Con todo, en el Renacimiento algunas pocas aplicaciones útiles de

la ciencia pasaron a primer plano como indicios de sus enormes potencialidades para resolver problemas nuevos nunca antes abordados ni soñados.

A partir del Renacimiento, merced al auge mercantil y comercial asociado a la expansión europea, los problemas proliferaron con mayor rapidez de la que tenían para abordarlos los esquemas medievales, jerarquizados y estables. Eran tiempos revueltos. El contraste entre el orden medieval y el desorden moderno podrá calibrarlo el lector comparando los mundos reflejados, más allá de la trama, en dos excelentes novelas, *El nombre de la rosa* de U. Eco y el *Opus nigrum* de M. Yourcenar, pues una buena novela vale más que un libro de historia, aunque sea tan bueno como éste que tienes en tus manos, amable lector.

La decadencia de las superinstituciones medievales, el Imperio y el Papado, contrastaba con el auge de la burguesía ciudadana que irrumpió con nuevos intereses y valores, cuya expresión teológica (la teología no por abstracta es menos práctica) desgarró la unidad europea con guerras de religión. Tras ella estaban diversos modelos de estado moderno, como las monarquías española e inglesa. Los méritos de ambas a la hora de asumir el desarrollo técnico se vieron simbólicamente en 1588, cuando la paradójica Armada Invencible, compuesta por lentos galeones trasatlánticos lanzados al viejo sistema de abordaje, fue derrotada por barcos más marineros que luchaban a cañonazos sin permitir el contacto. Habiendo desarrollado una cureña que hacía fácil la recarga, disponían de una cadencia de fuego muy superior, pues tras la primera andanada los cañones católicos enmudecían. Y eso sin mencionar su deficiente perforación y fundición.

A la agitación interna europea se sumaba el cambio de esquema geográfico. Por Oriente, el turco llegaba a Constantinopla (1453) y asediaba Viena (1529), poniendo fin al antiguo Imperio y a la llegada de manuscritos y eruditos bizantinos. Por Occidente, portugueses y españoles descubrieron campos que los antiguos ni siquiera imaginaban, desbordando los patrones técnicos, financieros, antropológicos e ideológicos anteriores.

Así pues, el nuevo orden europeo, inestable y fluido, dependía comercial y militarmente de dos tecnologías paradigmáticas, la navegación oceánica y el cañón. Ellas fueron de importancia primordial para promover la ciencia a la categoría de actividad social necesaria. Cuando se navegaba por el Mediterráneo, en el que es difícil pasar mucho tiempo sin avistar puntos reconocibles de la costa, cualquier piloto viejo y tuerto valía más que Einstein; pero las cosas cambiaban a la hora de surcar el océano. Hallar el rumbo y la hora exigía mirar la aguja y el cielo; pero sobre todo determinar la latitud y la longitud suponía recurrir a conocimientos astronómicos e instrumentos matemáticos. Aparecieron academias e instituciones promovidas por el reconocimiento de la importancia práctica de las matemáticas y la astronomía, ciencias bien desarrolladas desde la Antigüedad, cuando apenas habían servido (placer intelectual aparte) para hacer mejores calenda-

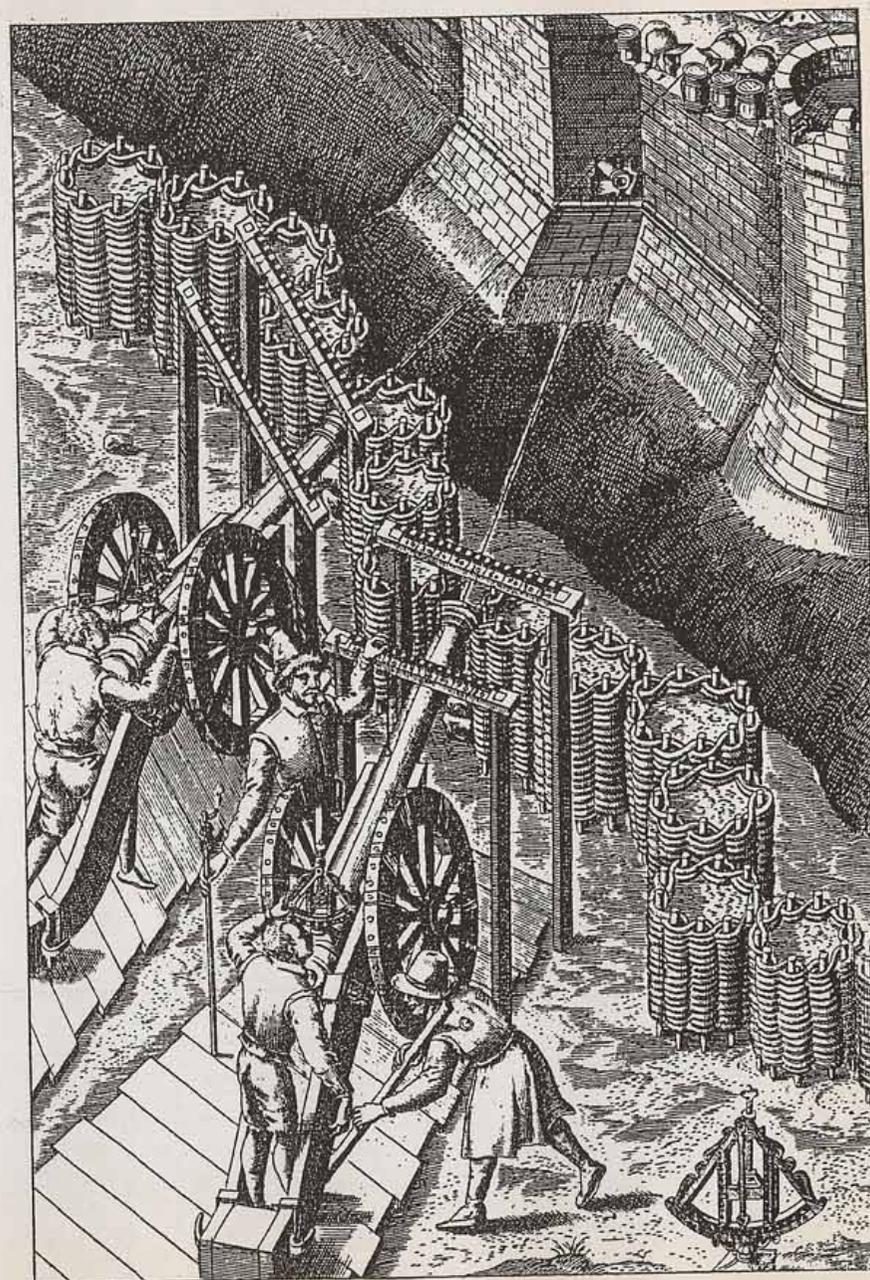


Figura 1.1. Matemáticas prácticas y artillería. (Agostino Ramelli. *Le diverse et artificiose machine*. Paris, 1588.)

rios y horóscopos. Esta fue la *vía matemática y mecánica* de la nueva ciencia.

Pero, al mismo tiempo, el cañón entonaba su canto áspero y la brújula marcaba su enigmático rumbo sin que existiera una química ni una física que ayudase a su control, al modo en que las matemáticas habían hecho con la navegación. Algunos decidieron que los debates de los matemáticos copernicanos y ptolemaicos eran una pérdida de tiempo, mientras que la pólvora y sus efectos mágicos (la magia natural es el arte de conseguir grandes efectos de causas insignificantes) no había recibido la atención de los filósofos naturales. Y con la pólvora estaban los procesos metalúrgicos y mineros, especialmente valorados debido a la multiplicación por un factor de cinco a diez de la magnitud de los ejércitos en los que la artillería tenía una función primordial. Esta fue la base de la *clave química* de las nuevas ciencias del fuego, mucho más radicales y revolucionarias que la *vía matemática* por cuanto que carecían de antecedentes clásicos y debían partir de cero mediante la experimentación y la búsqueda de esquemas conceptuales heterodoxos como el hermetismo y la magia, continuos con el espíritu fáustico de los nuevos tiempos.

A la vez, la información y comunicación florecieron con el desarrollo de la imprenta y la educación. Los protestantes lanzaron campañas de alfabetización para fomentar la lectura de la Biblia, los jesuitas organizaron escuelas y los reformadores como Moro, Vives o Comenio desarrollaron esquemas educativos. Las gafas, que se habían inventado en el siglo XIII, eran en el XVI un adorno usual en las narices europeas. Los artesanos empezaron a leer e incluso a escribir libros y los eruditos universitarios repararon en la aplicabilidad práctica del saber para beneficio de la humanidad. Las universidades reaccionaron positivamente, especialmente en el campo médico, y allí donde su adaptación era más difícil, como en las ciencias herméticas y matemáticas, aparecieron nuevas academias e instituciones científicas que ampliaron las oportunidades profesionales de los científicos. En este capítulo atenderemos a las transformaciones sociales e intelectuales en que se habrá de desenvolver la nueva ciencia.

1.1. La invención del desarrollo

Hacia el año 1000 Europa era una zona deprimida en comparación con Bizancio o el Islám; pero en el siglo XV, y a pesar de la importancia del Imperio turco, la situación se había invertido. Los cristianos, no más de un quinto de la población del globo, iniciaron la marcha hacia el sistema económico mundial expandiéndose a Occidente por el océano y al Oriente por las estepas continentales, movidos por un dinamismo nunca visto: habían descubierto el valor de la innovación en el campo comercial y manufacturero, lo cual tendría consecuencias sobre las demandas hechas inmediata-

mente a la tecnología y posteriormente a la ciencia. Se había inventado el *valor* de inventar.

Durante el siglo XV se extinguió paulatinamente la servidumbre, dando lugar en el campo a aparceros que pagaban una renta; en las ciudades los gremios cedieron ante capitalistas individuales, liberalizando las restricciones a la producción. El aumento de asalariados libres, unido al crecimiento de la población, que pasa de 80 millones en 1500 a 105 en 1600, disparó la demanda de bienes manufacturados y de servicios profesionales, aunque inicialmente sólo eran accesibles a una minoría, pues el común de los mortales estaba muy ocupado tratando simplemente de mantener unidos alma y cuerpo. El 90 % de la demanda por encima de la subsistencia correspondía a la exigua clase burguesa, y ella marcaba la pauta; aunque, exceptuando Florencia y Flandes, fuese inusual encontrar centros manufactureros con medio millar de trabajadores, la tendencia estaba esbozada.

Por el momento la mayor demanda correspondía a los estados, pues las oposiciones nacionales, tanto comerciales como militares, crearon grandes necesidades en el terreno naval y metalúrgico. Los ejércitos se decuplicaron entre el XV y el XVI, y el trote que recibe su equipo contribuyó a aumentar esa demanda, lo cual explica la aparición de grandes banqueros como los Fugger o los Welser en la minera Alemania del sur, o las grandes fortunas de los industriales del armamento, como los de Geer, Tripp o De Beche, especialmente en los Países Bajos, preponderancia que pasó, entrado el XVII, a Inglaterra y Suecia.

La iniciativa nacional movilizó enormes capitales para armar flotas ultramarinas. La Compañía de las Indias Orientales holandesa apareció a finales del XVI, seguida a comienzos del XVII por la inglesa mucho menos importante, si bien en las Occidentales dominaba Inglaterra. La política mercantilista que gravaba la exportación de materias primas y favorecía su importación desembocó a mediados de siglo en las guerras entre Inglaterra y Holanda que ahogaron la hegemonía de ésta. Sin salida hacia las Indias, pero con un mercado interno casi cuatro veces el inglés, la Francia de Colbert se orientó a proteger y desarrollar sus manufacturas. Eliminadas de la competición desde 1600 España y la Italia del Norte, estancada luego Holanda a partir de 1650, Francia e Inglaterra comenzaron a perfilarse como las grandes rivales que serían en el XVIII. Pero dejemos el patrón geográfico del desarrollo económico para el apartado siguiente, llamando aquí la atención sobre sus efectos intelectuales.

El desarrollo renacentista fue más mercantil y financiero que industrial; pero, aunque no se debe exagerar la magnitud del desarrollo manufacturero, su importancia fue enorme. En realidad la industria se alimentó de desarrollos tecnológicos medievales, como el alto horno que licúa plenamente el metal, dando lugar al colado, y clásicos, como las viejas máquinas simples, polipastos, grúas, bombas impelentes y sus combinaciones. Lo real-

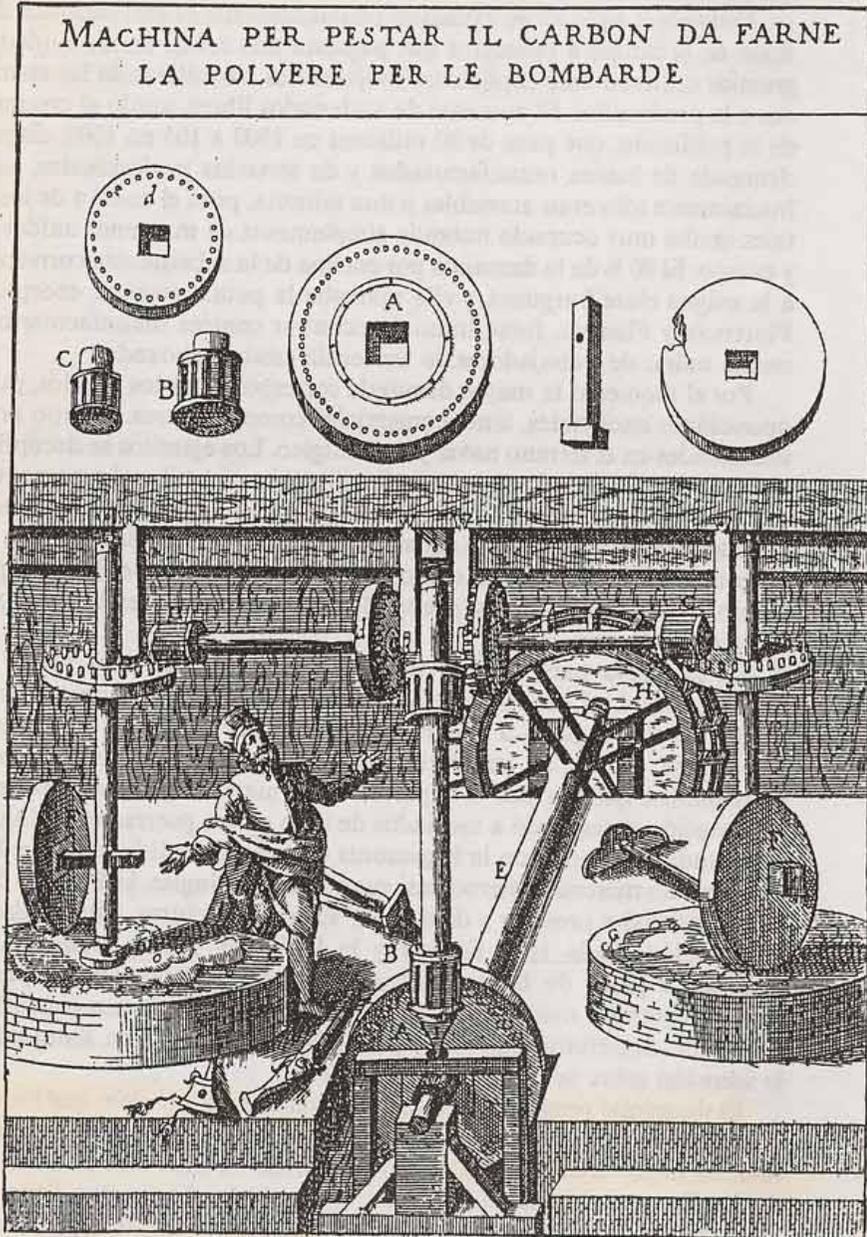


Figura 1.2. Energía hidráulica aplicada a máquinas industriales. (Vittorio Zonca, *Novo teatro di machine et edificii per varie et sicure operationi*, Padua, 1607.)

mente nuevo fue la planificación de su uso organizado al servicio de la producción para el mercado. Las fuentes de energía no animal, ruedas hidráulicas o molinos de viento, se acoplaron a mecanismos transformadores, batanes, bombas o fuelles, que ahorran trabajo y aumentaban la productividad. Aunque inicialmente se aplicaron casi exclusivamente a la minería, especialmente la de metales preciosos, constituyeron el suelo en el que creció el espíritu de *Fausto*, la borrachera del poder transformador y mágico (dicho sin metáfora) del saber, y las ideologías prácticas que insistían en el dominio de la naturaleza en bien de los ciudadanos. Las filosofías de carácter mecánico-corpúscular son, no menos que las de raigambre químico-hermética, la respuesta intelectual a la percepción de una realidad social nueva y fascinante; el desarrollo material aportado por la técnica.

1.2. Geografía del desarrollo económico y científico

Decía Bertoldt Brecht que el hombre lo que quiere es su pan. Después puede fumar un purito y luego, si acaso, escuchar a Mahler, leer a Wordsworth o interesarse por los agujeros negros. Mientras una población se mantiene en niveles de subsistencia, no cabe esperar que dedique muchos individuos y esfuerzos a actividades de los últimos tipos, cosa que sí ocurrirá con un aumento de excedentes capaz de liberar a un número creciente de ciudadanos de las tareas más imprescindibles para la supervivencia. Si además se barraunta que algunas de aquellas actividades pueden servir para mejorar los rendimientos, miel sobre hojuelas. Eso ocurrió con la ciencia desde el Renacimiento.

Cuadro de los principales renacentistas

Aparecen en cursiva los más importantes científicamente. Obsérvese la precocidad de los italianos y su abrumadora preponderancia hasta el siglo xvii. El efecto sería aún mayor si se hubiesen incluido en su columna los personajes de otras nacionalidades que se educaron y trabajaron en Italia. Siguen en importancia los países alemanes del Imperio Germánico (entre los que se cuentan regiones centroeuropeas como Suiza, Austria, Bohemia, Alsacia, Moravia, Silesia, etc., pero no los Países Bajos que merecen mención aparte). Inglaterra comienza a mostrar signos de desarrollo científico en el último cuarto del siglo xvi, mientras que España y Portugal, representadas aquí con generosidad, decaen claramente a partir de dicho siglo, no experimentando el general aumento de personalidades que se da en los otros lugares a media que se avanza hacia el siglo xvii. (Los efectos de la Inquisición española se empiezan a hacer sentir drásticamente a mediados del xvi, cuando, por ejemplo, dejan de comprarse libros en la Universidad de Salamanca). La situación en Francia no es inicialmente muy notable, a pesar de su importancia en siglos venideros (especialmente el dieciocho). Es considerable la contribución de los Países Bajos, pues, a pesar de su pequeñez, presentan una cantidad de científicos importantes superior a la de Inglaterra.

La población europea hacia 1500 se estima en 81.800.000 habitantes, de los cuales 10.000.000 son italianos; 12.000.000 alemanes; 4.500.000 de las islas británicas; 9.300.000 de la península Ibérica; 1.900.000 de los Países Bajos, y 16.400.000 franceses.

CUADRO I

S	Italia	Alemania	Inglaterra	Iberia	Países Bajos	Francia	Otros
XIV	Petrarca, F. (1304-1374) Bías de Parma (1330-1416) Brunelleschi (1379-1446) Toscanelli, P. (1397-1482)	Casa, N. (1401-1464) Peurbach, G. (1423-1461) Walter, B. (1430-1504) <i>Regiomontano</i> (1436-76) Brunschwig, H. (1450-1512) Behaim, M. (1459-1507) Rüllein, v. von Calw (1465-1523) Dürero, A. (1471-1528) Agrippa, H. C. (1486-1535) Hartmann, G. (1489-1564) <i>Agricola</i> (1490-1555) <i>Paracelso</i> (1493-1541) Apiano, P. (1495-1552) Osander, A. (1498-1552) <i>Fuchs, L.</i> (1501-1566) Günther, J. (1505-1574)	Linacrc. I. (1460-1524) Moro, T. (1474-1535)	Crescas, H. (1340-1410) Zacuto, A. (1450-1522) León Hebreo (1460-1535) Coronel, I. N. C. m. 1531) Cruvelo, P. (1470-1554) Oviedo, G. H. (1478-1537) Juan de Celaya (1490-1538) Vives, L. (1492-1540) Monardes, N. (1493-1588) Domingo de Soto (1494-1570) Laguna, A. (1495-1560) Bernardino de Sahagún (1499-1590) Núñez, P. (1502-78) Santa Cruz, A. (1505-1567) Salinas, F. de (1508-80)	Erasmus, D. (1467-1536)	D'Étiaples (1455-1536) Rabelais, F. (1494-1553) Fimé, O. (1494-155) Fernel, J. (1497-1558)	Chrisoboras, M. (1355-1415) —griego—
XV	Pomponazzi, P. (1462-1525) Acihlini, A. (1463-1512) Pico, de la Mirandola, G. (1463-94) Maquiavelo, N. (1469-1527) Nifo, A. (1469-1538) Berengario, J. (1470-155) Fracastoro, G. (1478-1533) Calcegattini, C. (1479-1541) <i>Biringuccio, V.</i> (1480-1539) Scaliger, J. C. (1484-1558) Mauritico, F. (1494-1575) <i>Targuina, N.</i> (1500-57) <i>Candano, G.</i> (1501-76) Mantici, P. A. (1501-77) Amici, G. B. (1502-38) Piccolomini, A. (1508-1578)						Copérmico, N. (1473-1543) —polaco—

Comandantino, F. (1309-75) Telesio, B. (1509-88) Canano, G. (1515-79) <i>Colombo, R.</i> (1516-59) <i>Coatipua, A.</i> (1519-1603) <i>Albionardi, U.</i> (1522-1605) <i>Falopio, G.</i> (1523-1662) <i>F. d'Acquapendente</i> (1523-62) Patrizzi, F. (1629-1597) Bombelli, R. (1530-72) <i>Benedati, G. B.</i> (1530-90) <i>Rumelli, A.</i> (1531-1590) Zabarella, J. (1533-89) <i>Della Porta, G.</i> (1534-1615) <i>Monte, G. del</i> (1545-1607) Bruno, G. (1588-1600) Cremontini, C. (1550-1631) Valerio, L. (1552-1618) Baldi, B. (1553-1617) Santorio, S. (1561-1636) <i>Galilea, G.</i> (1564-1642) Zonca, V. (1568-1602) Campanella, T. (1568-1639) Neri, A. (1576-1614) Castelli, B. (1578-1643) Aselli, G. (1581-1620) <i>Cavalieri, B.</i> (1598-1744) <i>Riccioli, G. B.</i> (1598-1671)	Reinhold, E. (1511-53) Reiro, G. J. (1514-74) Geener, K. (1516-65) Ercker, L. (1530-94) Camerarius, Jr. (1534-1598) Clavius, C. (1537-1612) Libavius, A. (1540-1616) Rothmann, C. (?-1608) Bauhin, G. (1550-1624) <i>Maeftlin, M.</i> (1550-1631) Valentin, B. (fl. 1599-1624) Kepler, J. (1571-1630) Semmer, D. (1572-1637) <i>Schoner, C.</i> (1573-1630) Boeme, J. (1575-1624) Marci, M. (1595-1667)	Reorde, R. (1510-38) Digges, L. (1515-1570) Dec, J. (1527-1608) Gilbert, W. (1540-1630) Digges, T. (1545-1595) Nupier, J. (1550-1617) Norman, R. (?-1596) <i>Harnot, T.</i> (1560-1621) Wright, E. (1561-1615) <i>Bacon, F.</i> (1561-1626) Briggs, H. (1561-1630) Fludd, R. (1574-1637) <i>Oughtred, W.</i> (1574-1660) <i>Harvey, W.</i> (1578-1657) Gunter, E. (1581-1626) Cellibranno, H. (1597-1636)	Servet, M. (1511-53) Lusitanus, A. (1511-1568) Gómez Pereira (m. 1538) Hernández, F. (1517-78) Valles, F. (1524-1592) Huante de San Juan, J. (1526-1588) Valverde, J. (fl. 1552) Zúñiga, D. de (1536-89) Acosta, J. de (1539-1600) Sánchez, F. (1550-1623) Villalpando (1552-1609) Hondius, J. (1563-1611) Blaeu, W. (1571-1638) <i>Van Helmont</i> (1577-1644) Sted, W. (1580-1626) Jung, J. (1587-1657) <i>Beckman, J.</i> (1588-1637) Gassendi, P. (1592-1655) <i>Descartes, R.</i> (1596-1650)	Mercator, G. (1512-94) <i>Vesalio, A.</i> (1514-1565) Wier, J. (1515-88) Clavius, C. (1526-1609) Ornelius, A. (1527-94) Lobelius, M. (1538-1616) Stevin, S. (1548-1620) Beguain, J. (1550-1620) Hondius, J. (1563-1611) Blaeu, W. (1571-1638) <i>Van Helmont</i> (1577-1644) Sted, W. (1580-1626) Jung, J. (1587-1657) <i>Beckman, J.</i> (1588-1637) Gassendi, P. (1592-1655) <i>Descartes, R.</i> (1596-1650)	Paré, A. (1509-90) Palscy, B. (1510-89) De Foix, F. (1512-94) Ramus, P. (1515-72) Belon, P. (1517-64) Montaigne (1533-95) Viète, F. (1540-1603) Brahé, T. (1546-1601) —dante— Beguain, J. (1550-1620) Petrus, N. (1580-1637) <i>Moranne, M.</i> (1588-1648) <i>Desargues, G.</i> (1591-1661) Gassendi, P. (1592-1655) <i>Descartes, R.</i> (1596-1650)
---	--	--	--	--	---

Los cuadros incluidos en esta sección son ejemplos cualitativos en los que los personajes se han seleccionado a ojo, sin criterios de muestreo bien especificados. Pero no por ello son menos ilustrativos del desplazamiento conjunto de las áreas de mayor actividad económica e intelectual.

Portugal y España iniciaron en el XV exploraciones oceánicas que dieron una buena cantidad de oro y plata. Por eso fueron pioneras en la organización estatal de centros técnicos, como la desconocida Escuela de Sagres a comienzos del XV, la Junta de Matemáticos del Juan II de Portugal (1480), la Casa de la Contratación (1508) o a la Academia de Matemáticas de Felipe II (1582), adelantándose en uno o dos siglos a esquemas comparables en otras partes de Europa. Por desgracia, el modo de obtener oro americano no llevó a desarrollar las finanzas, manufacturas y comercio, sino a comprar bienes y servicios a otros países, contribuyendo al auge de Italia, Francia, Holanda y Alemania. Peor aún, el modelo castellano de explotación estatal y su ideología contrarreformista llevaron a Felipe II a librarnos de pecaminoso influjo europeo, prohibiendo la libre circulación de libros e ideas, así como la salida de estudiantes al extranjero (1559), precisamente cuando se iniciaba la Revolución Científica. Todo ello, unido a la depresión de principios del XVII, explica nuestra ausencia del panorama científico en dicho siglo crucial.

Desde los tiempos del buen Marco Polo hasta finales del XVI, las ciudades del norte de Italia desarrollaron las manufacturas textiles, así como el comercio y las técnicas financieras, alcanzando el esplendor en la arquitectura y el arte que todo buen turista ha padecido. Ello se refleja en el dominio absoluto del número de científicos italianos hasta el estancamiento del XVII. El espíritu de libre empresa comercial chocó con la presencia militar en la zona del conglomerado castellano-papista. Las guerras mantenidas en su suelo en la primera parte del XVI entre España, Francia y Alemania supusieron una considerable destrucción de capital y mano de obra. Esta se encareció, fortaleciendo los gremios, con lo que disminuyeron las innovaciones y los precios subieron con pérdida de competitividad. Tras un veranillo de San Martín en la segunda mitad del XVI, la peste de 1630 acabó con un cuarto de la población, reproduciendo las consecuencias del encarecimiento de la mano de obra y sumiendo a Italia en medio siglo de depresión seguida de estancamiento. Si se suma el Concilio de Trento, con sus secuelas sobre la libertad individual, la condena de Galileo y el aumento de las cátedras de teología frente a las de matemáticas, se comprenderá la recesión científica del XVII.

Todavía en 1600 la mitad de la población europea, de unos 100 millones, se concentraba en el área mediterránea. A partir de entonces se inicia un desplazamiento hacia el norte. Los Países Bajos y Alemania eran zonas desarrolladas desde el XIII. Baste recordar la Liga Hanseática de ciudades dedicadas al comercio entre el Nordeste europeo y el Mediterráneo entre el

XIII y el XV; o las mencionadas ciudades mineras del sur de Alemania dedicadas al comercio de armamento a comienzos del XVI. El caso holandés fue espectacular porque con un exiguo 3 % de la población (frente a casi el 18 % de Francia o el 13 % de Alemania) se convirtió entre 1550 y 1650 en la primera potencia industrial y mercantil. Vencer las dificultades geográficas del país llevó a desarrollar una agricultura y pesca (arenques y ballenas) avanzadas. Pero la mayor dificultad inicial, la falta de materias primas, se convirtió en bendición al obligarlos a concentrarse en la transformación industrial de materias importadas, lo que de paso desarrolló la industria naval. Sus astilleros, con una producción potencial de mil naves al año, los dotó de una flota que representa el 75 % del total europeo, frente al 20 % inglés o al 2,5 % francés. Asimismo, la escasez de mano de obra obligó a mecanizar el trabajo. Sus molinos fueron la primera introducción masiva de motores no biológicos, aumentando la productividad y bajando los precios, tendencia acrecentada por la decisión de obtener beneficios por volumen de ventas, en detrimento de las pañerías italianas.

La destrucción española de las Provincias del Sur desplazó hacia el Norte el capital humano representado por los valones con el saber hacer y el espíritu emprendedor capitalista. A principios del XVII los valones poseían la mitad de los mayores depósitos bancarios de Amsterdam, poniéndose en práctica técnicas capitalistas modernas como la bolsa. En correspondencia, el número de científicos holandeses compite airoosamente con los de Italia y Alemania cuyas poblaciones eran más de cuatro veces superiores.

La escasez de población y recursos primarios pusieron a Holanda en posición débil en la competencia con sus rivales. La política proteccionista

Cuadro de los principales científicos (no ya intelectuales en general, como en el anterior) nacidos en el siglo XVII, clasificados por nacionalidades y seguidos de una indicación de las principales áreas de actividad.

En algunos casos, la clasificación es un tanto arbitraria, como cuando un científico de origen nacional X, nace en el país Y, se forma en el Z y ejercen el W. La clave de las disciplinas es la siguiente: A (astronomía), An (anatomía), B (biología), Bt (botánica), F (física), Fi (filosofía de la ciencia), Fs (fisiología), G (geología), H (historia natural), M (matemáticas) Md (medicina), O (organización, difusión científica), T (tecnología).

Obsérvese que Francia se iguala con Inglaterra, sobre todo a medida que nos introducimos en el siglo XVIII (parte inferior del cuadro). Véase asimismo el descenso relativo de los Países Bajos. También se aprecia el hundimiento de los países ibéricos (España reaccionará un tanto el siglo siguiente) y el claro declinar de Italia, donde la filosofía natural desaparece tras los discípulos de Galileo en favor de las ciencias matemáticas y biomédicas. Tampoco Alemania es lo que era en el Renacimiento, tanto en cantidad como en calidad, predominando, sin embargo, en el terreno químico. Se aprecia también un pequeño pero visible auge de Suiza y Dinamarca.

Hacia 1700 la población europea se estima en unos 115.300.000 habitantes, de los cuales corresponden 9.300.000 a las islas británicas; 20.000.000 a Francia; 3.400.000 a los Países Bajos 15.000.000 a Alemania, y 13.300.000 a Italia.

CUADRO II

	Inglaterra	Francia	Países Bajos	Italia	Alemania	Suizos, Daneses y otros
1º cuarto	Wharton, T. (1614-73), An Wilkins, J. (1614-72), O Wallis, J. (1616-70), M Wharton, G. (1617-81), A Homocks, J. (1618-41), A Willis, T. (1621-75), MdAn	Lalouere, A. (1600-64), M Fernal, P. (1601-65), M Roberval, G. P. (1602-75), MF Bouilliau, I. (1605-94), MA Kohaut, J. (1620-72), F Ff Picard, J. (1620-82), FA Marote, E. (1620-84), BifS Stuse, R. F. (1622-85), M Auzout, A. (1622-91), MFA Pecquet, J. (1622-74), An Pascal, B. (1623-62), MF	Vlaq. A. (1600-67), M Piso, W. (1611-78), Bt Sylvius, F. (1614-72), Md Schouten, F. (1615-60), M	Torricelli, E. (1608-47), MF Borelli, G. A. (1608-79), MFAMd Fs Grimaldi, F. M. (1618-63), FA Ricci, M. (1619-82), M Viviani, V. (1622-1703), M Cassini, G. D. (1625-12), A Redi, F. (1626-97), MdH Malpighi, M. (1628-94), Md An G. Montanari (1633-87) AFMBG Bellini, L. (1603-04), Md Fs	Kircher, A. (1601-80), Q F HCO Guercio, O. (1602-86), FT Glauber (1604-68), MdQ Haak, T. (1605-90), O Markgraf, G. (1610-44), A Bt	Glaser, C. (1615-72), Q (suizo) Hevelius, J. (1617-87), A (polaco) Mercator, N. (1619-87), MA (danes)
2º cuarto	Ray, J. (1627-1705), BtH Boyle, R. (1627-91), F Q Towneley, R. (1628-1707), F Barrow, I. (1630-77), M Lower, R. (1631-91), MdFs Wren, C. (1626-1723), M Hooke, R. (1635-1703), F Willughby, F. (1635-72), H Gregoric, J. (1638-75), MFA Lister, M. (1638-1712), HG Mayow, J. (1640-72), Fs Q Grew, N. (1641-1712), BtH Newton, I. (1642-1727), MFA Flamsteed, J. (1646-19), A Savery, T. (1650-1715), T	Richer, J. (1630-96), FA Doddart, D. (1634-1707), BifS Vreissens (1635-1715), AnMd Malebranche, N. (1638-15), F, Ff Maignol, P. (1638-1715), Bt La Hire, P. (1640-1718), MFA Lemery, N. (1645-1715), Q Plumier, C. (1646-1706), BtH Papin, D. (1647-1712), T	Wit, J. (1625-72), M Commin, J. (1629-92), Bt Huygens, C. (1629-95), MFA Huddle, J. (1628-04), M Leeuwenhoek (1632-23), HT Swammerdam, J. (1637-80), B Raysch, F. (1638-31), BtMdAn Graaf, R. (1641-73), MdAnFs	Wren, J. (1625-72), M Commin, J. (1629-92), Bt Huygens, C. (1629-95), MFA Huddle, J. (1628-04), M Leeuwenhoek (1632-23), HT Swammerdam, J. (1637-80), B Raysch, F. (1638-31), BtMdAn Graaf, R. (1641-73), MdAnFs	Reich, F. (1626-97), MdH Malpighi, M. (1628-94), Md An G. Montanari (1633-87) AFMBG Bellini, L. (1603-04), Md Fs	Bartholin, E. (1625-98), M F (danes) Glaser, J. (1629-79), AnBt (suizo) Steno, N. (1631-87), AnG (danes) Seki, T. (1640-88), M (japones) Romer, O. (1644-10), A (danes) Sigüenza y Góngora, C. (1645-1700) (Mexicano) MAH

	Inglaterra	Francia	Países Bajos	Italia	Alemania	Suizos, Daneses y otros
3º cuarto	Picarrin, A. (1652-13), MdFs Dampier, W. (1652-15), HtBt Halley, E. (1656-42), FA Sherrill, W. (1659-28), Bt Gregory, D. (1659-88), MFA Steno, H. (1660-53), Md H Newcomen, T. (1665-29), T Woodward, J. (1665-28), GtBt Gry, S. (1666-36), F Gry, S. (1666-36), F Whiston, W. (1667-52), MFA Hanksbee, F. (1670-13), F Keil, John (1671-21), MF Cheyne, G. (1671-43), MdM Keil, James (1673-19), FsAn Stuart, A. (1673-42), Fs	Sauveur, J. (1653-16), F Tournefort, J. (1656-08), BtMd Fontenelle, B. (1657-57), MAO Maillet, B. (1658-38), G Feuillee, L. (1660-32), Bt A Lagny, T. (1660-34), M L'Hospital, G. (1661-04), M Anontons, G. (1663-05), F Moivre, A. (1667-54), M	Harscocker, N. (1656-25), FT Boerhaave, H. (1668-28), QBtMd	Lancisi, G. M. (1654-20), Md Maralli, L. F. (1658-30), HG Vallisneri, A. (1661-30), BtMdH Valava, A. M. (1666-23), An Sacchietti, G. (1667-33), M E. Manfredi (1674-1739), AF	Tschirnhaus, E. W. (51-08), MF Ff Stahl, G. (1660-34), Q Md Hoffmann, F. (1660-42), Q Md Camerarius, R. J. (1665-21), Bt	Homburg, W. (1652-15), Q (Indonesioalemanholandes) Bernoulli, J. (1654-05), MFA (suizo)
4º cuarto	Clarke, S. (1675-29), M Ft Hales, S. (1677-61), Fs Cotes, R. (1682-16), MA Taylor, B. (1685-31), M Simsom, R. (1687-68), M Miller, P. (1691-71), Bt Stirling, J. (1692-70), M Bradley, J. (1693-62), A Harrison, J. (1693-76), T Shaw, P. (1694-64), Q Maclaurin, C. (1698-46), M	Cassini, J. (1677-36), A Montmort, P. R. (1678-19), M Bourguet, L. (1678-42), BtQ Desaguliers, J. (1683-44), F Réaumur, R. (1683-57), HB MFT Astruc, J. (1684-66), Md Jussieu, A. (1686-58), HtBt Dufay, C. F. (1698-39), F Mantourin, P. (1698-59), B Bouguer, P. (1698-58), F Jussieu, B. (1699-77), Bt	Fahrenheit, G. D. (1686-36), F SGavesande (1688-42), F Musschenbroek (1692-61), F	Riccati, J. F. (1676-54), M Micheli, P. A. (1679-37), Bt Fagnano, G. C. (1682-66), M Morgagni, G. B. (1682-71), Md An	Bernoulli, N. (1687-59), M (suizo) Wronski, J. (1669-10), An (danes) Scheuchzer, J. J. (1672-33), Md H G (suizo) Hermann, J. (1678-33), M (suizo) Bernoulli, N. (1687-59), M (suizo) Heister, L. (1683-58), MdAn Dillenius, J. J. (1687-47), Bt	Klingsmiternu, S. (1698-65), MF (suizo) Brandt, G. (1694-68), Q (suizo)

de Colbert en Francia la privó de un mercado notable, mientras que la agresividad inglesa resultó desastrosa. Aún en el XV Inglaterra era un país subdesarrollado que exportaba a Amberes y Brujas más lana bruta que paños. Pero el desastre italiano a comienzos del XVI y el deterioro de la libra, depreciada por Enrique VIII, multiplicaron por 170 las exportaciones de paños. Eso entrañó la difusión de la industria textil inglesa y luego el crecimiento naval, convirtiendo a Londres en una ciudad emergente de comerciantes y artesanos interesados por la técnica y las matemáticas prácticas, como T. Gresham, fundador del Royal Exchange y del Gresham College para la formación matemática de las «clases activas». Las emigraciones de valones y hugonotes desplazados por el catolicismo continental añadieron el conocimiento de las técnicas financieras e industriales necesarias para promover y desarrollar las manufacturas.

Si no resultan insuperables, las dificultades agudizan el ingenio. Primero, la carencia inglesa de cobre llevó en el XVI al desarrollo de altos hornos y acerías. La fabricación abundante y barata de cañones benefició la exportación y permitió artillar una flota creciente. Luego, el aumento de población, la mejora del nivel de vida y la creciente industria crearon un déficit grave de madera, hasta el punto de que a comienzos del XVII se hubo de importar cañones suecos. Ello obligó a dominar el uso de recursos carboníferos, cuyo consumo se disparó a partir de 1630, decantando a Inglaterra hacia la tecnología del hierro y el carbón típica de la posterior Revolución Industrial.

La Ley de Navegación (1651) contra la función intermediaria de los armadores holandeses desembocó en la guerra de 1652-54. En 1662, Carlos II impuso la soberanía inglesa sobre los mares adyacentes, introdujo tributos pesqueros y exigió acceso a las Indias Orientales, lo que desencadenó de nuevo las hostilidades de 1665-67. So pretexto de echar una mano contra el inglés, los ejércitos franceses amenazaron por tierra la autonomía de esa pequeña nación. Comenzó entonces la hegemonía inglesa, seguida de lejos por Francia.

Pero ocupémonos ahora del ámbito más estrictamente cultural de la ciencia.

1.3. La cultura clásica: el humanismo

El humanismo tiene tanta importancia filosófica como editorial. La disrupción del orden medieval arrastró consigo una pérdida de atractivo de la filosofía de las escuelas que no mimaba el mundo del hombre, atrapado con una lógica férrea entre Dios y la Creación, al modo en que mundanamente lo estuviera entre el Papado y el Imperio. El espíritu burgués de iniciativa y riesgo individual, de autonomía moral y enfrentamiento solitario a un

mundo desconocido cuyo desenvolvimiento interno daba vértigo y cuyos límites externos se hallaban en expansión, precisaba otro tipo de filosofía.

El movimiento se inició en 1397 con las conferencias que el diplomático bizantino M. Chrysoloras dió en Florencia sobre lengua y literatura griegas. A través de este interés filológico destilaba el pensamiento y valores clásicos, la atención a héroes no cristianos enfrentados a un mundo ajeno, que suministraban un modo autónomo de enfocar la realidad presente.

En principio el humanismo no era especialmente afín a la ciencia matemática y natural, que a pesar de todo no dejaba de estar presente en el pensamiento de Platón y Aristóteles. Aunque se ha hecho mucho hincapié en la importancia del primero durante el Renacimiento, quizá por el carácter revoltoso e iconoclasta de algunos de sus seguidores, las quinientas ediciones de sus obras palidecen ante las tres o cuatro mil de Aristóteles. La orientación neoplatónica resultó espectacular aunque fuese una alternativa más programática que real; por el contrario, la obra de Aristóteles era incomparablemente superior en botánica, zoología, historia natural, lógica, etc., por lo que se podía estructurar en torno a él un curriculum universitario, algo imposible con el platonismo.

Tras la edición de los manuscritos más literarios, les llegó el turno a los más técnicos. Un 10 % de los aproximadamente 30.000 incunables eran de temas científicos, pues muchos matemáticos vivían del humanismo, como Regiomontano o Peurbach. En el terreno matemático se completó a Euclides y se dio a conocer a Arquímedes, Apolonio y Diofanto. En el biomédico se descubrió a Celso y se difundió a Teofrasto, Galeno, Aristóteles y Dioscórides. La imprenta benefició la parte gráfica que ya no se corrompía de copista a copista, incitando a incorporar dibujos originales del natural. De importancia crucial resultó el renacer de filosofías naturales olvidadas, como las de Herón de Alejandría, Cicerón o Lucrecio, cuyo *De rerum natura* se editó en 1417. El estoicismo, el atomismo y el epicureísmo ayudaron a articular las primeras filosofías naturales europeas de tipo mecánico corpuscular una vez que, agotado el filón clásico, los occidentales se enfrentaron por su cuenta a la nueva realidad técnica de su mundo, del mismo modo que las corrientes herméticas ayudaron a formular las filosofías naturales de la clave química.

1.3.1. El neoplatonismo

El neoplatonismo y naturalismo renacentista es una corriente que se caracteriza más por un talante que por un cuerpo de doctrina preciso. El movimiento se inició en la Academia florentina a mediados del XV. Cosimo de Medicis encargó a M. Ficino que postergara la traducción de los diálogos platónicos (publicados en 1484) para dedicarse al *Corpus hermeticum*, un grupo de escritos atribuidos a un antiquísimo sacerdote egipcio contempo-



Figura 1.3. Colaboración de artistas y científicos en la observación directa de la naturaleza. (Leonhard Fuchs. *De historia stirpium*, Basilea, 1542.)

ráneo de Moisés, que Casaubon (en 1614) dataría correctamente como escritos entre el 100 y el 300 d. C. El *Corpus* está compuesto por elementos gnósticos, pitagóricos, egipcianos, judaicos y cristianos, y se consideraba la primitiva teología sin corromper, fuente de la filosofía griega transmitida a través del platonismo.

Predicaba la unidad de un cosmos animado, cuya alma era Dios, organizado en una jerarquía de entidades intermedias entre espíritu y materia, capaces de regir el mundo. Frente a la filosofía inmanentista y hasta cierto punto materialista de Aristóteles, el cosmos estaba recorrido por fuerzas inmateriales capaces de actuar a distancia por influencias de tipo simbólico más que mecánico, lo que sustentaba la magia como procedimiento de dominio lingüístico y cabalístico de la naturaleza, y la posibilidad de un ascenso ascético del alma humana hacia la naturaleza divina con la que es continua. A la idea del carácter divino de los astros, especialmente el Sol, se unía la idea del paralelismo entre el macrocosmos del universo y el microcosmos del hombre, cuyas semejanzas y analogías señalaban identidades explotables por el mago, una figura orientada a prácticas ascéticas y experimentales para lograr la regeneración y renacimiento a una realidad superior a través de las cifras, los talismanes o la alquimia.

Por estrambótica que pueda parecer hoy, esta filosofía dirigió el trabajo de personas como Kepler y Newton. Por un lado influyó sobre la aplicación de las matemáticas al estudio de la naturaleza. Frente al cualitativismo aristotélico, se suponía que las matemáticas expresaban la esencia del mundo porque el Demiurgo creaba según armonías geométricas. Asimismo, el culto al Sol, símbolo de la divinidad, pudo contribuir a hacer atractivo el heliocentrismo copernicano. Por otro lado, la naturaleza estaba animada de simpatías, afinidades, cualidades ocultas e influjos a distancia intratables mediante las acciones por contacto y las cualidades manifiestas aristotélicas o

mecánicas. Los principios activos de plantas y medicinas, las simpatías y antipatías entre sustancias, la acción de la Luna sobre las mareas, las atracciones astrales y la influencia magnética apuntaban a unos campos científicos por explorar que encontraban en el hermetismo neoplatónico una orientación y un marco conceptual afin.

1.3.2. El aristotelismo

Se suele decir que el aristotelismo fue una traba a la nueva ciencia por su oposición al movimiento de la Tierra, idea fomentada por el aristotélico como que Galileo hacía aparecer en sus diálogos. Pero desempeñó funciones positivas, al transformarse con el humanismo y hacerse más libre y ecléctico, como atestigua la obra de Nifo, Zabarella, Pomponazzi, Fracastoro o Harvey.

Así, entre 1550 y 1650 los jesuitas fueron la vanguardia de la astronomía y las matemáticas, incorporando, mediante una filosofía instrumentalista, elementos copernicanos, keplerianos y galileanos. El estudio de los *Segundos Analíticos* de Aristóteles produjo un avance en la comprensión de la lógica de la ciencia, completando los aspectos demostrativos con métodos de regreso inductivo y probable de los fenómenos a las causas, permitiendo argumentos hipotéticos que daban mayor libertad a la especulación matemática en la ciencia natural. A la vez, la incorporación del aristotelismo de Averroes con la doctrina de la doble verdad, revelada y racional, unida al escepticismo de Occam acerca de las posibilidades de alcanzar esta última, liberó la especulación científica de trabas ideológicas o religiosas y permitió mayor juego a procedimientos hipotético-deductivos.

Al mismo tiempo, se dio cabida a tendencias críticas derivadas de Estratón de Lampsaco y Teofrasto que permitían abordar la doctrina del vacío y el corpuscularismo. Incluso se introdujo una buena dosis de experimentalismo, tal como aparece en el influyente *Curso filosófico* (1653) de E. Maignan, donde se tratan de este modo, por ejemplo, cuestiones de óptica y pneumática.

Este aristotelismo siguió dominando en las universidades frente a un platonismo ideológico con escasos contenidos que enseñar. Mas, a pesar de su flexibilidad y eclecticismo, los desarrollos matemáticos y físicos de Galileo, Gassendi o Descartes produjeron más novedades de las que podía asimilar, por lo que a mediados del XVII perdió su capacidad de organizar el curriculum universitario y Newton ya no tuvo necesidad de polemizar con él. Sólo en el campo de la historia natural, en biología, botánica y zoología, siguió ejerciendo una influencia beneficiosa hasta el siglo XVIII.

Mientras tanto, apareció una nueva perspectiva inspirada en la realidad técnica y artesanal que barrió el aristotelismo como organizador del saber y relegó el neoplatonismo al campo de las explicaciones metafísicas, más allá de la ciencia empírica. Se trataba de la filosofía mecánico-corpuscular.

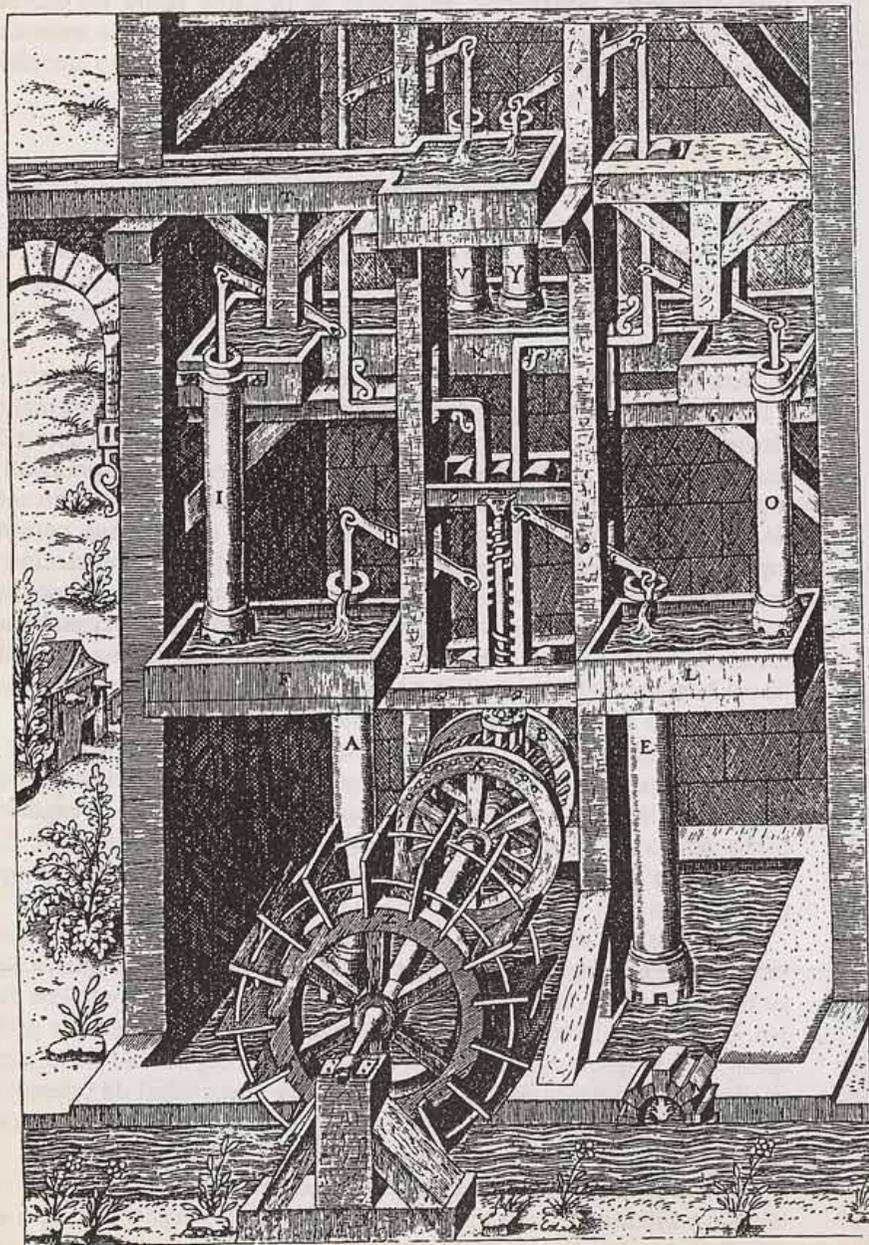


Figura 1.4. Bateria de bombas de succión para elevar agua accionada mediante una rueda hidráulica movida por el propio río. (A. Ramelli, *Le diverse et artificiose macchine*, París, 1588.)

1.4. El nacimiento de la cultura técnica

Ya hemos señalado la aparición de artesanos lo bastante cultivados como para escribir de su profesión, tanto en el campo de las artes mecánicas como en el de las del fuego. Muchos de los ingenieros mecánicos son conocidos hoy por haber practicado también las bellas artes, como Durero, Leonardo o Alberti; pero a partir del XVI proliferaron también los técnicos del fuego. En 1500 Brunschwig publicó un *Arte de la destilación* y, en 1505, Rülein compuso un *Bergbüchlein* sobre minería. Estos libros fueron superados medio siglo más tarde por la *Pirotecnia* (1540) de Biringuccio y el *De re metallica* (1543) de G. Bauer, alias Agricola. No es preciso insistir sobre las razones de que en las artes ígneas predominen los alemanes, uno de los cuales, Paracelso, es el inventor de la clave química de la naturaleza.

Los escasos escritos medievales de carácter técnico, como los de Villard Honnecourt, eran meras descripciones de recetas gremiales bien probadas. Ahora empiezan a aparecer máquinas imposibles, sea en Leonardo, Remelli o Zonca. Eso prueba que estaban ensayando novedades, diseñadas sobre bases mecánicas insuficientemente conocidas, lo que fue un estímulo para que los matemáticos como Tartaglia o Galileo desarrollaran teorías científicas novedosas para explicar y comprender el funcionamiento de las máquinas.

Muchas personas cultas procedentes de la universidad comenzaron a tomar en serio los consejos del humanista valenciano Vives o de Rabelais que aconsejaban hacia 1530 aprender en las fábricas y no sólo en los libros. Los procesos artesanales habían acumulado una cantidad enorme de datos brutos acerca de cómo se comporta la naturaleza bajo condiciones en la que espontáneamente no suele mostrarse. Así Galileo comenzaba sus *Discorsi* (1638) planteando problemas suscitados por sus visitas al Arsenal de Venecia, y Descartes iniciaba la *Dióptrica* (1637) aludiendo a la necesidad de explicar y mejorar los inventos prácticos de los ópticos, como el telescopio.

Las primeras sociedades científicas dedicaron su atención a las artes y oficios y la *Enciclopedia* de Diderot contiene el primer estudio sistemático de los mismos. Los procesos artesanales debían ser comprendidos por la ciencia en pie de igualdad con los que se dan de por sí en la naturaleza, con lo que la imagen de ésta quedó teñida del modo de entender los productos de la técnica.

Para el aristotelismo, el arte adulteraba la naturaleza, pero ahora la cotidianidad de los productos artesanales y su proliferación era tal que formaban parte del paisaje del mundo, siendo fácil concebir que los procesos naturales y técnicos fuesen continuos y obedeciesen las mismas leyes. De este modo, la simplicidad conceptual de las máquinas se convirtió en modelo de toda la naturaleza, y así como la geometría y la mecánica explicaban la operación de bombas, grúas o relojes, podían aspirar a explicar

también el mundo natural. El corpuscularismo apoyó esta tendencia, pues la interacción de partículas en la tradición atomista y epicureísta es una cuestión mecánica de choques y encajes. Descartes concibió el mundo como un conjunto de mecanismos de partículas que, no estando fabricados por nosotros, no precisaban guardar commensurabilidad con nuestras manos y ojos, pudiendo ser diminutos e invisibles, pero tan mecánicos como un reloj.

La claridad de esta manera ilustrada de ver el mundo se extendió también a las áreas ígneas en apariencia no mecánicas. Como las excesivas promesas del mago hermético chocaron con resultados magros y oscuros, se adoptaron perspectivas mecanicistas, al menos para las operaciones inmediatas de la materia como hizo Boyle, por más que en última instancia la materia inerte y pasiva hubiese de animarse por recurso a principios hyláricos activos de naturaleza espiritual.

No sólo la técnica indujo una visión filosófica de la naturaleza. Tan importante o más fue su influencia sobre una filosofía social acerca de la ciencia. Bacon alcanzó la madurez a finales del XVI, con el auge del período isabelino, en que W. Raleigh se aventuraba por el Nuevo Mundo y Londres era un hervidero de marinos, comerciantes y manufactureros, optimistas y activos, en ascenso. La afluencia de bienes de consumo prometía cambiar un nivel de vida que para la mayoría era aún de mera subsistencia, y Bacon se convirtió en el profeta de esas nuevas posibilidades. Bacon era más renacentista que moderno, estaba imbuido por las perspectivas de las artes ígneas más que por las geométricas y deseaba promocionar el estudio científico de sus procesos, en los que residía la clave de la estructura de la materia, siendo así mucho más prometedoras para el desarrollo económico que las útiles aunque superficiales artes matemáticas. Así que, dotándose de una vaga filosofía mecánico-corpuscular, se entregó a promover la organización social de la ciencia en bien de la producción, lo que dignificaba hablando en tonos morales y religiosos del «beneficio de la humanidad». Daba voz con el latín del mundo culto a las aspiraciones de la clase activa londinense. Hasta ahora las hormigas, como llamaba a los artesanos en su manera pintoresca de hablar, se habían afanado sin comprender, mientras que las arañas, los filósofos tradicionales, lo extrañan todo, como la tela, de sus propias entrañas. Sólo las abejas combinan en un plan colectivo la búsqueda de materiales con la elaboración de la miel de las obras útiles. Olvidémonos pues de las obras vanas de los sabios, más interesados en ser ingeniosos que en hallar la verdad, y pongámonos a trabajar todos codo con codo, aportando con honestidad y modestia pequeñas contribuciones al saber materialmente útil. Este era el mensaje de Bacon.

Frecuentemente daba a entender que el número de tareas a realizar era grande pero manejable (hay una lista al final de *La gran restauración*) y completable en unos cuantos años. El conocimiento completo del mundo estaba

al alcance de la mano, siendo algo así como cartografiar una nueva tierra: se recogen los datos (historias naturales) y luego la fuerza natural de la mente los organiza en un esquema verdadero. Eso espoleó aún más su insistencia en lo urgente de organizar la exploración colectiva de la naturaleza con ayuda del estado. En la utopía *La Nueva Atlántida*, describió la Casa de Salomón, que era un híbrido de fábrica, instituto de investigación y monasterio. Allí hombres honestos y modosos, divididos en departamentos pero unidos en un plan coordinado, levantaban el mapa de la estructura y leyes de la naturaleza en beneficio de todos.

El espíritu de esta visión influyó sobre la organización, medio siglo más tarde, de las primeras sociedades científicas importantes. Entre tanto, Inglaterra había pasado a comienzos del XVII por una monarquía poco favorable a las nuevas clases e incluso políticamente proespañola. Ello acabó desencadenando la revolución parlamentaria y puritana, seguida de la Commonwealth. Finalmente la restauración monárquica estableció un consenso social y entonces Bacon fue ampliamente editado, leído y utilizado para sustentar los planes de organización de la ciencia en un marco más anglicano que puritano.

1.5. La profesión científica y las instituciones

El aumento del interés por la ciencia desbordó en muchos campos a una universidad que en la Edad Media había cubierto con creces las necesidades profesionales. No es que la universidad fuese reaccionaria (había de todo), sino que su estructura se adaptaba mal a la revolución matemática. En medicina no hubo problemas, realizándose en su seno la revolución anatómica de Vesalio y creciendo debidamente. Se pasó sin problemas de la antigua división entre medicina teórica y práctica a cátedras de cirugía (de origen artesanal), anatomía, botánica y clínica. En Italia se organizaron teatros anatómicos, jardines de simples y visitas prácticas, donde antes las clases habían consistido en leer a Galeno.

Las universidades más dinámicas en el XV y XVI eran, como es normal, las del sur de Alemania y el Norte de Italia. Estas concretamente tenían facultades de Artes que no eran sino una preparación para las Facultades profesionales, especialmente Medicina, pero también Derecho (la Teología se estudiaba en el Norte de Europa). Como las matemáticas se enseñaban en esta facultad preparatoria, tenían un carácter muy elemental, había pocas cátedras (una de matemáticas por doce de medicina) y estaban mal pagadas. La ausencia del copernicanismo no se debe tanto al conservadurismo cuanto a que, con el nivel elemental de las clases, no se llegaba a las sutilidades que justifican la aceptación del increíble movimiento de la Tierra. Con todo acogieron las tendencias a matematizar problemas físicos heredadas de los oxonienses del siglo XIV, aunque de manera más experi-

mental, a través de Blas de Parma o Marliani, tradición a la que pertenece el Galileo de la universidad de Pisa, en la que su antecesor G. Borro hizo el experimento de la torre atribuido a aquél. Asimismo, cuando se descubrió la *Geografía* de Ptolomeo, se dotaron enseguida cátedras de cosmografía.

En resumidas cuentas, cuando se quería estudiar ciencia había que bajar a las universidades de Italia, como hicieron Cusa, Copérnico, Harvey y tantos otros. Sin embargo la capacidad de adaptación era limitada y no fueron capaces de renovar completamente el curriculum matemático. Por ese motivo las matemáticas italianas (y de otros lugares) son un fenómeno extrauniversitario. Casi todos los matemáticos italianos trabajaron bajo patronazgo de príncipes, como entre otros cientos, Commandino, médico y tutor del duque de Urbino, Benedetti, astrólogo del duque O. Farnese, Toscanelli, G. dal Monte y Galileo en la corte de los Gran duques de Toscana, o Cardano con Pío V. Estos dos últimos tenían puestos en la universidad, pero los abandonaron para acogerse a la munificencia de mecenas privados que daban más prestigio y sueldo.

En la primera mitad del XVII las universidades Inglesas de Oxford y Cambridge ofrecían enseñanzas de matemáticas modestas aunque adecuadas, leyéndose a Gassendi, Kepler, Bacon y Descartes. El último grito no estaba incluido en el curriculum, pero los profesores solían conocerlo. Con todo, tampoco se adaptaron con rapidez. La primera cátedra de geometría se creó en Oxford en 1619, mientras Cambridge sólo tuvo una de matemáticas en 1663, ocupada sucesivamente por Barrow y Newton. Este último, como Galileo, abandonó también la Universidad por un cargo público en Londres.

Toda Europa estaba llena de matemáticos salidos de la universidad trabajando con mecenas, como consultantes de comerciantes y compañías (Harriot, Digges, Wright), en la industria de instrumentos matemáticos (Mercator, Frisius, Behaim), publicando almanaques y textos. Otros se acogieron a las nuevas instituciones de enseñanza, como el Gresham College, el Collège de France o las Escuelas Piattinas de Milán.

Los peor relacionados con la universidad fueron los científicos de especialidades ígneas. Algunos de ellos, como Agrícola, tenían acomodo en industrias mineras y de fundición, pero la mayoría eran médicos, la única profesión afín, dada la medicina química y hermética de Paracelso.

Uno de los efectos del aumento del número de científicos y de la falta de instituciones que los acogiesen se manifestó en la proliferación de cenáculos, asociaciones e instituciones científicas nuevas.

Después de las academias ibéricas del XV y XVI, proliferaron en Francia y sobre todo en Italia cientos de sociedades pequeñas, breves y muchas veces secretas, con los objetivos más variados. Entre las más interesantes científicamente estaba la ya mencionada Academia Florentina, la Academia de los Secretos de la Naturaleza (1560) de G. Porta, clausurada por

practicar la magia, o la famosa Academia de los Linceos (1603), la primera academia estrictamente científica, dedicada a la historia natural bajo el patronazgo del duque F. Cesi, contando entre sus miembros a Galileo. Aunque sus realizaciones fueron escasas, sus planes eran excelentes (por ejemplo, no admitir curas), inspirando a J. Jungius en la fundación de su propia Academia eremética (1622) en Rostock.

En Francia es conocido el grupo de humanistas de la *Pléiade* o del *Collège Royale* (1552) donde O. Finé daba clases de matemáticas, o la Pequeña Academia de B. Palissy, donde pagando la entrada se podía asistir a sus conferencias sobre fósiles, fuentes, arcillas, etc. No menos conocido es el funcionamiento como institución de la celda de M. Mersenne (fraile, no presidiario), los libros y colecciones de Peiresc o la Academia de Montmor, un rico aficionado a la ciencia, en la primera mitad del XVII.

Sin embargo, la primera academia científico-productiva según esquemas baconianos fue la *Accademia del Cimento* o del experimento (1657-67) organizada por Federico II de Medici y su hermano junto con discípulos de Galileo. Se dedicaron sistemáticamente a la física experimental, sobre todo en neumática y criología, sin incurrir en discusiones teóricas. Disponían de instalaciones en el Palacio Pitti, con laboratorio, taller y recursos instrumentales generosos.

Pero las primeras grandes academias nacionales, que aún perduran, fueron la Sociedad Real de Londres (1660) y la Academia Real de Ciencias de París (1666). La primera era privada, una especie de club de aficionados con pocos recursos económicos, que logró reunir a los más destacados científicos de Londres y otras partes de la isla, nombrando miembros a los continentales más destacados. Poseía una buena red de contactos gracias a la correspondencia de su primer Secretario, R. Oldenburg, quien también editaba la revista científica *Transacciones filosóficas*. Tenía también puestos de procuradores de experimentos (el primero lo ocupó Hooke) y acogía a personas de la talla de Newton o Boyle. Al estar mal dotada de instrumentos, salarios y fondos no desarrolló planes colectivos. Por el contrario la francesa era un organismo del estado capaz de organizar costosas expediciones a lejanas partes del mundo para medir un grado o la longitud del péndulo que bate segundos con el equipamiento instrumental que hiciera falta. Tenía diversas jerarquías de académicos pagados, distribuidos en secciones que cubrían todo el campo del saber. El rey tenía a la Academia como un gabinete de consulta ministerial y se recababa su juicio acerca de patentes y planes industriales. Aunque cada miembro investigaba por su lado, la institución orientaba el trabajo proponiendo premios para memorias sobre temas de especial interés. Gran parte de la potencia de la ciencia francesa del XVIII deriva de esta academia estatal, algo sin paralelo en Inglaterra, donde la Sociedad Real fue buena mientras sus científicos fueron individualmente productivos al margen de ella.