

El conjunto del siglo XVIII es considerado en Europa como el periodo de tiempo que se extiende –con inicios variables– desde el final de las revoluciones inglesas (1689) o la muerte de Luis XIV (1715) hasta el final de las guerras napoleónicas (1814); presenta una imponente acumulación de hechos y cambios en todos los aspectos de la vida intelectual (ideológico-política, científico-técnica) y también económica, industrial y política. Por ello se hace inevitable diferenciar el análisis según los enfoques más trascendentes, aunque siempre atendiendo a la simultaneidad de los acontecimientos más significativos y, como novedad a tener en cuenta, la evolución paralela de las dos potencias más decisivas, Gran Bretaña y Francia<sup>1</sup>. Por lo que a la ciencia y sus avances se refiere, se ahonda la diferenciación, ya arrastrada desde el siglo anterior, entre los «modelos» inglés y francés, más experimental el primero (baconiano, inductivo), más teórico el segundo (cartesiano, deductivo), aunque se percibe en ambos casos el hecho histórico de unas primeras décadas curiosamente estériles en producción científica (ideas y experiencias).

## Las revoluciones del siglo XVIII: la ciencia en la Ilustración

Pedro Costa, *Ingeniero Técnico de Telecomunicación,*  
*Profesor de la EUITT de Madrid*

### RESURGIMIENTO DE LAS SOCIEDADES CIENTÍFICAS

**R**esurgen las sociedades científicas que, en el caso británico, tras una cierta y temporal decadencia de la *Sociedad Real* vienen a retomar el impulso de la inquietud científica, ampliando los trabajos mucho más allá de la física o la química, que eran los objetos tradicionales, y exclusivos, de la *Royal*. En gran medida, su dinamismo se justifica por un espíritu religioso libre, o al menos rebelde, frente a las ataduras que implica el predominio anglicano; de ahí el papel relevante de cuáqueros, presbiterianos y, en general,



*Antoine-Lavoisier.*

los llamados *inconformistas*, que fundamentan su actitud en la libertad del pensamiento y de las ideas religiosas. Así sucede con la *Sociedad Lunar* de Birmingham, fundada por Michael Boulton hacia 1766 y que contó entre sus miembros con Watt, Priestley y Erasmus Darwin (abuelo del naturalista); o la *Sociedad Literaria y Filosófica* de Manchester, que contó con Henry, Dalton y Watt entre sus más famosos asociados<sup>2</sup>. En el caso británico es necesario aludir a la *Sociedad Filosófica* de Edimburgo, fundada en 1732, que acogió a una pléyade de sabios y científicos escoceses que dieron lugar a la llamada Ilustración escocesa, de la que entre otras trascendentales aportaciones surgió la economía política liberal. Personalidades que figuraron en esta Sociedad fueron el filósofo Hume, el economista Smith, el médico Black, el geólogo Hutton... en su mayor parte relacionados con las universidades de Glasgow y Edimburgo.

Durante el siglo XVIII también los científicos escoceses (cuyo país se había unido a Inglaterra en 1707, para formar el Reino Unido) estuvieron más interesados que sus colegas ingleses por la ciencia teórica. Pero en cualquier caso, tanto las universidades presbiterianas escocesas como las academias inconformistas de Inglaterra aseguraron la continuidad del trabajo científico tras ese relativo apagamiento que siguió al triunfo de la Revolución inglesa, a la llegada de los Hannover al trono de Inglaterra en 1714 y, por supuesto, a la desaparición de Newton en 1727. Fue también este entorno inconformista el que realizó la unión de ciencia y técnica que daría lugar a la Revolución industrial, cuyo origen británico queda fuera de toda duda. Es curioso que en la transición de los siglos XVIII a XIX la ciencia británica se hace más teórica, mientras que la francesa se reconvierte, por el impulso revolucionario primero y luego napoleónico, en mucho más práctica.

En Francia el estímulo ilustrado se inicia con Fontenelle (1657-1757), sabio longevo que ostentó durante 40 años el puesto de secretario de la *Academia de Ciencias*, para el que fue nombrado en 1699 y en el que se atuó a la defensa y difusión de la filosofía de Descartes<sup>3</sup>. Pero pronto el liderazgo del cambio fue os-



*Telescopio espacial Herschel.*

tentado por Voltaire, nada cartesiano y gran admirador de todo lo inglés, quien a la vuelta de una estancia en Inglaterra escribió sus *Cartas sobre los ingleses* (1734), obra que comenta favorablemente la filosofía de Bacon y de Locke, y que introduce la obra newtoniana en Francia con el entusiasmo de un discípulo fervoroso; al tiempo, y como ejercicio comparativo inevitable, Voltaire critica la ciencia y las instituciones francesas<sup>4</sup>.

## AVANCES EN ASTRONOMÍA, DISCUSIÓN DE LA HERENCIA NEWTONIANA

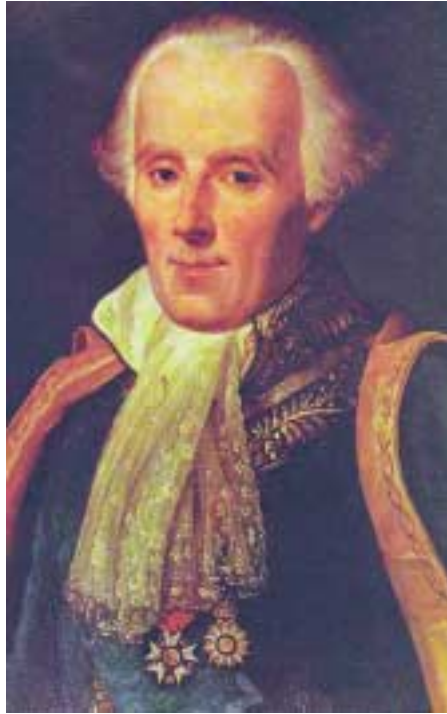
La pugna anglo-francesa se reveló en su más directa expresión cuando se trató

de obtener métodos y aparatos para determinar la longitud de un navío en el mar —es decir, la posición—, objetivo que todavía al iniciarse el siglo XVIII seguía siendo tan esquivo como esencial para ambas potencias marítimas. Los ingleses se adelantaron con la fundación del famoso *Observatorio de Greenwich* (1675), a cuyo frente pusieron al joven astrónomo de Cambridge John Flamsteed, que dedicó sus 44 años de estancia allí a elaborar tablas de movimientos lunares y un catálogo de la posición de las estrellas (todo ello se publicó, póstumamente, en 1725). La *Academia de Ciencias* de París encargó a su vez a Jean-Dominique Cassini la elaboración de tablas con los movimientos de los satélites de Júpiter, y a Huyghens la construcción de un reloj mecánico que diese la hora estándar. Enfrentados y competidores, los

gobiernos inglés y francés sometieron a concurso, en la década de 1710, la resolución del problema de la longitud en el mar, lo que finalmente se consiguió con la construcción en ambos casos de cronómetros precisos, como el del hábil artesano inglés Harrison y el del fino científico francés Le Roy.

En cuanto a Francia, es verdad que la recepción de la potente y novedosa física de Newton se enfrentó tanto al escepticismo de una comunidad científica tradicionalmente hostil como al resabio absolutista de la monarquía y las instituciones. Pero la ruptura por Voltaire del dique de los prejuicios no tenía ya vuelta atrás. Así, los hermanos Cassini (Jean y Jean-Dominique) quisieron enfrentarse a aspectos relevantes de la teoría newtoniana como la gravitación universal, contrariando la observación de Newton de que el planeta estaba ligeramente achatado por los polos. De esta polémica se derivaron las dos expediciones organizadas por la *Academia de Ciencias* a Perú (1735) y Laponia (1736), buscando medir la longitud de un grado de latitud, que obtuvieron finalmente resultados que confirmaban a Newton.

Pero la ciencia francesa se reconvirtió decididamente al pensamiento newtoniano con una segunda hornada de científicos, como los matemáticos Clairaut y D'Alembert (el que dirigiría la monumental obra de la *Enciclopedia*). Y lo mismo sucedió en Suiza, con los científicos del «grupo de Basilea», los hermanos Bernoulli y Alexander Euler, todos ellos matemáticos dedicados al estudio del movimiento de los astros. Lagrange (1736-1813) y Laplace (1749-1827), sucesores directos de Clairaut y D'Alembert, ampliaron y perfeccionaron los cálculos astronómicos que confirmaban la teoría newtoniana sobre el sistema solar, es decir, que éste forma un mecanismo perfectamente autorregulado en el que las irregularidades se corrigen entre sí<sup>5</sup>. Lagrange y Laplace, cuya obra llena la ciencia francesa a partir de 1770, impulsaron de forma extraordinaria la mecánica y la teoría astronómica, respectivamente, y desempeñaron un papel singular en los agitados años de la Revolución, el Imperio y la Restauración, etapas de relanzamiento singular de todas las ciencias en Francia. La ingente obra



Laplace, autor de la “Mecánica celeste”.

de Laplace, *Mecánica celeste* (cinco volúmenes publicados en 1799-1825), supuso la piedra final en el edificio de la astronomía mecánica ilustrada, recogiendo y divulgando a la vez la obra de sus predecesores.

Siguiendo la pauta, frente a los desarrollos teóricos de la astronomía francesa la inglesa se desarrolla de forma esencialmente empírica. Así lo demuestran las observaciones de Bradley, Maskelyne o Cavendish, midiendo éste la masa de la tierra y dándole un valor muy parecido al real. Destaca sobre todos, sin embargo, William Herschel, alemán instalado en Inglaterra y distinguido como astrónomo real en 1782; Herschel es un hábil constructor de aparatos astronómicos, así como un tenaz observador, lo que le llevó a descubrir Urano en 1781<sup>6</sup>.

## LA ELECTRICIDAD Y SUS FIGURAS SEÑERAS

Desde 1745 se multiplican los experimentos eléctricos, con creciente éxito de público, en gran medida debido al hallazgo de la famosa botella de Leyden y a sus cualidades de acumulación, influencia y conducción. Pero la Electricidad y el Magnetismo llevan un siglo de retraso respecto de la Mecánica celeste o de só-

lidos, e incluso la Óptica; además, la confusión sobre la verdadera naturaleza de estos fenómenos y la terminología ambigua empleada dificultaba los verdaderos avances. En este momento histórico resulta decisiva la aparición de Benjamín Franklin (1706-90), que sin tener en cuenta las teorías de moda impulsa decididamente la electricidad, creando el concepto de *carga eléctrica* y realizando experimentos espectaculares, como el famoso de la descarga eléctrica desde una nube a un –primer– pararrayos (1752). En sus *Opiniones y conjeturas referentes a las propiedades y efectos de la materia eléctrica* (1750) logra explicar y puntualizar numerosos conceptos y teorías –como el del «fluido único» –, en un tono positivista y pragmático, muy alejado de los puntos de vista metafísicos frecuentes en su tiempo<sup>7</sup>. Priestley, el gran científico, continuaría sus aportaciones como discípulo y asesor de Franklin, midiendo conductibilidades y deduciendo que el campo eléctrico es nulo en el interior de una esfera metálica; su texto *La historia y el presente de la electricidad, con experimentos originales* (1767), se convertiría en un clásico.

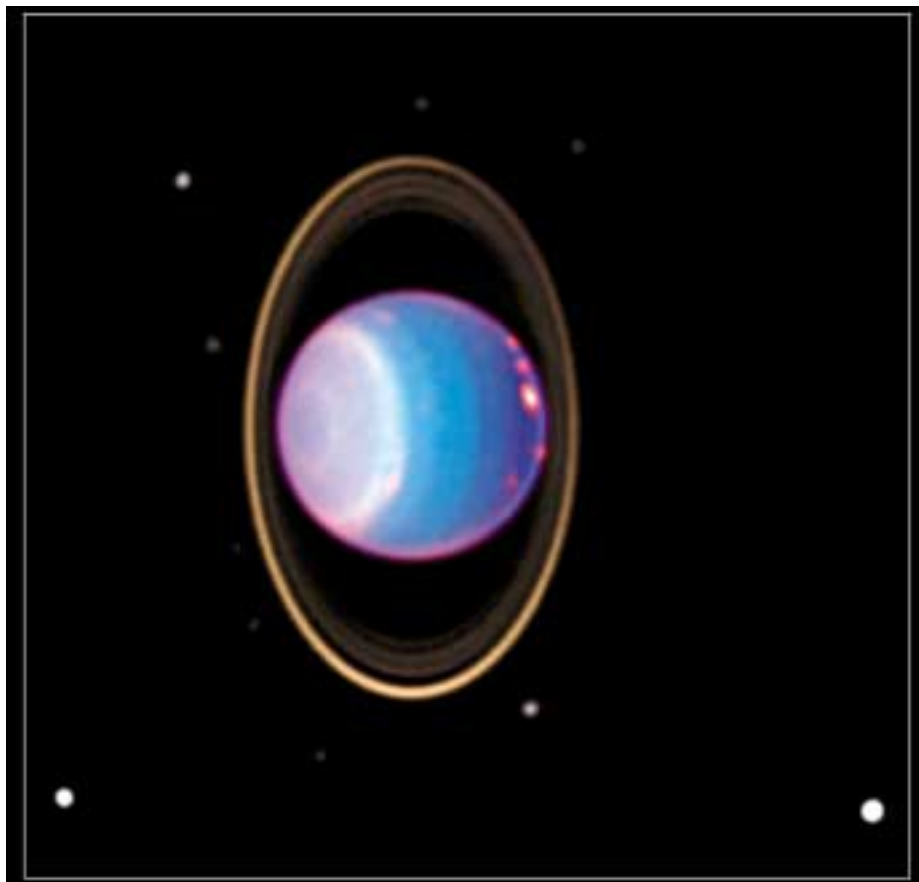
El paso del terreno cualitativo (experimentos) al cuantitativo (medidas, leyes) fue obra de Henry Cavendish (1731-1810) y de Charles Coulomb (1736-1806). El primero escribió diversas memorias para las *Philosophical Transactions* a partir de 1771, pero solo las primeras vieron la luz, siendo descubiertas y publicadas las demás por Maxwell en 1879; definió *carga y potencial*, así como *capacidad y constante dieléctrica*, y determinó experimentalmente la relación inversa del cuadrado de las distancias entre cargas. Coulomb, ingeniero militar, es un clásico de la ciencia tan hábil experimentador como profundo teórico; desde 1777 dirigió su interés hacia el magnetismo y la electricidad, con una primera memoria fundamental en 1785, *Construcción y uso de una balanza eléctrica*, a la que seguirían otras, hasta 1788, acometiendo el estudio de la ley de atracciones, la pérdida de electricidad, la distribución de la electricidad en los conductores, la teoría molecular de los imanes... y dejó sentadas las bases de la Electrostática experimental y matemática. Los sucesores de Culomb, Poisson y

Lord Kelvin, no harían más que seguir sus pasos; y con los trabajos de Galvani y Volta, de los que surgió la pila eléctrica, se entra en una fase científico-técnica acelerada, propia del siglo XIX.

## LLEGA LA REVOLUCIÓN QUÍMICA

También la emergente ciencia de la química sufrió con el retraso experimentado por la filosofía natural a finales del siglo XVII y principios del XVIII, situándose en un plano drásticamente separado de la física newtoniana a mediados de este siglo, y con persistentes elementos alquímicos que lastrarán los avances durante décadas. Es fuera del mundo anglo-francés (siempre paralelo, siempre competidor) donde se rehace el trabajo experimental en química partiendo del ámbito de la *iatroquímica* (química médica, o farmacéutica), y concretamente en Alemania, donde Georg Stahl (1660-1734), profesor de medicina y de química en Halle, plantea la teoría del «flogisto», principio ligero e inflamable de la materia que se desprende como llama o en forma de calor en las reacciones químicas, y que durante más de un siglo interesaría, y frustraría, a los creadores de la química moderna (hasta su identificación como el elemento *oxígeno*); el fenómeno de la combustión se resistiría a ser correctamente identificado durante décadas.

Por su parte, desde mediados del siglo XVIII los químicos británicos partieron de la aceptación de esa teoría del flogisto para derribarla, por insatisfactoria, a la vez que demolían la todavía vigente herencia griega de los cuatro elementos esenciales presentes en todas las sustancias naturales: tierra, aire, agua y fuego. Inicia la carrera Joseph Black, descubriendo en 1754 el dióxido de carbono, al que llamó «aire fijado» y que era el gas resultado de calentar el carbonato de magnesio. En 1766 Cavendish descubrió el *hidrógeno*, que denominó «aire inflamable»; y en la siguiente década Joseph Priestley (1733-1804), figura singular de la química moderna, descubrió diferentes gases, logrando aislarlos mediante la cubeta neumática preparada por Cavendish:



Urano.

*amoníaco, óxido nitroso y nítrico, oxígeno, nitrógeno, monóxido de carbono, sulfuro de azufre...* Mientras tanto, en Suecia el boticario Carl Scheele acometía casi los mismos trabajos, adelantándose a Priestley en el aislamiento del oxígeno y estableciendo en 1777 que el aire no podía ser una sustancia elemental, sino compuesta de «aire fuego», u *oxígeno*, y de «aire impuro», o *nitrógeno*, en proporción de uno a tres en volumen.

Del lado francés era Antoine Lavoisier (1743-94), sabio típicamente ilustrado, la figura dominante en esa química que se descubre a sí misma día a día, y adopta como método de trabajo la crítica sistemática de todas las teorías tradicionales. En 1783-84 anunció la renovación de la teoría química y la reforma de la nomenclatura, introduciendo los nombres modernos de las sustancias químicas. La obra de Lavoisier, *Elementos de química* (1789), se convirtió en el primero de los libros sobre química moderna, y mientras asestaba un golpe mortal a la teoría del flogisto (que Priestley, sin embargo, defendería hasta su muerte) introducía un falso elemento nuevo que daría aun más

problemas en el futuro: el «calórico», o materia imponderable del calor. La evolución de la química del siglo XVIII parece indicar que fue el exceso de empirismo de los sabios británicos lo que les llevó a cierta incapacidad teórica, mientras que el caso de Lavoisier fue el contrario: habiendo realizado pocos trabajos prácticos (y todos ellos después de su contacto con Priestley), fue capaz de construir un nuevo edificio teórico para la química<sup>8</sup>.

## FISIOLOGÍA Y BIOLOGÍA: GENERACIÓN, CLASIFICACIÓN, EVOLUCIÓN

Durante el siglo XVIII la idea comúnmente aceptada sobre los seres vivos y las especies naturales es que siempre habían existido en el mismo estado en el que fueron creados, no aceptándose el desarrollo histórico de nada de eso. Así, la embriología es destacadamente *preformista*, estableciendo que los organismos

se hallan ya diferenciados y plenamente formados en sus semillas, siendo el desarrollo cuestión de aumento de tamaño y poco más. Dos holandeses representan las dos variantes existentes: la más extrema, de Swammerdam (1637-80), que señala que el huevo contenía todas las generaciones futuras de su linaje como miniaturas preformadas, y la de Van Leeuwenhoek (1632-1723), que descubre los espermatozoides y les asigna la cualidad de contener los individuos.

El *preformacionismo* está relacionado con el mecanicismo imperante en el siglo de la Ilustración, que consideraba a plantas y animales como máquinas, o sea, organismos hechos de materia y movimiento. Frente a esta doctrina esencialmente francesa se va alzando el vitalismo alemán, que tiene orígenes alquímicos y que es herencia de otro holandés, Van Helmont; Leibniz y Stahl se alinean con la interpretación vitalista. El ataque más duro al preformacionismo viene de Friedrich Wolf (1738-94), sucesor de Stahl en Halle, que propone la epigénesis embriológica en su *Teoría de la generación* (1759), afirmando que era una «fuerza vital» la que movía el desarrollo embriológico a partir de la materia orgánica homogénea. Esta teoría encaja en la filosofía alemana de la naturaleza, romántica, que valora sobre todo el carácter único del individuo y que será impulsada por Von Baer hasta encontrarse con la teoría evolucionista de Darwin.

Sobre esta misma idea preformista se construyen las primeras clasificaciones de especies, siendo la más famosa de todas la del sueco Carl Linneo (1707-78), llamada «protestante» o artificial. Lineo, profesor de botánica en Uppsala, llegó a clasificar 18.000 especies y en *El sistema de la naturaleza* (1735) divide las especies vegetales y animales en clases, órdenes, géneros y especies, empleando una nomenclatura binomial (ideada por Caspar Bauhin en 1596) en la que el primer término alude al género y el segundo a la especie<sup>9</sup>.

Contemporáneo y competidor de Linneo, Buffon (1707-81) clasifica según el modelo «católico» o artificial, y todavía se ciñe a la idea de degeneración (platónica), enfrentándose a la idea de progreso de los ilustrados, que en cuanto a evolución orgánica se expresaban con los



Voltaire.

lemas de que «la opinión rige el mundo» y «el mundo rige la opinión», significando con ello que mente y mundo físico interactuaban construyendo las formas de la vida; su *Historia natural*, publicada en 25 volúmenes entre 1749 y 1786, sigue siendo un hito científico. Lamarck (1744-1829) y Cuvier (1796-1832) representarían a las dos teorías dominantes, evolucionista-gradual y catastrofista-crítica, respectivamente. Concretamente Lamarck, con su *Filosofía zoológica* (1809) ha dado a la historia la doctrina de la herencia de los caracteres adquiridos (y la idea de que el medio induce cambios en la estructura y funciones de ciertos órganos de los animales), y es considerado un zoólogo ilustrado que tradujo a sus tareas evolucionistas la filosofía del progreso. ●

## BIBLIOGRAFÍA

- GRIBBIN, John (2003): *Historia de la ciencia, 1543-2001*. Crítica, Barcelona.
- HANKINS, Thomas L. (1988): *Ciencia e ilustración*. Siglo XXI, Madrid.
- MASON, Stephen F. (1995): *Historia de las ciencias*, vol. 3. Alianza, Madrid.
- SELLÉS, Manuel A. (1992): *Astronomía y navegación en el siglo XVIII*. Akal, Madrid.
- TATON, René (dir.) (1988): *Historia general de las ciencias*, vol. 6. Orbis, Barcelona.

## NOTAS

<sup>1</sup> No se debe olvidar el papel que durante el siglo XVIII jugó Suiza como refugio de científicos y pensadores protestantes que procedían de estados católicos. Ni el de Suecia, brillante potencia económica y cultural, con figuras como Linneo o Berzelius. Por el contrario, se constata una llamativa decadencia científica en los Países Bajos, al compás de su caída, a manos de Inglaterra, como potencia política y comercial.

<sup>2</sup> Idea de la amplitud de intereses intelectuales de estas sociedades lo dan los contenidos reglamentarios de la de Manchester: “Que los temas de conversación comprendan la filosofía natural, la química teórica y experimental, la literatura, el derecho civil, la política general, el comercio y las artes”.

<sup>3</sup> Con Fontenelle, mecanicista cartesiano, se inicia el intento de aplicar el método de las ciencias físico-matemáticas –el llamado “espíritu geométrico”– al estudio del entorno humano; esta propuesta se fortalecería a lo largo del siglo XVIII, con serias advertencias sobre la inaplicabilidad de lo físico a lo humano y social (como haría Condorcet en 1782), hasta la aparición de la “ciencia social”, y concretamente la sociología, en las primeras décadas del XIX.

<sup>4</sup> Tarea peligrosa entonces, lo que acaba obligándolo a huir al entonces ducado independiente de Lorena, tras ver condenado y quemado su libro.

<sup>5</sup> Laplace no aceptó la actitud de Newton de encargar a la “presencia divina” la corrección de ciertos movimientos aparentemente inexplicables de los astros, los de la luna singularmente; e introdujo la idea, cualitativa, de *evolución* en el movimiento periódico de los astros como aportación a su sistema mecánico-cuantitativo.

<sup>6</sup> Este descubrimiento añade un séptimo planeta al sistema solar, después de que durante siglos la nómina planetaria estuviese constituida por solo seis.

<sup>7</sup> Franklin, multifacético personaje donde los haya, intensificó desde 1757 su actuación en política, representando en Europa, primero, a las colonias norteamericanas rebeldes y, luego, al nuevo estado independiente de los Estados Unidos de América.

<sup>8</sup> Priestley y Lavoisier, los dos gigantes de la química de la época, se reunieron en París en 1774, cuando el primero informó al segundo de su obtención del “aire desflogistizado”, es decir, el oxígeno. Lavoisier sería llevado a la guillotina en mayo de 1794 (durante el periodo revolucionario del *Terror*), acusado de delitos económicos por su relación con el cobro de impuestos, y ese mismo año Priestley, teólogo además de científico, se vería obligado a abandonar Inglaterra para trasladarse al nuevo estado independiente norteamericano.

<sup>9</sup> Gran clasificador, Linneo, resumía la esencia de su jerarquía orgánica con aquello de que “los minerales crecen, las plantas crecen y viven, y los animales crecen, viven y sienten”.