

HISTORIA DE LA CIENCIA

Que la ciencia esté sujeta a evolución o sea susceptible de progreso es una idea ajena a las épocas históricas anteriores a la Edad Moderna (polémica de los antiguos y los modernos, 1688-1704); y nuestra percepción del "atraso" científico relativo a una época, un lugar o una rama del saber con respecto a otra proviene específicamente del positivismo de Auguste Comte, para quien hay "tres estadios teóricos diferentes: el teológico o estadio ficticio; el metafísico o estadio abstracto; y por último, el científico o positivo" (*Curso de filosofía positiva*, 1830-1842). No habría ciencia, desde esa definición, antes de la revolución científica del siglo XVII. No hay términos universalmente aceptados para calificar a la forma de conocimiento del hombre prehistórico (que representaba artísticamente su visión del mundo -arte paleolítico- e incluso ha dejado algunas muestras de cálculos numéricos -hueso de Ishango-); las producciones intelectuales, muy sofisticadas, de las primeras civilizaciones (para las que se han propuesto las expresiones "pensamiento pre-filosófico" o "mitopoeico");¹⁶ la ciencia griega (cultura griega), que fue esencialmente un ejercicio teórico que no se sometía al método experimental, y que no se implicaba en la esfera de la producción (el modo de producción esclavista no demandaba innovaciones tecnológicas); o la ciencia romana (cultura romana), continuadora intelectual de la helenística (cultura helenística) en una civilización de inclinación marcadamente pragmática, donde sobresalió una notable ingeniería.

Mientras que en el Extremo Oriente se siguió desarrollando la civilización china con su propio ritmo cíclico, en Occidente la civilización clásica greco-romana fue sustituida por la cultura cristiana (latina y bizantina) y la civilización islámica, ambas fuertemente teocéntricas. Los cinco siglos de la denominada "época oscura" de la Alta Edad Media significaron un atraso cultural en la cristiandad latina, tanto en relación con la Antigüedad clásica como en relación con la simultánea Edad de Oro del islam, que no actuó únicamente como un contacto de innovaciones orientales (chinas, hindúes y persas, como el papel, el molino de viento o la numeración hindú-arábiga) hacia Occidente, sino añadiendo aportes propios y originales. No obstante, el desarrollo productivo del modo de producción feudal demostró ser más dinámico que el esclavista en cuanto a permitir desarrollos tecnológicos modestos, pero de notables repercusiones (la collera, el estribo, la vertedera). Aparentemente, el mundo intelectual, enclaustrado en los *scriptoria* de los monasterios y dedicado a la conservación y glosa de los textos sagrados, la patrística y la parte del saber antiguo que pudiera conciliarse con el cristianismo (Boecio, Casiodoro, Isidoro, Beda, Beato, Alcuino), estaba completamente desconectado de ese proceso, pero en su torno se fue gestando alguna variación en la concepción ideológica del trabajo que, con contradicciones y altibajos, inspiró la justificación de los intereses de la naciente burguesía y el desarrollo del capitalismo comercial a partir de la Baja Edad Media. Mientras tanto, las instituciones educativas se fueron sofisticando progresivamente (escuelas palatinas, escuelas monásticas, escuelas episcopales, *studia generalia*, universidades medievales) y en ellas, a pesar del efecto anquilosador que se supone al método escolástico, surgieron notables individualidades (Gilberto de Aurillac, Pedro Abelardo, Graciano, Raimundo de Peñafort, Tomás de Aquino, Roberto Grosseteste, Roger Bacon -*Doctor Mirabilis*-, Duns Scoto -*Doctor Subtilis*-, Raimundo Lulio, Marsilio de Padua, Guillermo de Ockham, Bártolo de Sassoferrato, Jean Buridan, Nicolás de Oresme) y algunos conceptos innovadores en terrenos

como el de la química, en forma de alquimia (destilación del alcohol), el de la lógica (Petrus Hispanus), el de las matemáticas (*calculatores* de Merton College) o el de la física (teoría del *impetus*).²³

Ya al final de la Edad Media, fue decisiva la adopción de innovaciones de origen oriental (brújula, pólvora, imprenta) que, si en la "sinocéntrica" civilización china no pudieron tener un papel transformador, sí lo tuvieron en la expansiva civilización europea.

Desde la Antigüedad los conceptos de "ciencia" y "filosofía" eran indisociables, en un esquema de las ramas del conocimiento (el *arbor scientiarum*) que desde la Edad Media está presidido por la teología (*philosophia ancilla theologiae* -"la filosofía es esclava de la teología"-, tópico atribuido a Pedro Damián).³⁶ La separación de los ámbitos de las llamadas "ciencias útiles" y de las llamadas "humanidades", y el fin del uso del latín como lengua científica se fue produciendo con mucha lentitud, y no antes del siglo XVIII; pero ya desde su comienzo en la segunda mitad del siglo XV, la "modernidad" de la "Edad Moderna" significó en primer lugar la secularización del pensamiento y la diferenciación entre "letras humanas" y "letras divinas", paso indispensable para convertir la "filosofía natural" en un dominio autónomo que sólo se sometiera a la razón y a la experimentación, diferenciado del de las ciencias morales, humanas o sociales (diferenciación que posteriormente será lamentada como una escisión intelectual entre dos culturas). Tales subdivisiones fueron produciéndose a medida que el desarrollo de la historia cultural fue haciendo imposible que un "humanista" pretendiera dominar todas las ramas del saber (al menos en cuanto a la capacidad objetiva de leer todo lo que se publicaba, ya que la imprenta multiplicó las publicaciones). En torno a 1500 Leonardo da Vinci pudo ser un sabio universal. En la primera mitad del siglo XVII todavía René Descartes podía ser a la vez óptico, geómetra, analista matemático, psicólogo, teórico del conocimiento y metafísico; mientras que Spinoza pretendía demostrar la ética "de modo geométrico" y Leibniz fue considerado "el último sabio universal".³⁷ Para redactar *L'Encyclopedie* a mediados del siglo XVIII tuvo necesariamente que recurrirse a múltiples expertos en múltiples disciplinas especializadas.

Con la revolución copernicana se inició un conflicto entre la ciencia y la fe: Miguel Servet y Giordano Bruno fueron quemados, uno por los protestantes y otro por los católicos (en realidad las partes más problemáticas de su pensamiento no eran tanto las científicas -circulación sanguínea y heliocentrismo, respectivamente- como las propiamente religiosas, pero la clave residía precisamente en el hecho de que tanto jueces como acusados compartían la convicción de que ambos ámbitos estaban necesariamente vinculados), mientras que Galileo optó por retractarse. El propio Copérnico fue ajeno a tales problemas, al no publicarse su obra hasta después de su muerte. Con un planteamiento muy distinto, Blaise Pascal (*Pensées*, 1669) concilió su conciencia científica con su conciencia religiosa aplicando una "apuesta" probabilística que le demostraba la conveniencia de mantener creencias sobrenaturales; un fideísmo compartido por algunos católicos, como Pascal, y algunos protestantes, como Pierre Bayle, que llegó a proponer la completa separación de las esferas de la fe y la razón (*Dictionnaire Historique et Critique*, 1697). La condena papal a Galileo no se levantó explícitamente hasta el siglo XX, pero ya en 1741 Benedicto XIV (llamado "el papa de las luces") había otorgado el *imprimatur* a sus obras completas, una vez que James Bradley había aportado una prueba óptica de la trayectoria orbital de la Tierra. El

conjunto de las obras heliocentristas fueron sacadas del *Index librorum prohibitorum* en 1757. Pero no fue hasta después de la Revolución francesa que fue posible una escena como la protagonizada por Laplace y Lagrange ante Napoleón Bonaparte, en la que se consideraba la existencia de Dios como una mera hipótesis, que había pasado a ser innecesaria para explicar el mundo.

Las observaciones de Tycho Brahe (*Tablas rudolfinas*, 1627) llevaron a Kepler a confirmar, muy a su pesar, la inviabilidad del sistema ptolemaico. Christian Huygens desarrolló una teoría ondulatoria de la luz (1678). Evangelista Torricelli midió la presión atmosférica con el primer barómetro (1644). Francis Bacon definió el método experimental y Robert Boyle fundó la "filosofía de la naturaleza". Tras la precoz renovación del álgebra de François Viète (1591), a finales del XVII Isaac Newton y Leibniz inventaron el cálculo infinitesimal, diferencial e integral. Con esas nuevas herramientas matemáticas, y sus investigaciones en óptica y mecánica, Newton estableció el nuevo paradigma de las ciencias físico-naturales, lo que permite hablar a finales del siglo XVII del triunfo de una verdadera revolución científica coincidente en el tiempo con la llamada crisis de la conciencia europea que significó la apertura de una nueva época en la historia de la cultura y las ideas: la Ilustración.

En 1738, la expedición de Pierre Louis Moreau de Maupertuis para medir el arco de meridiano terrestre verificó la corrección de la teoría de Newton, habiendo de desecharse la teoría de los vórtices³⁸ de Descartes. Voltaire se convirtió en el principal propagandista de Newton y la ciencia moderna (*Épître sur Newton*, 1736, *Éléments de la philosophie de Newton*, 1738). La mecánica analítica se desarrolló en el siglo XVIII con Varignon, D'Alembert, Maupertuis, Lagrange y otros, que también continuaron la obra de Jakob Bernoulli sobre el análisis matemático (prolongada en la de su hermano Johann Bernoulli y la de Euler).³⁹ El formalismo en medios continuos permitió a D'Alembert determinar en 1747 la ecuación de las cuerdas vibrantes, y a Euler establecer en 1755 las ecuaciones generales de la hidrodinámica, campo en el que otros Bernoulli (Daniel, *Hydrodynamica*, 1738, y Johann) habían realizado importantes contribuciones. Tras que D'Alembert publicara su *Traité de dynamique* (1743), en el que intenta reducir toda la dinámica a la estática, Maupertuis descubría el principio de mínima acción, y Lagrange publicaba *Mécanique analytique* (1788). La física experimental y el estudio de la electricidad tuvieron un desarrollo significativo desde los años 1730, con los franceses Nollet y Du Fay, el holandés Musschenbroek, los ingleses Desaguliers y Stephen Gray y el norteamericano Benjamin Franklin. Al final del siglo desarrollaron sus trabajos Charles de Coulomb y Alessandro Volta.

Las teorías del calor se desarrollaron a partir de Boyle y Mariotte a finales del XVII (Ley de Boyle-Mariotte, 1662, 1676). Guillaume Amontons hizo importantes trabajos sobre los termómetros a comienzos del siglo XVIII, que son pronto superados por los de Fahrenheit y de Réaumur. En 1741, Anders Celsius definió como extremos de su escala de temperaturas en cien grados la ebullición y la congelación del agua, lo que fue adoptado por Linneo en 1745 y confirmado en 1794 por el sistema métrico decimal.⁴⁰ Todavía no había una diferencia conceptual entre temperatura y calor, hasta Herman Boerhaave, Joseph Black y finalmente Antoine Lavoisier, que nombra a un fluido como "calórico" (cuya inexistencia no se comprobó hasta el siglo XIX).

El mismo Lavoisier revolucionó la química al superar la teoría del flogisto que venía utilizándose como paradigma de la química pneumática desde Becher y Stahl hasta Priestley (quien a pesar de descubrir el oxígeno como componente del aire que permitía la combustión y la respiración, lo llamaba "aire desflogistizado"). La introducción de la noción de elemento químico y el establecimiento de una nomenclatura química funcional convirtieron al *Traité Élémentaire de Chimie* de Lavoisier (1789) en el primer manual de una química establecida sobre bases científicas sólidas. La alquimia quedó relegada al ámbito de las pseudociencias.

Las ciencias de la Tierra y la biología conocieron un gran desarrollo a partir de los primeros viajes de exploración científica, y del tratamiento de los datos obtenidos por científicos de gabinete:42 Buffon, Linneo, Georges Cuvier, Jean-Baptiste Lamarck.

El fin de siglo ve la creación del sistema métrico decimal, con el notable impulso de Laplace.

En el siglo XIX las matemáticas se refinaron con Cauchy, Galois, Gauss o Riemann. La geometría se revolucionó con la aparición de la geometría proyectiva y las geometrías no euclidianas.

La óptica sufrió una revisión radical con Thomas Young y Augustin Fresnel, que pasaron de una concepción corpuscular de la luz (newtoniano) a una concepción ondulatoria (prefigurada por Huygens). La electricidad y el magnetismo se unificaron (electromagnetismo) gracias a James Clerk Maxwell, André-Marie Ampère, Michael Faraday y Carl Friedrich Gauss. La relación entre el maquinismo de la primera Revolución industrial (la máquina de vapor) y la ciencia de la termodinámica (Sadi Carnot, Clausius, Nernst y Boltzmann) no fue de ningún modo la de un principio científico que se aplicara a la técnica, sino más bien al contrario; pero a partir de la Segunda Revolución Industrial, los retornos tecnológicos se producirán fluidamente ("era de los inventos", 1870-1910).50 A finales del siglo XIX se descubrieron nuevos fenómenos físicos: las ondas de radio, los rayos X, la radiactividad (Heinrich Rudolf Hertz, Wilhelm Röntgen, Pierre y Marie Curie).

Se descubren en el siglo XIX la casi totalidad de los elementos químicos, permitiendo a Mendeleiev el diseño de la tabla periódica que predice incluso los no descubiertos. Se crea la química orgánica (Wöhler, Kekulé).

La fisiología abandonó la teoría de la generación espontánea y desarrolló las vacunas (Edward Jenner y Louis Pasteur). La biología se constituyó como ciencia gracias en gran parte a Jean-Baptiste Lamarck, que acuñó el término en 1802, proponiendo un nuevo paradigma: el evolucionista, si bien con bases diferentes a las que terminarán desarrollándose con Darwin (*El origen de las especies*, 1859). Se abandonó el vitalismo a partir de la síntesis de la urea, que demostró que los compuestos orgánicos podían obtenerse por puras leyes físico-químicas, como los compuestos inorgánicos. La genética nació a partir de la obra de Gregor Mendel (1866), pero presentada de una forma inaplicable, que hubo de esperar al siglo XX para que, tras reelaborarse (leyes de Mendel, Hugo de Vries, Carl Correns y Erich von Tschermak), fuera recibida por la comunidad científica y desarrollara su potencialidad.

La enseñanza tuvo un papel capital en el desarrollo de la ciencia y las técnicas en el siglo XIX.51 Los Estados que democratizaron la enseñanza se dotaron de un contexto y unos medios favorables a

la investigación científica, y se garantizaron permanecer en la vanguardia durante muchos años. El ejemplo emblemático fue Francia, que tras su Revolución hizo de la ciencia uno de los pilares de la escuela pública y las instituciones pre-existentes, que se impulsaron notablemente (Collège de France, Muséum national d'histoire naturelle, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers) o crearon ex-novo (*École polytechnique*, *Conservatoire National des Arts et Métiers*, etc.) La sustitución de la Iglesia por el Estado como suministrador de la educación convirtió al país a una especie de credo laico y republicano, que no sólo separó la Iglesia del Estado, sino de la ciencia. Con un proceso más gradual, semejantes resultados se tuvieron en el Reino Unido.

La profesionalización de la ciencia es una de las transformaciones más notables de la actividad científica en la Edad Contemporánea. Instituciones preexistentes (universidades, academias, museos, jardines botánicos) se convirtieron en centros científicos en el sentido contemporáneo de ese concepto, y marginalizaron los aportes de los científicos aficionados. Desaparecen los gabinetes de curiosidades, sustituidos por un coleccionismo sistemático que nutrió las vitrinas de colecciones públicas y privadas. Los intercambios que eran tan corrientes entre *savants*, *amateurs* y simples curiosos se hicieron cada vez más raros. Aun así, algunos campos siguieron acogiendo el trabajo aficionado, como la astronomía, la meteorología, la botánica, la ornitología o la entomología.