

Evolución del pensamiento científico: del siglo XIII al XXI

Antonio Rincón Córcoles

La curiosidad estimula las observaciones científicas
Alberto Magno

A lo largo de su vida, Alberto Magno recorrió varios miles de kilómetros a pie. Atendía así a los preceptos de su orden monástica, la de los predicadores, de llevar la palabra divina por los burgos y aldeas de Europa. En sus viajes fue agasajado por próceres, disertó en las nacientes universidades y conversó con el pueblo llano, los campesinos, pescadores y mineros que encontraba en su camino. Legado de su inmensa curiosidad es una obra escrita desbordante: unos setenta libros y tratados manuscritos cuya catalogación moderna se traduciría en más de veinte mil páginas impresas.

Nacido en el seno de una familia aristocrática de Suabia en torno al año 1200, destacó como filósofo, teólogo, maestro de estudiantes, naturalista y precursor de la ciencia. Fue obispo de Ratisbona y mediador en un áspero pleito entre el arzobispo de Colonia y sus súbditos burgueses. Su dictamen, el “magno arbitraje”, se ha considerado el primer documento de la constitución de Colonia. En los ambientes cultos, Alberto fue respetado y conocido como *Doctor Universalis*, y su fama llegó a ser tal que en vida le valió un apelativo, el de Magno, que comúnmente se reservaba sólo a los grandes monarcas. En 1931 la jerarquía católica lo elevó a los altares y lo distinguió como uno de los Padres de la Iglesia. La comunidad científica lo ha reconocido como patrono de los naturalistas. Creyentes y científicos rememoran hoy el día de su muerte, acaecida el 15 de noviembre de 1280.

Tuvo Alberto la fortuna de nacer en los albores del siglo XIII, cuando despuntaba el que sería periodo cumbre de la Edad Media. Tras los tiempos de recesión económica, desorden político y pérdida de referentes culturales que siguieron a la caída del Imperio Romano de occidente, en los siglos XI y XII el continente europeo vivió un cierto renacer auspiciado por el crecimiento demográfico, las mejoras de los



sistemas agrícolas y el lento desarrollo de las ciudades y las rutas comerciales. Catedrales e iglesias se hicieron espaciosas y dejaron entrar la luz a unas naves y transeptos crecientemente estilizados con la renovación del gótico. Y en Bolonia, París y Oxford se crearon las primeras universidades, a las que pronto seguirían otras muchas.

En este bullente espacio de progreso se educó quien en su madurez sería ensalzado como Magno. Contribuyeron al cambio otros dos factores importantes. El contacto, no siempre pacífico, con los árabes, en la península Ibérica, Sicilia o el norte de África, había redundado en una gradual recuperación, desde la Alejandría ocupada o el languideciente Bizancio hostigado por los musulmanes, de la cultura griega clásica cuya custodia en occidente había sido dificultosa y fragmentaria. Un nutrido grupo de traductores en suelo hispano y otros lugares vertieron al latín desde el árabe numerosas obras de los grandes pensadores grecorromanos, a menudo glosadas y enriquecidas por comentaristas islámicos. Los eruditos de las primeras universidades cristianas leyeron estas traducciones con fruición, y algunos optaron por recurrir a las fuentes originales, lo que obligó a menudo a emprender penosos viajes hacia oriente.

El segundo factor fue la creación de las órdenes mendicantes, así llamadas porque sus miembros estaban obligados al voto de pobreza y a vivir de la caridad. Dos de ellas, la de los frailes menores o franciscanos y la orden de los predicadores o dominicos¹, adquirirían un notorio protagonismo en la vida religiosa y cultural europea de la última Edad Media. Particularmente activos en la docencia universitaria, dominicos y franciscanos asumieron un papel nuclear en el nacimiento de la escolástica, un movimiento intelectual renovador entre cuyos objetivos prioritarios figuraba el de conciliar las enseñanzas de la filosofía clásica con los principios de la teología cristiana imperante.

Los orígenes del método científico

En la mente popular contemporánea se ha asentado la idea de la Edad Media europea como una época oscura, desdichada, ignorante y dominada por una grosera barbarie. Esta imagen olvida que el curso

medieval se extendió durante cerca de un milenio, un periodo suficientemente dilatado para desterrar cualquier interpretación uniforme de su devenir. Baste un somero repaso de los intereses y conocimientos de Alberto Magno para matizar semejantes convicciones.

Ante todo, este fraile dominico fue una figura esencial para la recuperación en occidente del pensamiento de Aristóteles. Inspirado en las anotaciones naturalistas de la escuela aristotélica, describió y clasificó infinidad de especies de animales y plantas, de las que demostró ser un agudo observador. Desarrolló además un pionero tratado sobre minerales, fue un precursor de la cartografía y disertó sobre el ser humano, el cuerpo y el alma, la anatomía y el significado de los sueños. Por supuesto, como la inmensa mayoría de los hombres cultos de su tiempo, Alberto Magno estaba convencido de la esfericidad de la Tierra y conjeturó acerca de la posibilidad de que las tierras australes estuvieran habitadas, un hecho por entonces indemostrable por el insuficiente desarrollo de la navegación.

Tomó sus fuentes no sólo de traducciones latinas de las obras de Aristóteles y sus seguidores, sino también de Hipócrates, Galeno, Teofrasto, Séneca, Agustín de Hipona o los sabios judíos (Maimónides) y musulmanes (Averroes, Avicena) que le precedieron. En su método de estudio se impuso la exigencia de la observación, del “experimento” como base de comprobación de la realidad. Según dejó escrito, “la tarea de la ciencia natural no consiste en aceptar simplemente cosas relatadas, sino en investigar las causas de los sucesos naturales”. Su erudición y fama llegaron a ser tales que, mientras enseñaba en la Universidad de París, a menudo se veía obligado a perorar en una plaza pública que acogiera a su ingente aluvión de estudiantes. Ese lugar aún pervive, no muy lejos de los pináculos de la catedral de Notre-Dame, con un nombre que recuerda al maestro dominico: la Place Maubert, corrupción lingüística de “Magister Albert”, se dedica hoy a quehaceres más prosaicos y en ella se celebra, tres días por semana, mercado al aire libre.

Relatos apócrifos que circularon sobre Alberto Magno dibujaban paralelamente los trazos de un personaje con trasfondo esotérico. Ya en su tiempo se corrió la voz de su condición de *magnus in magia*, de mago y hechicero que practicaba la alquimia y había realizado supuestos avances en la búsqueda de la piedra filosofal. Una historia aún más asombrosa lo ha

¹ Las Órdenes de los Hermanos Menores, coloquialmente conocidos como franciscanos, fueron fundadas por Francisco de Asís en 1209. La Orden de los Predicadores, o dominicos, creada por Domingo de Guzmán durante la Cruzada albigense contra los cátaros, recibió la orden papal de aprobación en 1216. Alberto Magno ingresó en esta orden en los inicios de la década de 1220.

relacionado con la fabricación de autómatas y cabezas parlantes. La leyenda refiere cómo Tomás de Aquino, su discípulo y quizá la figura más destacada de la escolástica, quedó aterrorizado cuando un día entró sigilosamente en el taller secreto del maestro. Allí descubrió “extraños animales que nunca antes viera, instrumentos confeccionados artísticamente, barcos de las más curiosas formas” y, sobre todo, oculta tras una cortina escarlata, la encantadora figura de una joven, un androide mecánico que lo saludó con una triple exclamación: “Salve, salve, salve”. Invocando a Satán, Tomás de Aquino destruyó a golpes a aquel demonio para consternación de Alberto, quien vio demolido en un instante el resultado de más de treinta años de esfuerzo.

La presencia de Alberto Magno en la Universidad de París no era fruto del azar. Con la connivencia del papado, los dominicos ascendieron con rapidez en la escala eclesiástica y se convirtieron en guardianes de una ortodoxia que defendieron en las aulas parisinas. El lema que los guiaba era hacer la fe más clara mediante una llamada a la razón, y la razón más clara invocando a la imaginación. Tras no escasos titubeos y vacilaciones, la figura de Aristóteles, despojada de rasgos de paganismo, fue incorporada como un referente de las escuelas teológicas dominicas. El naturalismo que preconizara Alberto Magno se convirtió en un instrumento para reforzar la enseñanza de la religión cristiana.

En cierto sentido, el posicionamiento ideológico de los dominicos los enfrentó intelectualmente con los miembros de las órdenes franciscanas. Los seguidores de Francisco de Asís también enseñaron en la Universidad de París. Allí llevaron los ecos de un modelo de pensamiento identificado con la Escuela de Oxford, entre cuyos representantes sobresalió Roger Bacon (h. 1214-1294) de manera excepcional. Los franciscanos ingleses preferían la doctrina de san Agustín frente a Aristóteles, el concepto matemático antes que el naturalismo, el rigor frente a la visión laxa y meramente descriptiva. Sin dejar de reconocer el valor y la erudición de su contemporáneo, Bacon desacreditó a Alberto Magno por su ignorancia de las lenguas clásicas (leía únicamente en latín) y por su desconocimiento de la “perspectiva”, la óptica, que formaría parte central de los trabajos del inglés.

Bacon, quien tomó los hábitos en su madurez, mantuvo posturas controvertidas dentro de su propia orden. Su defensa de la alquimia y la astrología como fuentes de verdadero conocimiento le granjeó acusaciones de heterodoxia. No ayudó a sostener sus posturas el tono apasionadamente profético de algunos de sus escritos. En ellos habla de futuros barcos sin

remeros, máquinas voladoras, carros automóviles, puentes colgantes, ingenios para viajar por el fondo del mar y el lecho de los ríos e instrumentos telescópicos para ver a grandes distancias. Pero, ante todo, Roger Bacon es recordado por la posteridad como un brillante teólogo y como el primer europeo en formular los principios sistemáticos del que, conocido como “método científico”, habría de servir de base a la revolución copernicana que tendría lugar trescientos años más tarde.

La perspectiva como símbolo

La mirada del arte arroja luz sobre la evolución del pensamiento en Europa desde el periodo medieval a la edad moderna, el tiempo de la razón y de los ingenios mecánicos. Tras el desmoronamiento del Imperio Romano de occidente, y en paralelo a los cambios sociales y religiosos que lo acompañaron, las representaciones icónicas y escultóricas experimentaron unos cambios muy perceptibles: en las pinturas y los bajorrelieves medievales desaparece toda impresión de profundidad y se pierde el sentido de la proporción que habían dominado en la antigüedad clásica. Los trazos y los dibujos parecen arcaicos e infantiles, las figuras rayan en la deformidad. ¿Cabe atribuirlo a una mera degradación técnica, a la pérdida de los secretos de la profesión, a la incapacidad de los artistas del románico y el gótico para representar “mejor” la realidad?

La contemplación comparada de las creaciones artísticas del imperio bizantino del mismo periodo lleva a cuestionarse si la idea de la presunta tosqueza del arte medieval no peca de cierto simplismo. Un motivo central del arte bizantino es el icono religioso. En él se representan, con exquisita destreza, imágenes de Cristo en edad madura, de las advocaciones de la Virgen con el Niño, de los cuatro evangelistas (*tetramorfos*), de la efigie del Hijo de Dios en plena majestad impartiendo la bendición (*pantocrátor*). En el apogeo de la elaboración de estos iconos no se aprecia “cambio” en el arte: los artífices persiguen reproducir una y otra vez idénticos motivos, perfeccionándolos en su pureza, recreando el modelo ininterrumpidamente sin introducir cambios ni innovaciones perceptibles.

Nadie osaría afirmar que los iconos bizantinos presentan una factura deficiente. Al contrario, transmiten la impresión de alto refinamiento y perfección estilística. Y, sin embargo, de ellos emana un aroma arcaizante, deliberadamente antiguo. Las composiciones son planas, sin peso ni sombras, exentas de

toda vocación de profundidad. Las figuras, escrupulosamente organizadas, no respetan las leyes de la proporción y la fijación de los detalles más nimios de los rasgos y las vestimentas ahuyenta todo sentido naturalista de movimiento o distancia. A menudo los personajes principales alcanzan el mayor tamaño, aunque se encuentren más lejos en la escena; es la llamada perspectiva invertida, donde el objeto expresado se agranda o se ensancha conforme aumenta la distancia al espectador. O bien los encuadres, desde una posición cenital, no dejan ver sólo las coronillas y los hombros, como sucedería si se tomara una fotografía, sino figuras enteras tendidas artificialmente sobre el plano, sedentes o erguidas, tal y como hacen muchos niños en sus primeros dibujos (perspectiva radiante).

Con sus diferencias de ejecución técnica, las iconografías bizantina, románica y gótica persiguen un objetivo semejante: representar las cosas “como son”, no como “se ven”. Son imágenes abstractas, armoniosas y desmaterializadas, no representaciones figurativas de la realidad. Para sus hacedores no han de mirarse con los ojos del cuerpo, sino con los del espíritu, en una forma de visión mística alejada de la mundanidad corriente. La misión del artista bizantino y medieval es corregir el ruido asociado a la mirada corpórea, el engaño de los sentidos. Dado que la distancia degrada los colores y reduce los tamaños, su deber es deshacer esta falsa ilusión, rechazar la perspectiva aérea y plasmar la verdadera distancia y los colores nítidos para recrear la inmanencia, no la experiencia humana.

La imagen artística medieval se construye partiendo del objeto figurado, no del punto de vista del observador. El centro es el objeto, el mensaje de la obra, en torno al cual se organiza toda la composición sin atender a la contemplación física del mismo desde un tiempo y un lugar concretos. La posición que ocupa el espectador es totalmente secundaria. En ello se refleja un modo de pensamiento conceptual, inherente a la filosofía del periodo, donde es preciso anular o abstraer la experiencia de los sentidos porque distorsiona el valor de la esencia real, oculta tras los poros de la cotidianeidad. Todo lo contrario de lo que preconizaría, siglos más tarde, la ciencia empírica desde el Renacimiento.

El incipiente cambio hacia la modernidad que fuera propio del siglo XIII en el oeste de Europa tendría en definitiva un reflejo muy elocuente en las téc-

nicas y expresiones artísticas. No por azar, el estudio de la visión y de la luz forma parte de las contribuciones más originales del franciscano Roger Bacon a la historia de la ciencia y del arte. Bacon se ocupó a fondo de la disciplina de la óptica. En su tiempo, en ciertos ámbitos cultivados aún se defendía que el fenómeno de la visión consistía en la emisión de un rayo desde el ojo que incidía sobre el objeto, provisto a su vez de una capa sutil que hacía posible el proceso del reconocimiento visual. Los seguidores de las enseñanzas de Plotino² sostenían que la visión se realiza por un contacto entre el haz interior emanado del ojo y la luz exterior propia de los objetos. Según este ideario, la comprensión se obtiene cuando la contemplación intelectual elimina la barrera entre ambos haces y los objetos devienen de una transparencia absoluta. Tales disquisiciones postergaban, claro está, la experiencia como fuente válida de conocimiento.

Pero Bacon, siguiendo el ejemplo del estudio musulmán Alhazen³, impuso en sus análisis el valor de la observación por encima de la entelequia mental. Razonó del modo siguiente: si los ojos emitieran rayos para facilitar la visión, seríamos capaces de ver igualmente de día y en total oscuridad. Además, compartió un argumento contundente de Alhazen: la mirada del sol nos deslumbra, llegando a provocar quemaduras y ceguera si se prolonga en exceso. Qué mejor prueba de que los rayos visuales proceden de los objetos, y no del interior del ojo.

En este esquema mental, la experiencia subjetiva de la visión, que depende de la posición y la distancia entre persona y objeto y no de éste en sí mismo, cobró creciente protagonismo y tuvo, colateralmente, una influencia decisiva en el camino del arte hacia el Renacimiento. El hombre renacentista no ahondaría tanto en la búsqueda de la supuesta realidad objetiva como en la percepción personal de los elementos de su entorno. La mirada del arte se trasladaría del objeto representado al punto de vista del espectador. El estudio científico, de la idea al experimento.

De Giotto a Newton

En 1997, la región italiana de Umbría sufrió los efectos de dos terremotos devastadores. Además de pérdidas humanas y económicas, los movimientos sísmicos provocaron serios daños en la basílica de Asís, cuna del fundador de las órdenes franciscanas.

² Filósofo neoplatónico nacido en Egipto en los inicios del siglo III de la era cristiana.

³ Abú 'Alí al-Hasan ibn al-Hasan ibn al-Haytham, conocido en occidente como Alhazen, vivió a caballo entre los siglos X y XI y realizó notables estudios sobre física, matemáticas y astronomía.

Allí se guardaban notables frescos realizados por Giotto y su maestro Cimabue, que quedaron reducidos a centenares de miles de fragmentos tras el derrumbe del ábside. Fueron precisos denodados trabajos de clasificación y restauración para recomponer los frescos, pieza a pieza, hasta que en 2002 pudieron ser de nuevo expuestos al público.

El emplazamiento y los frescos han sido declarados parte del patrimonio histórico-artístico mundial. En particular, en las obras de Giotto se apuntan algunos de los avances más decididos desde el Medievo hacia la eclosión artística del Renacimiento. Nacido a mediados del siglo XIII, este pintor de origen humilde aplicó las enseñanzas del franciscano Roger Bacon sobre la visión y en la localidad natal del santo de Asís alumbró mejor que sus predecesores la senda hacia la recuperación para el arte occidental del escorzo y la perspectiva aérea y geométrica.

Bacon había abogado por un cambio profundo en la expresión estilística del arte tardomedieval. Adujo que el carácter místico y moral emanado de las imágenes sacras resultaba decepcionante para los fines didácticos que perseguían. En su opinión, entre la masa de los creyentes estaban dejando de escasear las gentes alfabetizadas, y la nueva base social reclamaba una muestra iconográfica que huyera de las alegorías y retomara los principios de la geometría de Euclides, la óptica y la perspectiva. Dicho de otro modo, las escenas de cuadros y relieves habían de mostrarse más explícitas y naturales para transmitir con eficacia ante los ojos de la época los principios de la enseñanza moral y religiosa.

Desde los fluctuantes intentos de Giotto de recuperar el punto de fuga en sus composiciones hasta el establecimiento de los principios de la perspectiva por Filippo Brunelleschi y Leon Battista Alberti en el siglo XV, los frescos y representaciones pictóricas del Trecento al Cinquecento italiano se fueron poblando de fondos sustantivos (edificios, murallas, palmas) para enmarcar las escenas, de figuras en escorzos atrevidos, de un enriquecimiento temático con símbolos y motivos secundarios, de la búsqueda de los puntos de fuga correctos para obtener escenas plenamente comprensibles para sus coetáneos. El dominio creciente de la perspectiva se enriqueció con aportaciones singulares como el *sfumato* de Leonardo da Vinci, quien reforzó la sensación de realismo al difuminar los contornos y los colores de las figuras para crear la impresión de lejanía sobre el plano del lienzo. La pintura, y el arte en general, del Barroco al impresionismo y a la irrupción de la fotografía, han heredado los descubrimientos técnicos y la orientación ideológica fraguados durante la Baja Edad Media y el Renacimiento.

Algo semejante puede decirse del pensamiento científico. Se ha afirmado que la perspectiva es la expresión de un espacio mental en el que el hombre dirige su mirada sobre el mundo. Responde a una visión propia, artificial e idealizada, basada en la ilusión de la vista y sus anexos (lentes, cámaras oscuras), y presupone la existencia de un espacio sistematizado, homogéneo e infinito cuyas relaciones de organización están regidas por leyes matemáticas. Estos principios son extrapolables a los pilares que sostienen las bases de la ciencia moderna. Con el observador (y no el objeto) situado en el centro de la experiencia del mundo, desde el Renacimiento la ciencia pasó a defender el valor del empirismo y de la experimentación frente a la elucubración mental e hizo un uso extenso de las matemáticas como esquema del conocimiento. Pero, pese a su aliento rompedor, la ciencia refinada por Newton y sus comentadores en la segunda mitad del siglo XVII recurrió aún a una sistematización abstracta e ilusoria del entorno (por ejemplo, el espacio y el tiempo homogéneos y absolutos) y no deja de ser deudora de la dialéctica desarrollada por la filosofía antigua y la escolástica medieval.

El debate sobre el mundo newtoniano

Apenas rebasada la veintena, en 1665 Isaac Newton vivió su *annus mirabilis*. Prometedor filósofo natural educado en Cambridge, se había visto obligado a un confinamiento forzoso en la campiña inglesa, en su Woolsthorpe natal, ante el azote de la peste en su universidad. Disfrutó así de un tiempo de engañosa placidez, en un país arrasado por las guerras civiles y los enfrentamientos religiosos que habían llevado a la decapitación del rey Carlos I apenas tres lustros antes por orden de los parlamentaristas encabezados por el dictador Oliver Cromwell. En este entorno, el joven Isaac se vio asaltado por algunas de las lúcidas ideas con que poblaría sus escritos en las siguientes décadas. En el escenario de su reclusión campestre está ambientada, por ejemplo, la celeberrima, y probablemente falsa, historia de la manzana con que se suele ilustrar su hipótesis sobre la gravedad.

Hasta 1687, ya distinguido con la Cátedra Lucasiana de la Universidad de Cambridge, Newton vivió en un ambiente de estudio y relativo apartamiento social. En ese año editó sus *Philosophiæ naturalis principia mathematica* (*Principios matemáticos de filosofía natural*), una obra que cambió para siempre

la historia de la ciencia. El reconocimiento recibido, aunque no unánime, fue veloz y el sesudo investigador se convirtió en un hombre público, agasajado y cada vez más poderoso, líder de una corriente de pensamiento que llegó a defender sus convicciones con agresiva belicosidad.

El camino intelectual que, de algún modo, desemboca en Newton había vivido varios hitos importantes desde el Renacimiento. Copérnico, Galileo y Kepler habían cimentado los principios de la cosmología heliocéntrica y del movimiento de los planetas. Las matemáticas habían progresado notablemente en sus métodos simbólicos con personajes como Pascal, Cardano o Neper. William Gilbert había realizado importantes avances en el estudio del magnetismo. Y, aunque vista aún como una atracción para adornar los salones aristocráticos, la electricidad empezaba a ser comprendida difusamente en algunos de sus principios más sucintos.

Entre tanto, italianos y neerlandeses habían desarrollado instrumentos ópticos de suficiente calidad para auspiciar el nacimiento de la bacteriología (desde que Anton van Leeuwenhoek observara las primeras muestras al microscopio) y de la astronomía telescópica (con el propio Galileo). Por su parte, René Descartes, notable matemático y filósofo y modelo primerizo más tarde denostado de Newton, propuso un modelo racional para la interpretación de la naturaleza en su conjunto.

Como una de sus grandes motivaciones, los filósofos naturales del siglo XVII se afanaban en comprender las causas del movimiento de los planetas alrededor del Sol. El alemán Johannes Kepler había expuesto un siglo atrás las tres leyes que llevan su nombre para describir dicho movimiento. Las leyes funcionaban, pero nadie sabía por qué. Algunos pensadores habían propuesto que los planetas estaban ligados al Sol por fuerzas de índole magnética, al modo de inmensos imanes. Otros preferían una interpretación mecanicista, muy del gusto de Descartes, según la cual el espacio se hallaría traspasado por innumerables vórtices de materia sutilísima. Tales vórtices materiales arrastrarían a los planetas y demás astros hacia sus posiciones en la bóveda celeste.

La originalidad de Newton ante este problema consistió en la atribución del movimiento planetario a la atracción gravitatoria, la misma interacción que ejerce la Tierra sobre los objetos materiales situados en su superficie. Además, el pensador inglés aplicó un modelo matemático con notable capacidad predictiva para explicar las fuerzas gravitatorias como inversa-

mente proporcionales al cuadrado de la distancia entre los objetos implicados. En la ley de gravitación de Newton se conjugan dos elementos que justifican su extraordinaria repercusión en la historia de la ciencia: por primera vez se asignaban causas “universales” a un fenómeno físico, ya que afectaban tanto a los cuerpos astronómicos como a los situados en el plano terrestre. Además, también por vez primera, se proponía una ley con bases matemáticas capaz no sólo de describir el fenómeno, sino también de predecirlo a partir de sus causas. Las intuiciones de Newton sobre la naturaleza de la luz en su libro *Opticks* (1704), las leyes de la dinámica de los cuerpos expuestas en los *Principia* y sus desarrollos sobre el método de las fluxiones que derivarían en el cálculo diferencial son otros logros extraordinarios del soberbio científico inglés.

Lejos de cosechar el éxito instantáneo y arrollador que a menudo pretenden transmitir las crónicas y las reseñas, algunas de las mentes más preclaras de la época presentaron serias objeciones a las teorías preparadas por Newton. Las más resonantes procedieron del entorno de Gottfried Leibniz. Este notable filósofo y matemático alemán se hallaba inmerso en un profundo enfrentamiento con Newton y sus adeptos acerca de la autoría de la invención del cálculo diferencial. El dictamen de la historia es comprensivo para con los dos litigantes: los desarrollos al respecto de Newton y Leibniz son tan coincidentes como complementarios; aunque es posible que existiera un traspase mutuo de ideas, ambos merecen el reconocimiento por el ingenio y la originalidad de sus planteamientos respectivos. Sin embargo, en vida Newton y Leibniz se enzarzaron en una agria contienda pública donde no siempre imperó el juego limpio y de la que el primero emergió como vencedor, aupado en sus mejores apoyos políticos.

Uno de los argumentos formales presentados por los leibnizianos en la disputa contra Newton era, precisamente, que éste no había utilizado su método de las fluxiones en los *Principia*, aun cuando el empleo de las expresiones del incipiente cálculo matemático habría simplificado sus consideraciones. Ciertamente, los *Principia* no destacan por la claridad expositiva: aun reconociendo su toque de genialidad, las descripciones son a menudo confusas, desordenadas y no exentas de errores. Los newtonianos se defendieron afirmando que Newton había preferido las descripciones geométricas a las analíticas para hacer llegar su trabajo a un público académico más amplio, al entender que aún no dominaba las nuevas florituras matemáticas. Acaso existiera una razón adicional: Newton admiraba a los filósofos antiguos, y en sus

Principia emula algunos de los esquemas de sus razonamientos⁴.

Otra crítica de mayor trascendencia incidía sobre el corazón mismo de la hipótesis de la gravitación universal. Leibniz mostraba un hondo escepticismo ante la idea de que unas fuerzas misteriosas de origen gravitatorio rigieran el movimiento de los astros. ¿De dónde proceden esas fuerzas? ¿Cómo pueden ser sus efectos instantáneos a través de la inmensidad de las distancias cósmicas? Nada repugnaba más a Leibniz que las alusiones de Newton hacia una posible intervención divina como causa remota de los fenómenos físicos. Tampoco compartía, en coincidencia con otros pensadores de la época, la idea de un espacio y un tiempo absolutos. Al contrario, la doctrina leibniziana contempla el espacio y el tiempo como entes definidos por las relaciones que establecen con el sujeto, no independientes de él y de su devenir. En cierto modo, aporta un vislumbre de relativismo filosófico que dejaría una huella notable en el transcurso de los siglos venideros.

Finalmente, un tercer aspecto de la comprensión newtoniana del mundo entronca también con un debate filosófico antiguo: el atomismo de Demócrito frente al continuismo de la escuela aristotélica. Para Newton, ciertos fenómenos naturales, como la luz, se explican por la existencia de corpúsculos elementales que los sustentan. El apego newtoniano a las ideas de vacío y “átomos” fue rebatido por Leibniz, quien prefería creer en un principio de continuidad natural, más afín con las nociones de campos físicos, o incluso de la existencia de una materia primigenia, como el ubicuo éter, que se desarrollarían ampliamente durante los siglos XVIII y XIX. En este terreno, el alemán contaría con el apoyo intelectual de otra gran figura coetánea, el neerlandés Christiaan Huygens. La teoría ondulatoria de la luz propuesta por éste obtuvo durante las décadas siguientes preeminencia sobre la hipótesis corpuscular newtoniana.

El prestigio creciente de Newton, quien vio corroborados por los experimentos algunos aspectos esenciales de su teoría de la gravitación, dominó la física y el pensamiento científico inmediatamente posteriores. No obstante, los conflictos ideológicos suscitados por sus teorías (relatividad frente a espacio y tiempo absolutos, continuidad-discontinuidad de los fenómenos naturales, teorías corpusculares y ondulatorias enfrentadas) se mantuvieron, latentes o explícitos,

hasta la expresión en los inicios del siglo XX de un nuevo enfoque clarificador que subvirtió algunos de los principios esenciales de la ciencia.

Los nuevos cánones

El pensamiento decimonónico se apoyaba en dos grandes principios fundacionales: la causalidad y el determinismo. La misión del científico-experimentador era deducir las leyes generales que regían los fenómenos de la naturaleza y establecer las condiciones iniciales de observación. Si ambos conjuntos, leyes y condiciones, lograban definirse con suficiente rigor, sería posible deducir lo que sucedería seguidamente: la posición y velocidad de caída de un grave, los rebotes de una colisión entre dos bolas de billar, el movimiento de las cargas eléctricas y las propiedades de las perturbaciones magnéticas que engendran en su entorno...

En paralelo, el arte de la época, heredero de valores renacentistas, aplicaba la perspectiva clásica para resolver un dilema imposible: cómo plasmar la realidad tridimensional en un lienzo en dos dimensiones. Se adoptó, como convención, una solución óptica basada en los criterios de la monofocalidad y la estabilidad de la visión. Pero los artistas plásticos de los inicios del siglo XX consideraron este planteamiento insuficiente. En la década de 1900, Paul Cézanne renunció a la sensación ilusoria de profundidad y plasmó en sus obras combinaciones de masas de colores con los objetos planos situados unos encima de otros. Poco después, Pablo Picasso y Georges Braque compusieron sus escenas y sus naturalezas muertas desde múltiples puntos de vista simultáneos: en este estilo, bautizado como cubismo, las figuras y motivos se contemplan desde numerosas perspectivas al mismo tiempo.

Las vanguardias cuestionaron el saber atesorado por el arte europeo durante siglos. Deformaron la perspectiva, indagaron en los primitivismos de otras culturas, pretendieron reflejar el movimiento real y no el artificio ilusoriamente dinámico de sus predecesores, otorgaron mayor peso al objeto real frente al ficticio, fomentaron una visión totalizadora, panóptica, de la escena. El resultado ha sido una sucesión de estilos y artistas innovadores, en ocasiones mal comprendidos por sus contemporáneos, que buscan

⁴ Es conocido que, en la parte final de su vida, Newton dedicó buena parte de sus investigaciones a la alquimia, la numerología, la Cábala y la exégesis bíblica. Sus escritos conservados sobre estos aspectos revelan una personalidad críptica, afín a las tradiciones heréticas de los antiguos, en cuyos métodos ocultos confiaba para descubrir las causas profundas de la naturaleza que sus brillantes teorías sobre el movimiento, la luz y la gravedad no habían logrado desentrañar a entera satisfacción.

acompañar el arte con las vicisitudes de la vida corriente y aventurar los designios futuros. En este contexto, máquinas y nuevas tecnologías, desde la fotografía y el cine al vídeo y los nuevos materiales, influyeron en el arte no menos que en la ciencia.

Porque el canon científico vivió al mismo tiempo unos cambios de enfoque y una pérdida de estabilidad emparentados con el devenir artístico y social. La grandiosidad y la autocomplacencia de los discursos del siglo XIX se vieron empujadas ante la propuesta de ideas innovadoras en las primeras décadas del XX. Tales cambios fueron más evolutivos que revolucionarios. Se asentaban sobre sólidas bases preparadas en periodos anteriores, como el método científico, la experimentación con instrumentos crecientemente sofisticados y el empleo de las matemáticas como fundamento del lenguaje de la ciencia.

El físico estadounidense Albert Michelson, investigador de la luz y su velocidad durante el siglo XIX, había llegado a afirmar con vehemencia: "Los descubrimientos de la física futura serán cuestión de la sexta cifra decimal". Daba por hecho que las leyes habían sido ya escritas y tan sólo restaba aplicarlas con creciente exactitud. Pero al mejorar la definición de los medios instrumentales y avanzar hacia dicha sexta cifra decimal en las medidas, las persistentes discrepancias entre teoría y experimento parecían apuntar a la existencia de sorpresas insospechadas. La teoría de la relatividad, formulada por Albert Einstein en 1905 y depurada en 1915, y la mecánica cuántica surgida de un fructífero esfuerzo colectivo⁵ demostraron cuán poco acertado estuvo Michelson en su célebre predicción.

Como ejemplo emblemático, las implicaciones de las hipótesis einsteinianas han traspasado las fronteras de lo científico. En su exposición, Einstein unificó conceptualmente materia y energía, espacio y tiempo, corpúsculo y onda. Desechó toda idea de centralidad en los sistemas de referencia y eliminó de un plumazo el concepto newtoniano de espacio y tiempo absolutos y, con él, el de simultaneidad. No obstante, coincidió con Newton en un aspecto esencial de su teoría: las interacciones cósmicas están regidas por el fenómeno de la gravitación. Ahora bien, en la interpretación de Einstein la gravitación se entrelaza íntimamente con el espacio-tiempo, lo deforma y moldea y se manifiesta como resultado de los cambios de geometría que provoca.

Más profundas son aún las implicaciones trascendentes de la mecánica cuántica. Aunque enmarcada en la sucesión de doctrinas atomistas desarrolladas desde la antigüedad, esta disciplina aporta novedades intelectuales muy interesantes. En la explicación cuántica del mundo no existe la continuidad. Materia y energía (y quizá espacio-tiempo, en algunas atrevidas propuestas) se manifiestan en paquetes discretizados llamados cuantos, de tal manera que son inviables los valores intermedios de las cualidades físicas relacionadas. Este concepto se ha extendido, indirectamente, al darwinismo y la biología: la evolución se produce a saltos, sin cubrir las fases intermedias comprendidas entre dos especies evolutivas sucesivas.

No es este quizá el aspecto más novedoso de la mecánica cuántica. De sus desarrollos teóricos se coligen otras dos ideas transformadoras. En primer lugar, defiende que no es posible fijar con total precisión los valores de dos propiedades físicas conjugadas, como la posición y la cantidad de movimiento (en definitiva, la velocidad) o la energía y el tiempo. Por elevada que sea la precisión de los instrumentos empleados, siempre quedará un halo de indeterminación, o incertidumbre, en la medición. Esta indeterminación no es producto de las limitaciones de la aproximación empírica, sino una cualidad íntima e insoslayable que alienta en la virtualidad física profunda.

La imposibilidad de obtener medidas exactas aboca a una conclusión contundente: no es posible conocer las causas de los fenómenos. Debido a la indeterminación cuántica, de una misma situación y en idénticas condiciones iniciales pueden derivarse distintas consecuencias, para cuyo conocimiento se ha de recurrir de forma inevitable a cálculos relacionados con el azar y la probabilidad. Dicho de otro modo, la mecánica cuántica puso fin a las nociones de causalidad y determinismo científico. Las ciencias que investigan el caos y la complejidad, aplicables tanto a las ciencias puras como a los avatares sociales y económicos, beben también de estas mismas fuentes.

Debe decirse que los desarrollos cuánticos y relativistas comparten una característica común con las teorías científicas que los precedieron. Ambos se basan en un empleo riguroso y confiado de matemáticas altamente complejas. Diríase incluso que las matemáticas contemporáneas han adquirido un rango semejante al de las ciencias predictivas. La relatividad de Einstein encontró encaje teórico merced al

⁵ No es posible señalar a un "inventor" de la mecánica cuántica. Max Planck propuso la idea de cuanto hacia 1900, sin sospechar las profundas implicaciones que tendría para las teorías científicas. Niels Bohr, Werner Heisenberg, Louis de Broglie, Wolfgang Pauli o Paul Dirac son algunos de los hacedores de la primera física cuántica.

recurso a las geometrías riemannianas y a los llamados espacios de Minkowski, desarrollados sin que existiera una demanda clara para su empleo práctico. Más modernamente, la teoría de supercuerdas que pretende aunar los modelos de partículas y la gravitación en un sistema armonioso se inspira en esquemas matemáticos preexistentes y, en su origen, de escaso valor para las ciencias físicas: las teorías de Kaluza-Klein y las variedades topológicas de Calabi-Yau de espacios multidimensionales. Quién sabe cuántos desarrollos matemáticos vigentes aguardan en espera de alguna teoría científico-práctica que los redescubra y se nutra de ellos.

Relatividad y cuántica han sido corroboradas por la experimentación más estricta, tal y como rezan los preceptos del método científico. No quiere ello decir que no presenten puntos débiles, cuya indagación forma parte del currículo de numerosos programas vigentes de investigación. Se añade además que no logran conciliarse en los límites en que se encuentran la una con la otra. Resulta claro que faltan piezas para la composición del puzzle.

La fractura teórica entre cuántica y relatividad ilustra la pérdida de otro principio secular largamente respetado: la correspondencia entre microcosmos y macrocosmos que late desde antiguo en las aspiraciones de la astrología y la alquimia, la astronomía y la ciencia en general. El microcosmos cuántico resulta tan huidizo y extraño para la mente humana, tan contraintuitivo en muchas de sus manifestaciones, que se antoja irreconciliable con la experiencia cotidiana. A no ser que, en la línea que propugnan hipótesis cosmológicas como las referidas a multiversos y paisajes cósmicos plurales, el macrocosmos resulte ser a la

postre igualmente misterioso y ajeno a los razonamientos corrientes.

Lo indudable es que la evolución del pensamiento científico ha ido acompañada en el último milenio de una creciente acumulación de ingenios y artificios tecnológicos que harían la sociedad actual irreconocible para hombres y mujeres de otros tiempos. Los mecanismos dieron paso a las máquinas, y éstas a los dispositivos actuales gobernados por semiconductores y chips electrónicos surgidos, significativamente, al albur de la física cuántica. La transmutación de los metales y la búsqueda de la piedra filosofal tienen su correspondencia moderna en la fisión y fusión atómicas y en la fabricación de los nuevos materiales que inundan nuestros hogares, centros públicos y vías de comunicación. Las cabezas parlantes de Alberto Magno no son sino un eco débil y lejanísimo de la era robótica en ciernes.

El siglo XXI ha tenido inicio condicionado por un vocablo de variadas resonancias: globalización. Su paradigma, Internet, ha aparecido con fuerza tal que está alterando rápidamente los usos sociales. En cierto modo ha supuesto el fin de la privacidad, la invasión difícilmente contenible de lo público en la esfera de lo íntimo. Así sucede también con la hipervigilancia, otro de los rasgos propios de la era contemporánea tan temerosa de la seguridad. Un sinfín de videocámaras nos miran hoy desde sus estrados tecnológicos, de forma impensada e incluso subrepticia. Aunque acaso actúen, en el terreno del subconsciente colectivo, como un trasunto de la finalidad última de la ciencia de nuestro tiempo: la omnivisión, la comprensión total perseguida a través de las múltiples ventanas que escrutan, cada una, el limitado campo de estudio de infinitas especialidades.