
Los ascendientes histórico–filosóficos que precedieron la revolución científica

*Roberto Cañas-Quirós**

Resumen: En este artículo no se estudia directamente la revolución en la física clásica, sino un vasto período que lo antecedió. Se trata de indagar los componentes antiguos, medievales y renacentistas que atisbaron o preludiaron las teorías de Copérnico, Galileo, Kepler y Newton. Se rastrean esos orígenes en la Antigüedad griega desde el inicio del período helenístico hasta el apogeo del Museo alejandrino, abordando autores con logros destacados. De manera abreviada, se localizan exponentes como Teofrasto en la botánica, Euclides, Apolonio y Arquímedes en la geometría, Aristarco e Hiparco en la astronomía, Eratóstenes en la geografía, Herófilo y Erasístrato en la anatomía. En el ámbito del medioevo, aproximadamente un período de un milenio, aunque se sigue la base de Aristóteles y Ptolomeo, se hallan pioneros del desarrollo científico. Uno de ellos fue Alberto Magno y sus agudas observaciones sobre los minerales, vegetales y animales. Otro es Roberto Grosseteste que introduce una metodología empirista de análisis y de utilización de las matemáticas en el estudio de la

* Máster en filosofía y Catedrático de la Universidad de Costa Rica y la Universidad Estatal a Distancia. Ha colaborado en diversos artículos anteriores para revista Acta Académica. ROBERTO.CANAS@ucr.ac.cr

naturaleza. También en Roger Bacon se encuentra un intento de superación de la autoridad aristotélica, buscando aunar la razón y el experimento. En la Alta Edad Media una figura cumbre la constituyó Guillermo de Ockham, quien pretendió independizar la razón de la fe, la filosofía de la teología, y sobre todo extirpando de la ciencia la metafísica y sus conceptos abstractos, y dejando lo particular, contingente y observable. El humanismo-renacentista marca otra etapa, donde se da un redescubrimiento de la cultura de la Antigüedad, su imitación e intento de superación, la demolición de la cultura y la autoridad medieval, la traducción y difusión del pensamiento pagano-oriental (que desarrolló la asociación entre la magia y la ciencia). Desde esta última dirección, se abordan autores que mezclan la magia y la ciencia como Ficino, Mirandola, Reuchlin, Fracastoro, Cardano, Bruno, Campanella, Agrippa, Paracelso, entre otros, y que dejan sus huellas sobre Copérnico, Kepler y Newton. También se analiza la metodología racionalista-analítica de Descartes y la inductiva-empirista de Bacon, como la base del método científico. Por último, se hace énfasis en que la nueva ciencia es la continuidad de la ciencia antigua y que sin esta no hubiera sido posible aquella.

Palabras clave: CIENCIA - FILOSOFÍA - TEORÍA - METAFÍSICA - GEOMETRÍA - ANATOMÍA - ASTRONOMÍA - FÍSICA - BOTÁNICA - MINERALOGÍA - GEOGRAFÍA - MAGIA - ASTROLOGÍA - TEÚRGIA.

Abstract: This article does not discuss directly the revolution in classical physics, but a vast period that preceded it. Its about looking for the components, medieval and Renaissance les prelude peered or theories of Copernicus, Galileo, Kepler and Newton. These origins are traced in ancient Greece from the beginning of the period to hele-Nistico heyday of Alexandrian Museum, approaching authors with outstanding achievements.

Theophrastus exponents are located in botany, Euclid and Archimedes Apolonio in geometry, Aristarchus and Hipparchus in astronomy, Eratosthenes in geography, Herophilus and Erasistratus in anatomy. Within the Middle Ages, a period roughly a millennium, though it is still the basis of Aristotle and Ptolemy, has found pioneers of scientific development.

One of them was Albert the Great and his acute observations on minerals, plants and animals. Another is Robert Grosseteste that introduces an empiricist methodology for analysis and use of mathematics in the study of nature. Also in Roger Bacon is an attempt to overcome the Authority Aristotelian looking to combine reason and experiment.

In the early Middle Ages constituted a major figure in the William of Ockham, who tried to split the reason of faith, philosophy, theology, and especially removing metaphysics of science and abstract concepts, and leaving the particular, contingent and observable.

Humanism and Renaissance marks another stage, where there is a rediscovery of the culture of seniority, imitation and try to excel, the demolition of culture and mediaeval authority, translation and dissemination of ideas-Eastern pagan (who developed the association between magic and science). From this direction, some authors addressed that mix magic and science as Ficino, Mirandola, Reuchlin, Fracastoro, Cardano, Bruno, Campanella, Agrippa, Paracelsus, and others, and who leave their footprints on Copernicus, Kepler and Newton . It also discusses the methodology rationalist Descartes analytical and inductive-empiricist Bacon goes, as the basis of the scientific method. Finally, it is emphasized that the new science is the continuity of ancient science and that without this it would not have been possible.

Keywords: SCIENCE - PHILOSOPHY - THEORY - METAPHYSICS - GEOMETRY - ANATOMY - ASTRONOMY - PHYSICS - BOTANY - MINERALOGY - GEOGRAPHY - MAGIC- ASTROLOGY - THEURGY

Recibido: 3 de agosto del 2012

Aprobado: 3 de setiembre del 2012

INTRODUCCIÓN

Este escrito constituye un análisis sobre los *antecedentes* de la «revolución científica», o lo que se suele denominar también «nueva ciencia» o «física clásica». Ésta aquí no es objeto de indagación, sino más bien sus elementos *periféricos*. Por eso, se abordan los precedentes antiguos, medievales y renacentistas que la anticiparon, como un proceso histórico-filosófico que preparó las condiciones para su realización. Expresado en otros términos, se analizan la huellas que prepararon el camino para que emergieran las teorías de Copérnico, Galileo, Kepler y Newton. No se trata de una relación causal, de decir que las fuentes histórico-filosóficas accionaron directamente la revolución científica, sino de pensar en un gran tejido en el que se fueron enhebrando diversas teorías y visiones del mundo. La pretensión es mostrar cómo se fue configurando el proceso histórico de la ciencia, estableciendo, de una manera sintética, sus diversas interconexiones con respecto a la historia de las ideas filosóficas, los fenómenos sociales, políticos, religiosos y culturales.

Para referirse a la revolución científica de los tiempos modernos, hay que advertir que no surge de repente como si hubiese caído del cielo. Tiene orígenes griegos antiguos, sobre todo de la época helenística de los siglos IV al II a. C., en el Museo de Alejandría. Aquí se dan rasgos como la relativa especialización científica y el estudio minucioso al margen de doctrinas religiosas y filosóficas. Sin embargo, la ciencia antigua tenía un espíritu muy orientado hacia lo teórico, teniendo la experimentación un papel incidental. A pesar de ello, no se pueden dejar de mencionar los grandes logros de Teofrasto en la botánica, Euclides en la geometría, Apolonio con la geometría de los conos, Aristarco con su sistema planetario heliocéntrico, Arquímedes con la mecánica y la hidrostática, Hiparco con la trigonometría, Eratóstenes con la geografía, Herófilo y Erasístrato con la anatomía y la fisiología, y Galeno con la medicina.

La «nueva ciencia» apareció con una intención expresa de ruptura radical, primero en el campo de la astronomía y después en el de la física, con respecto al modelo medieval. Éste fue fundamentado por Aristóteles, bajo la idea de una Tierra central

e inmóvil en el universo y un conjunto de planetas y luminarias a su alrededor describiendo movimientos eternos y circulares. Sus propuestas fueron ampliadas cinco siglos después en Alejandría por Ptolomeo, utilizando un sistema astronómico de mayor complejidad y siempre bajo la óptica del geocentrismo.

La investigación científica renace durante la Alta Edad Media con Alberto Magno, Roberto Grosseteste, Roger Bacon y Guillermo de Ockham, quienes subrayan el papel de la experiencia en el ámbito de la naturaleza, así como la importancia de las observaciones y de las matemáticas. Sus aportes significan el comienzo de una teoría y una práctica, que llevará hasta la ciencia moderna y la desaparición de la imagen tradicional del mundo. La filosofía naturalista inglesa al hacer coincidir el conocimiento con la experiencia sensible, representó la iniciativa para el desarrollo posterior de las ciencias experimentales.

El Renacimiento abre el camino a los nuevos tiempos, pues desde entonces en el mundo no existe ninguna verdad segura en ningún campo. En la época medieval se carecía del concepto de tiempo que hoy manejamos y se asumía que el mundo era inmutable, aparte de la escasa información que las personas tenían si no pertenecían a la élite. El Renacimiento es un fenómeno complejo lleno de elementos híbridos en el que se amalgaman elementos de cristianismo, neopitagorismo, neoplatonismo, epicureísmo, escepticismo, cinismo, socratismo, sabiduría oriental y prácticas mágicas. Este ambiente cultural del siglo XV y la primera mitad del XVI, son las semillas de donde germinará la subsiguiente revolución en la ciencia.

Resulta innegable que para el surgimiento de la nueva ciencia existen elementos previos y, en este sentido, puede hablarse de cuatro deudas fundamentales, legadas por los humanistas-renacentistas del *quattrocento*, sin las cuales la revolución científica sería impensable:

- 1) La profunda admiración que los humanistas sentían por la cultura grecolatina. Ello fue un estímulo para que a la ciencia griega antigua se la considerara con el mayor de los

respetos. Tan es así que Copérnico es motivado por teorías pitagóricas oriundas de Filolao, que conciben que la Tierra *se mueve* alrededor de un fuego central. Por su parte Galileo se mostró devoto de Arquímedes, mientras que los estudios anatómicos de Andrea Vesalio siguieron por mucho tiempo los planteamientos de Galeno. Y para Kepler su gran «descubrimiento» del misterio del universo es que entre cada órbita de cada planeta, existen los cinco sólidos regulares que habían sido descritos por los pitagóricos y Platón, no apreciando de manera tan elevada las tres leyes de los movimientos planetarios, sobre las cuales descansa su fama. También Kepler difícilmente habría podido superar los movimientos planetarios circulares de Ptolomeo y Copérnico, si no hubiese estudiado las investigaciones de Apolonio sobre las secciones cónicas que derivan los movimientos elípticos.

- 2) El rechazo de los humanistas contra la cultura y la autoridad medieval centrada en la escolástica y sustentada por la física, la astronomía y la metafísica de Aristóteles.
- 3) La introducción –gracias a las traducciones de Marsilio Ficino–, de tres conjuntos de textos fundamentales: 1) *el pagano-oriental* (*Corpus Hermeticum*, *Himnos órficos* y *Oráculos caldeos*), a partir del cual se da la simbiosis magia-ciencia, donde Newton es el último gran científico-mago de la revolución científica; 2) *el neoplatónico* (las obras de Plotino, Porfirio, Jámblico y Proclo), donde se da una destacada importancia al Sol, como se refleja en el heliocentrismo de Copérnico, o en Kepler cuando dice que «el Sol es el cuerpo más hermoso» y «el ojo del universo», y en Harvey quien asevera que «el corazón puede ser correctamente designado como principio de la vida y Sol del microcosmos»; y 3) *los diálogos de Platón*, donde en uno de ellos, en el *Timeo*, escrito a su vez bajo la influencia pitagórica, se habla del Demiurgo o Artífice del universo, que lo formó a partir de la geometría y los números, imponiéndole un orden matemático que el científico debe desentrañar, como buscaron hacerlo Copérnico, Kepler y Galileo.

- 4) Los humanistas a pesar de que veneraban la Antigüedad, creyeron en la superioridad de los «modernos» sobre los «antiguos», asumiendo que los grandes artistas de su tiempo habían «sobrepasado gloriosamente» las más bellas realizaciones grecolatinas. Esta confianza fue la antesala para que los nuevos investigadores de la ciencia hacia finales de la primera mitad del siglo XVI, buscaran superar a toda la ciencia anterior, lo cual se produjo efectivamente en menos de 150 años.

Por «revolución científica» se entiende el período posterior al de los humanistas-renacentistas, que va de 1543, fecha de la publicación del libro *La revolución de las esferas celestes* de Copérnico, hasta 1687, donde aparece la obra *Principios matemáticos de la filosofía natural* de Newton. La revolución copernicana representó un giro completo en la astronomía, pasando de un universo geocéntrico a uno heliocéntrico. Ello transformó la percepción de que la Tierra no era el centro del universo, sino un planeta más, perdiendo su carácter especial y privilegiado. La consecuencia fue que también se operó un cambio en la imagen del ser humano, que ya no era visto como la culminación del acto creador divino de acuerdo con la narración bíblica. Las bases filosóficas del pensamiento astronómico copernicano son el neoplatonismo y los *Oráculos caldeos*, sobre los cuales se concibe que el Sol es el símbolo e imagen de la divinidad, ocupando, por consiguiente, un sitio central.

Galileo Galilei es el padre de la ciencia moderna por muy diversas razones. Una de ellas es que ésta debe explicitar sus supuestos, debe dar demostraciones necesarias sobre «el mundo sensible y no sobre un mundo de papel». Los objetos que estudia la ciencia deben estar delimitados y su descripción es objetiva y no subjetiva: hay que limitarse a describir las cualidades objetivas y primarias de los cuerpos, como las cantidades, medidas, pesos, etc., y hay que excluir las cualidades secundarias que, en virtud de depender de la subjetividad humana, son variables de un individuo a otro, como cuando se perciben los olores, colores, sabores, texturas y sonidos. Esta ciencia objetiva y mensurable se escribe en el lenguaje matemático, que da cuenta de las

causas de un universo determinista y mecánico. Galileo retoma el heliocentrismo copernicano, pero amplía la extensión del universo, aumentando la cantidad de los cuerpos planetarios. Ello generó un enfrentamiento entre la razón científica y la fe religiosa, una discordia entre «cómo va el cielo» y «cómo se llega al cielo».

Con la aparición de la nueva ciencia se suscitó el problema por el «método» que debe emplear, ello es: *cómo* proceder efectivamente en la investigación de los fenómenos naturales. Puede recordarse que la aplicación de la matemática a los artefactos mecánicos, tenía sus precedentes en Arquímedes a partir de sus leyes sobre la palanca y en su obra *Sobre el método*, donde apoyaba procedimientos inductivos e intuitivos. En esta dirección, durante la primera mitad del siglo XVII el problema en torno a la metodología científica se vuelve crucial. Las meticulosas observaciones astronómicas de Tycho Brahe son relevantes al desbaratar la existencia de las supuestas esferas cristalinas de la cosmología medieval, concebidas para trasladar los planetas. Con su discípulo Johannes Kepler, se da el paso decisivo en llegar a descubrir *por inducción* fórmulas matemáticas que expliquen los movimientos naturales de los planetas.

El rechazo por Aristóteles y el problema del método o la lógica científica, es retomada con intensidad por Francis Bacon, el padre del científicismo industrial. Con la filosofía instrumental aristotélica se hacen disputas verbales y se domina al adversario, y con la baconiana se pretende dominar la naturaleza. El gran poder de ciencia se refleja en su uso claro y ordenado de la experiencia: no se trata ni de acumular información dispersa e inconexa, ni mucho menos caer en el apriorismo a ultranza del racionalismo de Descartes. Eliminando las falsas nociones, prejuicios y tradiciones arraigadas, es que se puede iniciar efectivamente la investigación científica. La ruptura baconiana no es sólo con Aristóteles y el medioevo, sino también con Pitágoras y Platón, sobre todo a través de su versión neoplatónica-hermética renacentista. Existe una necesidad de extirpar cualquier forma de especulación teológica, metafísica y mágica en la ciencia. Ésta debe seguir el camino de la *inducción*, que es la generalización que se obtiene por medio de los datos proporcionados por la experiencia. Si ésta

se halla bien dirigida u orientada hacia un fin, se convierte en un experimento. Algunos de ellos son útiles y dotan de innumerables comodidades a los seres humanos, pero los más importantes son los que iluminan sobre las causas ocultas de las cosas, generando poder y dominio sobre la naturaleza. Los avances de la ciencia y sus aplicaciones a la naturaleza, aunque no sigan por senderos de una ética ecológica, desde el ideal baconiano pueden renovar al ser humano, hasta el punto de implementar en la sociedad los principios de caridad y fraternidad.

El problema del método se acentúa con Renato Descartes, fundador de la filosofía moderna y creador de la geometría analítica. Para él la ciencia es capaz de adquirir conocimientos ciertos e indudables y, para ello, necesita de un método para buscar la verdad. Esta metodología se basa en reglas analíticas y sintéticas, a partir del criterio de la «claridad» y la «distinción». El fundamento de este método científico se basa en la crítica radical contra todo saber consolidado, lo que se conoce como la duda metódica, a fin de encontrar una verdad que no admita cuestionamiento. Pero se afina en el yo, en el pensamiento, a partir de la cual se demuestra racionalmente la existencia de Dios, para después conocer el mundo como realidad mecánica. A pesar del carácter racionalista y escasamente práctico de los planteamientos de Descartes, su optimismo por la ciencia lo acerca a Bacon, donde se avizora que ésta hará que el ser humano se convierta en amo y señor de la naturaleza, disfrute de comodidades y se extirpen una infinidad de enfermedades.

Con Isaac Newton la «revolución científica» o la «física clásica» llega a su culminación. No se puede dejar de mencionar que enlaza sus investigaciones científicas con planteamientos de tipo filosófico-teológico y herméticos. Con su obra se desarrolla un modelo de ciencia que será vital para la Ilustración europea del siglo XVIII, principalmente para Voltaire y Kant. El escrito newtoniano *Principios matemáticos de la filosofía natural*, es una interpretación matemática de un universo puramente mecánico y terrenal. No sigue la metodología deductiva de Descartes, aunque sí conserva su vertiente analítica, mientras que de Bacon mantiene el carácter inductivo y experimental. En efecto, Newton

no parte de principios generales para llegar a hechos que sean su confirmación. Tampoco emplea hipótesis acerca de la esencia de las cosas (*hypotheses non fingo*), lo que significa que la ciencia (o filosofía natural) no debe perderse en conjeturas metafísicas. Una teoría fundamental como la gravitación universal implica el hecho de sistematizar con procedimientos matemáticos ciertos datos de la experiencia, como la caída de cuerpos, los movimientos planetarios, las mareas, etc. La ciencia occidental, a partir de las teorías newtonianas, cerrará las puertas a las consideraciones metafísicas y se encerrará rigurosamente dentro de los linderos de la descripción empírico-matemática de los fenómenos naturales, y, siguiendo hasta donde sea posible su metodología, también de los fenómenos sociales.

1. LAS FUENTES GRIEGAS DE LA CIENCIA MODERNA

En el mundo griego, durante la época helenística (336–200 a. C.), se desarrolló una gran producción científica en la ciudad de Alejandría, la cual tuvo contacto directo con la ciencia y la técnica de antiguas civilizaciones orientales como la de Egipto, Mesopotamia e India. El Museo (cuyo nombre significa institución consagrada a las Musas, divinidades protectoras de las ciencias y las artes), fue fundado en la ciudad de Alejandría, Egipto, alrededor del 290 a. C. por Tolomeo I Sóter, y fue el primer centro de investigación científica sufragada por el Estado y de contribuciones sin precedentes hasta entonces. Era un gran edificio que disponía de un comedor, sala de lectura, jardín botánico, parque zoológico, observatorio astronómico y biblioteca (la famosa Biblioteca de Alejandría, que llegó a tener cerca de 700.000 volúmenes o rollos). También albergaba y se usaban para la enseñanza objetos como instrumentos quirúrgicos y astronómicos, pieles de animales, colmillos de elefantes y bustos. Sus directores y miembros asociados eran mantenidos por el Estado y conformaban una élite aislada del resto de la población. Se puede decir que el Museo fue una continuación del Liceo de Aristóteles, aunque con un énfasis nuevo en la astronomía y las matemáticas, y con una mayor apertura hacia los experimentos. Además, no fueron apreciados como conocimientos inferiores –como hubiera hecho Platón–,

las descripciones astronómicas exactas como las de Eudoxo, Heráclides e Hiparco, la neumática y los ingeniosos inventos de aire comprimido de Ctesibio y Herón, o la mineralogía descriptiva de Teofrasto. También la teoría atómica de Demócrito como forma de explicar la naturaleza es revitalizada, cuando anteriormente había sido censurada por Platón y Aristóteles.

Las dos características fundamentales de la ciencia helenística son, por un lado, la especialización en campos del saber aproximadamente delimitados, y, por otro, la investigación científica autónoma. En este último caso, se trata de una búsqueda del conocimiento con independencia de los dogmas religiosos y filosóficos. Asimismo, hay que matizar el hecho que durante este período se haya empleado una cierta metodología experimental o una ciencia aplicada, aun cuando se localicen rasgos destacados en los seguidores del Liceo aristotélico y sobre todo en Arquímedes. La ciencia helenística permaneció atada al espíritu de la filosofía presocrática que buscaba alcanzar un estado «contemplativo» o «teórico», en un deseo desinteresado por conocer y ajeno a las necesidades materiales más urgentes. Los científicos griegos antiguos, al contar con esclavos que servían para la solución de los problemas prácticos y al no haber necesidad de una producción a gran escala porque el bienestar socio-económico repercutía sólo para una minoría, incidió para que fuera muy escasa la mentalidad técnica aplicada.

Después de la muerte de Aristóteles, Teofrasto su discípulo más renombrado, extendió la investigación principalmente en la rama científica. En el 323 a. C. escribió *Historia de las plantas y Etiología de las plantas*, las cuales representan los primeros tratados completos de la ciencia de la botánica, constituyendo la última palabra en ese campo hasta finales de la Edad Media.

El matemático Euclides, quien probablemente estudió en Atenas con discípulos de Platón y enseñó geometría en Alejandría, hacia los últimos años del siglo IV a. C., escribió la obra *Elementos de geometría*. Se trata de un extenso tratado sobre materias tales como geometría plana, proporciones en general, propiedades de los números, magnitudes inconmensurables y geometría del

espacio, el cual se ha utilizado como texto durante 2.000 años, e incluso hoy, una versión modificada de sus primeros libros constituye la base de la enseñanza de la geometría plana en los centros de enseñanza secundaria.

Otro matemático brillante fue Apolonio de Perga, Panfilia, llamado el «gran geómetra», que vivió durante los últimos años del siglo III y principios del siglo II a. C. Se conserva su obra *Secciones cónicas*, donde introdujo la terminología técnica para designar los tres tipos de secciones de cono: elipse, parábola e hipérbola, las cuales pueden obtenerse cortando con planos de distintas inclinaciones un cono recto, o cono de revolución. Si hubiera aplicado sus descubrimientos a la astronomía, habría revolucionado las teorías vigentes, pues las órbitas de los planetas alrededor del Sol son fundamentalmente cónicas. Sin embargo, tal aplicación no se llevará a cabo hasta la época moderna con Kepler.

El astrónomo Aristarco de Samos (310–230 a. C.) propuso un sistema planetario heliocéntrico (con centro en el Sol). Propuso como hipótesis matemática: «las estrellas y el Sol permanecen inmóviles, pero la Tierra gira en torno al Sol en la circunferencia de un círculo, manteniéndose el Sol en el centro de la órbita». A pesar de que se anticipó por muchos siglos a las teorías de Copérnico, su tesis no fue conocida sino hasta después del Renacimiento. El sistema astronómico de Aristarco tuvo escasa aceptación porque contradecía la experiencia cotidiana y hasta fue censurado por Cleantes, jefe de la escuela estoica de Atenas, quien expresó que se lo debía procesar por impiedad. Por otra parte, con la llegada del cristianismo, tanto la Iglesia católica como posteriormente la protestante, consideraron tal punto de vista impío e incompatible con su dogmática religiosa.

El matemático Arquímedes (287–212 a. C.), fue oriundo de Siracusa y, aunque viajó a Alejandría, no permaneció ligado a las actividades del Museo. De él se conservan numerosas obras: *Sobre la esfera y sobre el cilindro*, *Sobre la medida del círculo*, *Sobre las espirales*, *Sobre la cuadratura de la parábola*, *Sobre los conoides y los esferoides*, *Sobre los cuerpos flotantes*, *Sobre el equilibrio de los planos*, *El arenario* y *Sobre el método*. Sentó las bases de la mecánica y la

hidrostática (una rama de la mecánica de fluidos), perfeccionó el método de numeración griego, calculó con bastante exactitud el valor de π , estudió los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, y dio ecuaciones de las áreas de los cuerpos engendrados por revolución alrededor de un eje. Hay probabilidades de que haya realizado importantes invenciones, dentro de la maquinaria de guerra, como la catapulta y un sistema de espejos que incendiaba las embarcaciones enemigas al enfocarlas con los rayos del sol, según la versión de Luciano de Samosata. Arquímedes construyó un planetario que más tarde transportaron a Roma y fue objeto de elogio por parte de Cicerón. También se cuenta, quizás con un carácter fabuloso, que arrojó al mar una nave gigantesca mediante un sistema de palancas, pronunciando la frase: «Dame un punto de apoyo y levantaré la Tierra». Sin embargo, sus aplicaciones prácticas en el campo de la mecánica fueron más que nada un pasatiempo, pues su auténtica actividad era la de un matemático puro, absorto en sus figuras, y su imagen de genio práctico fue la que interpretó Galileo.

La anécdota de Herón, rey de Siracusa, que le pidió a Arquímedes que determinara si la corona de oro que había mandado a hacer, fue hecha de oro puro o de una aleación, pudo haber derivado su famoso principio: todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja. La relación entre el peso específico y el volumen lo desarrolla en su obra *Sobre los cuerpos flotantes*, mientras que el relato, contado de una manera muy general, aparece en Vitrubio (70 a. C.–25 a. C.), arquitecto e ingeniero romano, que lo refiere en su obra *Sobre la arquitectura (De architectura)*. Galileo refiere el posible procedimiento empleado por Arquímedes en su escrito: *Discurso del S. Galileo Galilei acerca del artificio que utilizó Arquímedes para descubrir el robo del oro en la corona de Herón*.

El astrónomo Hiparco de Nicea (190–120 a. C.) desarrolló la trigonometría, que es un conjunto de funciones geométricas construidas con los lados y los ángulos de un triángulo rectángulo y que se deducen básicamente del teorema de Pitágoras. Posteriores desarrollos de la trigonometría han permitido a los astrónomos contemporáneos medir con precisión las distancias de los astros.

Con base en esta disciplina, el matemático, astrónomo, geógrafo y director del Museo Eratóstenes (284–192 a. C.), realizó una medida asombrosamente precisa del diámetro de la Tierra (39.740 kilómetros), la cual tiene un error de 400 kilómetros y sólo fue mejorada hasta el siglo XVIII. Tiene el mérito de haber sido el primer autor en haber aplicado la matemática a la geografía y también dibujó el primer mapamundi fundamentado en el criterio de los meridianos y los paralelos.

Los anatomistas y médicos Herófilo (hacia el 300 a. C.) y Erasístrato (280 a. C.) basaron la anatomía y la fisiología en la disección, que consiste en la preparación de los animales muertos para que conserven la apariencia de cuando estaban vivos. Incluso llegaron a realizar disecciones en malhechores, a pesar del escándalo provocado. Herófilo fue el primero en comprender el funcionamiento de los nervios y el uso clínico del pulso, como síntoma para el diagnóstico. También distinguió entre las funciones de los nervios sensitivos y la de los motores. Por su parte, Erasístrato reconoció la importancia de las circunvoluciones del cerebro humano (es decir, el relieve de la superficie exterior del cerebro, separado de los demás por surcos), e hizo la distinción entre venas y arterias, afirmando que las primeras transportan la sangre, mientras que las segundas transportan el aire. Galeno (130–200 a. C.) fue el último de los grandes médicos y se puede decir que es el Aristóteles de la medicina. Esto porque su sistema sólo fue reemplazado hasta el Renacimiento, el cual incorporó una explicación mecanicista del funcionamiento del cuerpo humano. La fisiología galénica se basa en el flujo y reflujo de espíritus y sangre en las arterias y nervios. Además, agrega que el calor corporal se origina en el corazón, mientras que los pulmones actúan como refrigerantes.

2. EL MODELO ASTRONÓMICO MEDIEVAL

La Edad Media es un período aproximado de 1.000 años, cuya física y astronomía correspondió con la que dejaron como herencia Aristóteles y Claudius Ptolomeo.

Aristóteles propone la idea de un universo único, no creado, indestructible, finito y esférico. La Tierra está inmóvil en el centro, y es esférica y pequeña en comparación con las estrellas fijas (las doce Constelaciones o el Zodíaco). Además, en la Tierra se produce la generación y la corrupción, el nacimiento y la muerte, a partir de los cuerpos primarios simples –tierra, fuego, aire y agua–. Esta es la región que abarca desde la Luna hasta la Tierra y que se denomina región *sublunar*. El quinto elemento es el «éter» o «quinta esencia», el cual no padece cambio ni descomposición, está sujeto al movimiento circular eterno y envuelve el resto del cosmos, aunque decrece en pureza en las zonas más bajas (en algunas partes de la Luna). Esta es la región *supralunar*, de naturaleza inmodificable o «incorruptible», que abarca los cuerpos celestes. Más allá de las estrellas, hay «esferas» que giran en direcciones diferentes para llevar a los planetas, el Sol y la Luna en movimientos circulares. El movimiento circular carece de principio y de fin, siendo el más apto para los cuerpos invariables y eternos¹.

El movimiento del cosmos mediante la teoría de las «esferas concéntricas», fue propuesto por el matemático Eudoxo, mejorada por el astrónomo Calipo, y reelaborada por Aristóteles. Aquí se considera que cada planeta, el Sol y la Luna, poseen esferas que giran alrededor de sus ejes, mientras la Tierra permanece fija en el centro. Algunos planetas podían tener hasta cuatro esferas, cada una conectada con la siguiente, originando una diversidad de movimientos.

Las propuestas aristotélicas fueron complementadas por Ptolomeo, el astrónomo de Alejandría del siglo II d. C. Éste escribió *Almagesto* (*Obra magna*), donde propone una teoría astronómica geocéntrica y geostática. Siguiendo a Aristóteles, Ptolomeo parte del principio de la imposibilidad de una Tierra en movimiento, pues al ser una masa tan grande dejaría atrás a todos los cuerpos que caen, flotando en el aire, mientras la Tierra misma, debido a su gran velocidad, ya se hubiese desplazado fuera del universo. La concepción ptolemaica para explicar los movimientos planetarios

1 La estructura del universo aristotélico se expone en *Sobre el Cielo* I, caps. 8–9, 10–12; *Metafísica* 1072a23 y 1074a31–38; y *Meteoros* 340b6–10.

alrededor de la Tierra, se basa en un sistema muy complicado que propone «epiciclos», que son pequeñas circunferencias sobre las que giran los astros en el espacio, y los «deferentes», que son círculos mucho más grandes.

Durante la Edad Media la Iglesia asumió como propio el sistema de Ptolomeo, aunque añadiéndole de manera simplista dogmas cristianos. En este sentido, Dios crea la Tierra en el centro del universo y hace al hombre a su imagen y semejanza. Asimismo, en los cielos se halla el paraíso, al cual pueden ir después de la muerte las almas de los bienaventurados, mientras que los infiernos se localizarían en el centro de la Tierra. Por su parte, alrededor de los astros las esferas son de cristal y empujadas por los ángeles.

3. LA INCIPIENTE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DURANTE LA EDAD MEDIA

La figura cumbre dentro del humanismo medieval es el filósofo, teólogo y científico alemán Alberto Magno (1193 ó 1206–1280). El adjetivo «Magno» se debe a que sus consideraciones científicas y filosófico-teológicas adquirieron mucho renombre aun durante su propia vida. Además, introdujo la ciencia y la filosofía griega y árabe en la Europa medieval. Ello también le valió el sobrenombre de «Doctor universal», a causa de haber sido el hombre más culto de su tiempo. Otro de sus aportes fue la explicación de las obras más importantes de Aristóteles y el haberlas atraído hacia su discípulo Tomás de Aquino.

En las cuestiones científicas Alberto Magno remite a Aristóteles, pero realiza observaciones propias y originales sobre los minerales, los vegetales y los animales. No obstante, debe señalarse que el estudio de la naturaleza y la visión del mundo fue transmitida a los medievales a través de los árabes y, en esta dirección, difícilmente se puede decir que Alberto Magno aplicara el método experimental, a pesar de que sus observaciones son

agudas y exhaustivas. Una de sus propuestas digna de destacar es la de la esfericidad de la Tierra, la cual fue recogida y transmitida por los dominicos, teniendo quizás influencia en Cristóbal Colón a la hora de emprender una nueva ruta oceánica.

La investigación científica ya no es en Alberto Maga la idea medieval de observar la naturaleza para encontrar en ella bellas semejanzas con el Creador o para buscar algún tipo de aprendizaje moral. Su interés es por la realidad en sí misma, manteniendo una perspectiva objetiva, lo cual significa una nueva actitud en su época. Asimismo, la indagación de la naturaleza debe llevarse a cabo en las cosas individuales, experimentando no sólo de una manera, sino en todas las variantes posibles. La ciencia alcanza un conocimiento más firme si reposa sobre pruebas basadas en las experiencias con los objetos sensibles, en lugar de un razonamiento refinado que no posea ninguna tentativa de experimentación. Por eso en su obra *Sobre los vegetales*, hay un intento de ruptura con la tradición académica medieval, al indicar que sobre los minerales y seres vivientes, «únicamente la experiencia concede la certeza en estos temas, porque acerca de fenómenos tan particulares el silogismo carece de valor». También puede hallarse en él un rasgo que lo aproxima a lo que un poco más de dos siglos después será una característica de la ciencia moderna, a saber: su asociación con la magia. Alberto fue defensor de la magia natural, en la cual Dios conserva unidas todas las cosas.

Mientras tanto en Inglaterra, en la Universidad de Oxford, el interés de los maestros estuvo centrada principalmente en la enseñanza de las artes del cuadrivio (aritmética, geometría, música y astronomía) y menos en las del trivio (gramática, retórica y dialéctica), implicando una orientación hacia la ciencia empírica. A pesar de que no contaban con características de especificidad metodológica y especialización, como ocurriría más tarde, puede hablarse de una incipiente filosofía experimental en Roberto Grosseteste y Rogerio Bacon, aunque mezclada de elementos teológicos, místicos y metafísicos.

Grosseteste nació en 1175 en Suffolk, Inglaterra. Estudió en la universidad de París y Oxford, y más tarde fue catedrático y canciller en esta última. Tradujo algunas obras de Aristóteles. En

1235 fue nombrado obispo de Lincoln y murió excomulgado por el papa Inocencio IV, por haberlo censurado en sus sermones. Su tendencia empirista se refleja en sus observaciones sobre las propiedades de los espejos y los lentes. También consideró fundamental el estudio de las líneas, los ángulos y las figuras para aplicarlas al conocimiento del universo en cada una de sus partes. Ello quiere decir que el estudio de la naturaleza debe basarse en las matemáticas. Sin embargo, esta orientación se hará efectiva hasta las propuestas de Galileo y la *nuova scienza*. En todo caso, el valor de la obra de Grosseteste estriba en haber dado la pauta a seguir en las indagaciones de la ciencia física de la escolástica tardía.

El principal exponente de la tendencia empirista y naturalista de Oxford es Roger Bacon, nacido en 1210/1214 en Dorsetshire, Inglaterra. Estudió en Oxford y fue discípulo de Grosseteste y de Pedro Peregrino, quien escribió acerca del magnetismo. Fue a París hacia 1240, donde enseñó teología. En 1252 regresó a Oxford, protegido por el papa Clemente IV, quien lo instó a publicar sus escritos, que intentan ser una enciclopedia del saber científico. Estos tres textos se denominan: *Obra mayor*, *Obra menor* y *Obra intermedia*. También escribió sobre los vegetales, alquimia y medicina. A la muerte del papa en 1277, la orden franciscana condenó sus tesis astrológicas y solicitó su encarcelamiento, la cual padeció hasta el año 1292. Allí redactó su *Compendio de estudios teológicos* y murió poco después. Se puede destacar que se le atribuye la invención de los anteojos y quizás de algún rudimento del telescopio. Además, intuyó una gran cantidad de hechos futuros como el vuelo, las naves que se desplazan sin remos, el uso de explosivos, la circunnavegación del planeta, túneles submarinos, entre otros.

Resulta significativo que para Bacon la verdad no es algo petrificado y consolidado para siempre². Aristóteles representa un hito dentro de la investigación, pero la verdad se desarrolla a través del tiempo. Por eso para Bacon la ciencia no es producto del individuo, sino de la humanidad. El camino para alcanzarla no es lineal, sino que encuentra obstáculos. El principal es la

2 Esto es un anticipo de la doctrina de los «ídolos» del otro Bacon, –Francis Bacon–.

ignorancia, la cual obedece a cuatro causas: 1) el patrón de una autoridad endeble e inocente, 2) costumbres arraigadas, 3) los prejuicios del pueblo falto de inteligencia, y 4) la pretensión de una aparente sabiduría que en el fondo lo que hace es ocultar la ignorancia. La ciencia se construye y progresa a través del tiempo y de la modificación de errores del pasado. El conocimiento se adquiere por medio de la razón que especula y del experimento que prueba. Antes bien, la argumentación por más concluyente que sea, siempre deja espacio para la duda. Por tanto, la razón en su búsqueda de la verdad es insuficiente sin la experiencia, pues «sin la experiencia no se puede conocer nada de modo suficiente».

Al finalizar la Edad Media encontramos a uno de sus exponentes más interesantes: a Guillermo de Ockham. En él se localizan elementos pre-renacentistas que marcan el derrumbe de la escolástica. Nació en 1280 en la aldea de Ockham, al sur de Londres. A los veinte años ingresó a la orden franciscana y estudió en Oxford obteniendo el grado de bachiller. Comentó los libros de las *Sentencias* de Pedro Lombardo³. Ésta y otras de sus obras fueron objeto de acusación de herejía por parte del Papa Juan XXII, quien lo manda venir a Aviñón en 1324. Ello se agravó aún más con la adhesión de Ockham al franciscanismo de corte «espiritual», donde se abogaba por la pobreza evangélica y la renuncia de toda propiedad, a imitación perfecta de Cristo. El papa es el que más debería seguir este género de vida y donde exista incluso la posibilidad de deponerlo cuando incurra en herejía. Ante ideas tan revolucionarias, Ockham se previene de un castigo severo y se refugia en Pisa bajo la protección de Luis de Baviera, quien también había sido excomulgado por el mismo pontífice. Se hicieron famosas las palabras que según parece pronunció: «Oh Emperador, defiéndeme con la espada, que yo te defenderé con la palabra»⁴. Más tarde se traslada a Munich, y muere probablemente en 1349 víctima de la peste negra.

3 El texto *Sententiae* de Pedro Lombardo fue uno de los libros fundamentales de la cultura filosófica medieval del siglo XII, donde se sistematizan las verdades de fe contenidas en la Sagrada Escritura, junto a las interpretaciones que los Padres de la Iglesia habían emitido al respecto. Sirvió de auténtica enciclopedia o instrumento esencial de enseñanza para la doctrina cristiana medieval.

4 *O imperator defende me gladio, et ego defendam te verbo.*

Con Ockham se inicia el derrumbe en la conciencia colectiva medieval del ideal teocrático: ni el papa ni el emperador tienen un carácter divino. El pontífice no recibió de Cristo una plenitud de poderes en el terreno espiritual y temporal. Por eso ningún religioso debe condenar o prohibir aseveraciones filosóficas, que no sólo son enteramente distintas de la teología, sino porque además cada quien puede decir lo que libremente le parezca. El lugar del regente de la Iglesia es el de «servidor» (*minister*) de los principios de Cristo y no de un «soberano» (*dominator*) que exige sumisión y tributo. El papado como entidad autoritaria y llena de riquezas, no debe someter la conciencia religiosa quitándole su libertad. Más bien, de acuerdo al ideal franciscano, la Iglesia debe reformarse retornando a la pobreza evangélica, exenta de ambiciones mundanas tanto económicas como políticas. Tampoco es competencia del papa el poder temporal, pues ello solo le concierne al emperador. Existe una completa autonomía entre el reino de Dios y el reino de este mundo. Por consiguiente, la autoridad del emperador no procede de Dios por mediación del papa. No se puede ser providencialista, o sea, creer que Dios cumple sus propósitos a través de los monarcas, cuyas acciones hay que asumir como sagradas. En Ockham están presentes los gérmenes de lo que dos siglos más tarde será la reforma religiosa, así como también la concepción de una sociedad civil de carácter laico, con la correspondiente libertad y derecho subjetivo en cada persona.

Un punto de fractura de la cultura medieval es la propuesta de Ockham de la independencia de la fe con respecto a la razón, que será después un punto medular en la reforma religiosa de Martín Lutero y en los descargos que hiciera Galileo a raíz de sus procesos. Por otra parte, oponiéndose a Tomás de Aquino, Buenaventura y Duns Escoto, Ockham subraya la inexistencia de una supuesta armonía entre la fe y la razón, las cuales deben separarse. Las verdades de fe no son evidentes por sí mismas, al no seguir los principios de la demostración racional. Dios y los seres suprasensibles no son objeto de experiencias humanas y sólo después de la muerte es que podrían ser accesibles. El ámbito de lo sobrenatural es admisible por la fe, pero no se puede

demostrar con evidencias. Esta postura ockhamista implica que la filosofía deja de ser la esclava de la teología, la cual no tiene por qué estar haciendo uso de complicados sistemas metafísicos para fundamentarse.

Si en Ockham la filosofía debe desprenderse de los asuntos teológicos, es para ocuparse de los problemas de la naturaleza. De Dios lo que puede afirmarse es su omnipotencia y su voluntad para crear el universo, lo cual es incomprendible a escala de la razón humana. Lo que la filosofía tiene que investigar es el conjunto de los seres individuales, sin apelar a nociones metafísicas⁵. La finalidad de la ciencia consiste en el «objeto individual y contingente»⁶. Esta importancia de lo individual conduce a la primacía de la experiencia, sobre la que se constituye el conocimiento, que se denomina «intuitivo» y que remite a cosas existentes. Por el contrario, el conocimiento «abstractivo» es una construcción mental que forma conceptos universales, los cuales son puros nombres, golpes de voz o signos. Ello ocurre en conceptos como «hombre», que remite a la especie humana y no se refiere propiamente a alguien en concreto, a hombres individuales existentes. A partir de relaciones que implican semejanza entre objetos individuales, se forman nombres genéricos que no tienen una existencia real. Se trata de un «nominalismo» (de *nomen*, nombre), donde los conceptos o universales por mera denominación colectiva no tienen verdadera relación con el ser individual. La metafísica escolástica, con sus leyes universales y necesarias, petrifica el saber de forma negativa.

El principio metodológico ockhamiano es «no hay que multiplicar los entes sin necesidad»⁷. Se trata de una economía de la razón, de rechazar los conceptos superfluos e innecesarios que se apartan del conocimiento fundamental: el empírico. La ciencia se apoya en la simplicidad de los datos sensibles inmediatos y

5 Como «acto» y «potencia» o «materia» y «forma», como propias del aristotelismo-tomista.

6 Contrariamente a la consideración de Aristóteles de que la ciencia tiene por objeto lo universal y necesario.

7 *Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*. Esta frase se conoce como la «navaja de Ockham», que representa una crítica contra la teoría de las Ideas de Platón y contra la filosofía de Aristóteles con rasgos de platonismo. También significa un rechazo por la metafísica de Tomás de Aquino y Duns Escoto, quienes representan la ortodoxia escolástica.

particulares y no en la complejidad de elucubraciones mentales *a priori*. La investigación científica puede partir de un conocimiento probable, el cual se fundamenta en experiencias reiteradas, pudiendo prever que los fenómenos ocurridos en el pasado tienen una elevada probabilidad de efectuarse en el futuro. Por tanto, el conocimiento científico es el conocimiento experimental, el cual debe describirse por un nuevo tipo de lógica, que no es la aristotélico-escolástica. La lógica de Ockham es un instrumento de crítica y análisis, que intenta representar lo más fielmente el mundo de lo real, de conectar las afirmaciones con los individuos a través de símbolos. Este apego por lo concreto y particular implica desembarazar a la ciencia de consideraciones metafísicas, ocupándose sólo de las físicas. La indagación ya no reposa sobre la esencia, el principio, o el qué de las cosas, sino en el *cómo* se producen las cosas individuales a partir de experiencias controlables. Ello le permite cercenar con su «navaja» la astronomía de corte metafísico de Aristóteles. Con Ockham se establecen los albores de los nuevos tiempos y de la nueva ciencia, al demoler la metafísica medieval y proponer en su lugar una ciencia empirista.

4. TRANSICIÓN DE LA EDADE MEDIA AL RENACIMIENTO

El poeta italiano Petrarca (1304–1374), representa el puente entre el medioevo y la nueva era, al combinar su fe religiosa con su formación clásica, es decir, el estudio de los escritores cristianos primitivos junto con los clásicos paganos. Los humanistas buscan, a partir del mundo griego y romano, conciliarlo con el mundo cristiano proveniente de los Evangelios y los Padres de la Iglesia. Asimismo, hacen hincapié en la libertad (las relaciones entre el destino y el libre albedrío), la dignidad humana, la importancia de la vida activa y el valor del hombre en cuanto tal. También se puede agregar que los humanistas le otorgan una especial importancia al ser humano individual, a sus experiencias y propios puntos de vista, y a la creencia en la inmortalidad personal, pero no por intermedio de la gracia divina, sino por sus capacidades inherentes.

Las encumbradas catedrales góticas que conformaban parte de la autoridad espiritual del papa, y la aglutinación del mundo feudal bajo la autoridad terrenal del emperador, se derrumban para dar paso a los grandes estados monárquicos unificados: Francia, Inglaterra y España. La peste negra del siglo XIV, que mató a la mitad de la población europea de manera horrible, hizo perder en alguna medida la devoción por la Iglesia y muchos de los sobrevivientes tuvieron un cambio de conciencia que empezó a buscar respuestas fuera del dogma. La caída del Imperio romano de Oriente, el bizantino, en 1453, propició que sus eruditos emigraran a Italia durante los siglos XIV y XV y ejercieran una fuerte influencia sobre el Renacimiento italiano, transmitiendo los manuscritos originales de la cultura griega y enseñando disciplinas como la historia, la literatura, la filosofía, las matemáticas, la astronomía y la lengua griega. En lo geográfico y económico surgen nuevos horizontes que van a transformar la economía mundial estableciendo el mercantilismo: el encuentro entre Europa y América, debido a Colón; la ruta a la India por el Cabo, en el sur de África, debido a Vasco de Gama; y el viaje de Magallanes alrededor del planeta demostrando que éste es redondo. La utilización de la pólvora como explosivo de guerra a principios del siglo XV, le proporcionó después a Europa el dominio militar sobre el resto de los continentes. En lo cultural se opera una revolución: Gutenberg inventa la imprenta en 1450 con tipos móviles fundidos en moldes y colocados a mano, y los libros dejan de ser el monopolio de los monjes copistas; a finales del siglo XVI, todas las importantes ciudades europeas contaban al menos con una imprenta y ya circulaban más de quince millones de libros impresos.

La *era de las técnicas*, al servicio humano como personaje activo, deja atrás la era medieval *de la contemplación* de las cosas divinas, en la que los únicos inventos elocuentes fueron la rueda hidráulica en el año 800 y el molino de viento en el 1100. Durante el Renacimiento, en cambio, aparecen inventos como el astrolabio, el telescopio, la brújula, las naves de gran tamaño, el cañón de largo alcance, el reloj mecánico, el lápiz y el papel barato. La nueva época es la del *antropocentrismo*: el hombre es el foco de atención en el reino de la tierra, con todos los disfrutes carnales,

estéticos e intelectuales, y ya no el *teocentrismo* medieval, en el que todo estaba dominado y orientado hacia Dios. La Reforma protestante iniciada por Lutero en 1517, que estimula a la libre interpretación de la Biblia y la negación de todo dominio papal, invitan al hombre a buscar la verdad en su interior, en donde cada cual es norma para sí mismo.

Aunque Renacimiento y Edad Media son épocas distintas, no existe ni una ruptura radical entre ambas, ni tampoco existe una mera continuidad entre una y otra. A nivel histórico, humanismo y Renacimiento tienen sus raíces en el siglo XIV con Petrarca y Cola di Rienso, y su desarrollo acontece durante los siglos XV y XVI. En sentido estricto, la tesis de la ruptura o la inauguración de los tiempos modernos hay que circunscribirla con Galileo y la revolución científica hacia finales del siglo XVI.

Puede señalarse que los humanistas del siglo XV quizás hayan sido sobreestimados desde la perspectiva filosófica, y sean, más que nada, filólogos y diletantes del arte⁸. Sin embargo, prepararon el camino para los grandes exponentes de la nueva ciencia, quienes se nutrieron de ese clima cultural. Su aporte para los autores de la revolución científica se resume en: 1) un redescubrimiento de la cultura de la Antigüedad, introduciendo científicos griegos que les sirvieron como modelo y estímulo; 2) la demolición de la cultura y la autoridad medieval, que estaba cifrada en la tradición escolástica y las teorías de Aristóteles y Ptolomeo; 3) la traducción y difusión del pensamiento pagano-oriental, que desarrolló la asociación entre la magia y la ciencia; y 4) haber infundido una conciencia de la modernidad o de los nuevos tiempos, que implicaba superar en todos los campos aun lo realizado por el mundo antiguo.

8 Esta es la tesis de P. O. Kristeller, *Renaissance Thought I: The Classic, Scholastic and Humanistic Strains*, New York, 1961. Por el contrario, E. Garin, *Medioevo y Renacimiento*, Madrid: Taurus, 1983, reivindica el carácter filosófico de los humanistas-renacentistas, por cuanto la filosofía no debe entenderse únicamente como la elaboración sistemática medieval lógico-teológica, sino que es también un pensamiento abierto, problematizador, pragmático y demoleedor de las catedrales ideológicas anteriores.

5. LA SIMBIOSIS MAGIA-CIENCIA

Durante los siglos XV al XVII, no es adecuado realizar una separación tajante entre ciencia, por un lado, y prácticas mágico-astroológicas, por el otro. Magia, alquimia, medicina, astronomía y astrología se entrelazaban. De la Edad Antigua y la Edad Media el Renacimiento incorporó ideas procedentes del neoplatonismo, la magia, la superstición del medioevo y la práctica de la cábala⁹. También se difundieron los escritos herméticos, los cuales proponen la salvación del hombre y su divinización en este mundo liberándose de las potencias negativas. Además, consideran que el universo es un ser viviente en que cada parte afecta al resto, de manera que hay un influjo de los diversos seres divinos sobre los sucesos humanos. Los grandes autores de la ciencia moderna como Copérnico, Harvey y Newton se hallan vinculados con la corriente mágico-hermética. Aun cuando Newton haya llevado a la ciencia a su máximo desarrollo, fue al mismo tiempo practicante de la alquimia. Ante este panorama muchas teorías de la ciencia moderna se apoyaron en ideas no científicas, o, por lo menos, que no se ajustaron con los parámetros actuales de científicidad.

La astrología, cuyos orígenes más remotos se hallan en los caldeos que vivieron en Babilonia hace unos 5.000 años, todavía era una ciencia para los hombres del siglo XVI. La astrología se ocupa de la observación de los diversos planetas y constelaciones con el fin de establecer su influjo positivo o negativo sobre las personas. Ptolomeo fue astrólogo y estuvo convencido de la influencia del

9 Cábala viene del hebreo *qabbalah*, que significa «tradición», y se trata de una doctrina judaica primero transmitida oralmente y en secreto. Se trata de un misticismo judío que data de los primeros siglos y es una variante del misticismo helenístico astral de la era cristiana, en el cual, el adepto, a través de la meditación y empleo de fórmulas mágicas, viajaba en éxtasis, a través y por encima de las siete esferas astrales. En la versión judía, el adepto busca una versión extática del trono de Dios, el carro conducido por Ezequiel (*Ez.*,1). La doctrina fue condensada en los libros *Sefer ha-yezirah* (*Libro de la Creación*) y *Sefer ha-zohar* (*Libro del Esplendor*). La cábala medieval es un sistema teosófico que se basa en el neopitagorismo, el neoplatonismo y el gnosticismo y se expresa por medio de un lenguaje simbólico. Se concibe a Dios como una esencia inaccesible e inefable, la negación de todo lo concreto y a semejanza de la luz, dimana de sí misma la Sabiduría y la Inteligencia; estas dos primeras emanaciones, junto con Dios mismo, forman las tres hipóstasis primeras, que pertenecen al género de los Números, que constituyen el mundo invisible, modelo del visible.

cielo sobre todas las cosas que pasan en la Tierra. Ficino cantaba los *Himnos órficos* para ganarse el benéfico influjo de los astros. Los horóscopos de Kepler fueron muy apreciados y consultó a las estrellas antes de realizar su segundo matrimonio. También para satisfacer la afición astrológica del emperador Rodolfo II, escribió en 1602 el libro *Sobre los más seguros fundamentos de la astrología*. Durante la vida de Kepler sus pronósticos astrológicos fueron altamente exitosos y, comentando sobre ese punto, remarcó que aquella «Naturaleza, desde la cual ha sido conferida sobre cada animal los medios de su subsistencia, ha sido otorgada por la astrología como algo inherente y es una aliada de la astronomía». En el caso de Galileo, este elaboró horóscopos en la corte de los Medici. Los monarcas usualmente debían contar en sus palacios con la presencia de un astrólogo.

Otras prácticas adivinatorias que se unían con la astrología, eran la fisiognomía (el estudio del carácter a través de la interpretación del rostro), la quiromancia (la previsión del futuro a través de la lectura de las líneas de la mano) y la metoposcopia (la previsión del futuro a través de la lectura de las arrugas del rostro). La astrología está conectada con la magia: el astrólogo prevé los acontecimientos futuros y, cuando éstos son desfavorables, el mago interviene y los transforma según sus deseos. Aun cuando la magia presenta dificultades a la hora de definirse, puede decirse que es una concepción del mundo en el que existen fuerzas sobrenaturales, cuyos rituales buscan manipularlas. Aquí el universo se lo concibe como un conjunto de correspondencias y simpatías, donde el macrocosmos está interconectado con el microcosmos, haciendo posible la comunicación del mago, mediante encantamientos o hechizos, con los seres divinos o las fuerzas elementales.

La obra antigua que mayor influencia tuvo sobre la difusión de la magia renacentista, fue los *Oráculos caldeos*, que los humanistas creyeron falsamente había sido compuesta por Zoroastro o Zaratustra, el reformador religioso persa del siglo VII/VI a. C. Su autor, más bien, pudo haber sido Juliano, que apodaban «el Teúrgo», hijo a su vez de Juliano, llamado «el Caldeo», que se

ubicar en la época de Marco Aurelio, en el siglo II d. C. El texto remite a la sabiduría babilónica, básicamente a la heliolatría caldea (el culto al Sol y al fuego). Su influencia va a ser notoria en las concepciones astronómicas de Copérnico y Kepler.

Por otra parte, la «teúrgia» a la que remiten los *Oráculos caldeos*, significa la evocación e influencia que se ejerce sobre las divinidades. Se trata de una sabiduría y artes mágicas con propósitos místico-religiosos. Proclo (410–485), uno de los más importantes exponentes del neoplatonismo, define la teurgia como «un poder más alto que toda la humana sabiduría, que abraza las bendiciones de la adivinación, los poderes purificadores de la iniciación, y en una palabra, todas las operaciones de la posesión divina». Se distingue de la magia común y profana, pues ésta no pretende alcanzar un fin religioso o una revelación por parte de seres sobrenaturales. La teurgia, al igual que la magia vulgar, se vale de «símbolos» como hierbas, piedras, olores, etc. Además, la teurgia busca la liberación temporal del alma con respecto de lo corporal, a fin de que fuese el «receptáculo» de un dios, un semidios o *daímon*, o un ser humano fallecido. Esta rama de la teurgia antigua presenta sin duda semejanza con el espiritismo moderno, donde el individuo es un médium en estado de trance. Porfirio, discípulo de Plotino, trató de distinguir este tipo de «posesión», ya sea cuando se refiera a un dios, un ángel, un arcángel o un alma humana. Su discípulo Jámblico, también habla de los médium recomendando para alcanzar ese estado a las personas jóvenes y simples, y describe sus alteraciones en la voz. Las obras de Porfirio, Jámblico y Proclo fueron traducidas por Ficino hacia finales del siglo XV, incentivando la práctica de la magia, ya fuera profana o religiosa.

Renombrados exponentes del Renacimiento emplearon la magia. Ficino mismo se proclamó *magus* (mago) y seguidor de la «magia natural», la cual implica la universal animación de las cosas a través del especial elemento, el «espíritu». Esta sustancia sutil se halla presente en todos los cuerpos y es posible predisponerla mediante piedras, metales, hierbas, talismanes y encantamientos musicales, para mejor provecho de los hombres. Los beneficios de la magia natural la ligaron necesariamente con

la práctica de la medicina y el propio Ficino no lo consideraba contrario al cristianismo, pues Jesús había sido un sanador. También Copérnico fue médico y ejerció la medicina por medio de los influjos astrales.

Pico della Mirandola utilizó la cábala en sentido mágico, en donde pretendía entrar en una especie de autohipnosis en la que evocaba a los ángeles a fin de contemplar revelaciones divinas. Y en su *Oración sobre la dignidad del hombre* se postula a sí mismo como verdadero filósofo, porque intenta efectuar «los milagros ocultos en nichos del mundo, en las profundidades de la naturaleza y en los depósitos y misterios de Dios». El alemán Reuchlin (1455–1522), quien conoció a Pico en Italia, estableció que mediante el uso de la cábala y de la fe intensa se pueden realizar obras milagrosas en nombre de Cristo.

Un mago italiano como Fracastoro (1478–1553), es considerado el padre de la moderna epidemiología y el primero en denominar a la «sífilis» con ese nombre. Considera que existe una simpatía cósmica, en la que se da un influjo recíproco entre las cosas semejantes, y una antipatía cósmica, en la que se da una repugnancia y rechazo entre las cosas diferentes. En el primer caso los flujos de átomos producen un contacto o «contagio» entre las cosas y ello suscita las diversas infecciones.

En 1545 aparece publicado el libro *Gran arte* (*Ars magna*), del matemático, físico, astrólogo y mago italiano Gerolamo Cardano, el cual inicia el período moderno en el álgebra, con la solución de ecuaciones de tercer y cuarto grado, que ya habían sido descubiertas por Tartaglia, sobrenombre de Niccolò Fontana (1500–1557), matemático italiano nacido en Brescia, quien se las había revelado a Cardano. Una historia legendaria afirma que éste se suicidó al no cumplirse su predicción astrológica de su propia muerte.

Los métodos algebraicos sirven para tratar cualquier problema, con tal de que las cantidades implicadas puedan ser reducidas a números. Ello hizo que los cálculos numéricos se

podrían abordar más fácilmente con los métodos del álgebra y le permitió más tarde a Galileo conectar las matemáticas con la mecánica.

Giordano Bruno, nacido en Nola en 1548 y quemado vivo por la Inquisición en 1600, incorporó una filosofía mágico-hermética, con una concepción del universo heliocéntrica y de extensión infinita. Consideró que el mago se proyecta mediante imágenes mentales arquetípicas, a otras realidades obteniendo conocimiento, memoria y poderes en consonancia con el cosmos.

Tommaso Campanella nacido en Calabria en 1568, murió en París en 1639 mientras se esforzaba, con sus artes mágico-astroológicas, en mantener alejada a la muerte. Distinguió tres tipos de magia: 1) *divina*: que es la que Dios concede a los profetas y santos; 2) *natural*: que es un arte práctico que utiliza las propiedades de las cosas naturales para obtener efectos maravillosos e insólitos; y 3) *demoníaca*: que se vale de los espíritus malignos y es condenable¹⁰.

Uno de los mayores exponentes de la magia fue el médico, filósofo, astrólogo y alquimista Cornelio Agrippa, nacido en Colonia en 1486 y fallecido en Grenoble en 1535, quien consideraba que todas las partes del universo se hallan vinculadas a través del «espíritu» que anima al universo en su totalidad. El hombre se halla situado en medio de tres mundos o realidades: el de los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego), el mundo celestial y el mundo inteligible. El mago actúa sobre las potencias ocultas que accionan el universo y su conocimiento se relaciona con esos tres mundos. Agrippa distingue tres tipos de magia: 1) *magia natural*: la cual es el conocimiento de las fuerzas ocultas que animan a los cuerpos materiales, con el fin de llevar a cabo resultados prodigiosos; 2) *magia celestial*: la cual es un conocimiento y control de los influjos provocados por los astros; y 3) *magia religiosa o ceremonial*: la cual se propone ahuyentar a las fuerzas demoníacas. Tanto la magia natural como la magia celestial reciben el nombre

10 También el italiano Giovanni Battista della Porta (1535–1615) en su obra *La magia natural o de los milagros de la naturaleza de las cosas* de 1558, distingue entre *magia diabólica*, donde se invocan las acciones de los espíritus malos, y la *magia natural*, que es contraria a la anterior y representa el punto más alto de la filosofía.

de «magia blanca», mientras que la magia religiosa se la denomina «magia negra» o «magia nigromántica». Para Agrippa la actividad mágica hace que el ser humano se dignifique, pues se separa de los sentidos físicos y se eleva a través de una iluminación hasta las virtudes divinas, a fin de conocer las obras ocultas. Se trata de que el mago obtiene revelaciones y se remonta hasta realidades elementales y divinas, cuya sabiduría debe mantener en secreto.

El mago, médico y alquimista suizo más famoso durante el Renacimiento fue Theophrastus Bombastus von Hohenheim, conocido como Paracelso (1493–1541). Cabe decir que la alquimia fue un precedente fundamental de la química, y que pretendió descubrir una sustancia que transmutaría los metales más comunes en oro y plata. A su vez, intentó encontrar medios para prolongar y dotar de salud indefinida a la vida humana. En este sentido, Paracelso se dio a la tarea de preparar la «piedra filosofal», que consistía en el elixir de la eterna juventud. Quizás su mayor contribución es la propuesta del cuerpo humano como un sistema químico. Su idea es que la armonía en el cuerpo de los principios químicos es lo que genera la salud y el desequilibrio la enfermedad. Los principios que estableció fueron el mercurio, el azufre y la sal, eliminando la teoría de Galeno de los cuatro humores (sangre, flemas, bilis negra y amarilla). La salud debe obtenerse mediante fármacos de origen mineral y no de naturaleza orgánica. Asimismo, las enfermedades son procesos específicos y los remedios también deben ser específicos para cada enfermedad, eliminándose los remedios que se suponen buenos para todas las enfermedades.

6. LOS ÚLTIMOS PENSADORES CUMBRE DEL HUMANISMO-RENACENTISTA ITALIANO: LEONARDO Y TELESIO

El representante típico del humanismo renacentista es Leonardo da Vinci (1452–1519), que ha sido considerado el

«hombre universal» (*Uomo universale*)¹¹. Siempre fue enemigo de toda autoridad intelectual y despreciaba a «los recitadores y trompetas de las ajenas opiniones» y de quien «pretendiendo autoridad no usa el ingenio, sino la memoria». Mantuvo una actitud de gran respeto por los grandes clásicos, pero no de ciega devoción. Su perspectiva sobre el hombre, al igual que Nicolás de Cusa, es que éste es un microcosmos, un «ojo del universo» o «mundo menor», en la idea de un universo interconectado: «El mundo cambia de posición –escribió Leonardo– a causa del peso de un pajarito que descansa sobre él». Esta concepción es un precedente, guardando las proporciones, de recientes teorías como la teoría de sistemas, según la cual el todo y sus mutuas interconexiones se imponen sobre cualquier consideración individualista.

Como *artista*, Leonardo cambió el rumbo del arte. Fue el primer artista europeo en hacer del paisaje el tema central de la pintura, siendo el pionero en el uso de los óleos y en su aplicación de la perspectiva y del claroscuro, entre otros métodos innovativos. La *Mona Lisa* y *La última cena* son dos de sus más grandes pinturas universalmente reconocidas. Como *inventor*, hizo planos de máquinas voladoras, de un helicóptero, de un paracaídas, de la escalera de extensión, una bicicleta, un esnórquel, un gato hidráulico, un escenario giratorio, esclusas para un sistema de canales, un reloj de alarma accionado con agua, entre muchos otros. Como *ingeniero militar*, Leonardo ideó armas que aparecerán cuatrocientos años después, como el tanque blindado, la ametralladora, el misil dirigido y el submarino. Sin embargo, su intención nunca fue hacerle daño a nadie y más bien calificaba a la guerra como «la locura bestial» y el derramamiento de sangre como algo «infinitamente atroz». Por su repudio contra la violencia y por los alcances de sus hallazgos, escribió lo siguiente:

11 Durante la Edad Media se mantuvo un sistema de educación distinto: uno para caballeros y nobles, de carácter práctico y activo, y otro para clérigos, de carácter teórico y contemplativo. Los humanistas de principios del siglo XV borran esa dicotomía y consideran que la buena educación consiste en llegar a ser experto tanto en el terreno de las armas como en el de las letras. El «hombre renacentista» se convierte en alguien que aspira a la excelencia universal y no trata de ser un especialista, buscando destacar en las artes del gobierno, en la cultura, las actividades militares y las ciencias. Otro ejemplo de ello fue Copérnico, quien no sólo se dedicó a la astronomía, sino que también lideró la resistencia de Oltzyn contra los caballeros teutónicos en 1520.

«No deseo divulgar o publicar esto a causa de la naturaleza maligna del hombre». Como *científico*, hizo grandes aportes a la anatomía, la botánica, la geología y la física, siendo antecedentes de las teorías de Copérnico, Galileo, Newton y Darwin. La infinita sed de saber en Leonardo se refleja en su afirmación: «El deseo de aprender es natural en los hombres buenos». Un contemporáneo suyo, Benvenuto Cellini, después su muerte manifestó: «Yo no creo que nazca en el mundo hombre mayor que él».

Aunque en Leonardo no existe la idea de sistematizar los datos obtenidos por la experiencia, como distintivo fundamental de la ciencia moderna, sus brillantes intuiciones y experimentaciones lo sitúan como un puente entre el Renacimiento y la revolución científica. En esta línea, se revela contra quienes estiman que los sentidos y la sensación son un impedimento para el conocimiento de la naturaleza, pues «todos nuestros conocimientos comienzan con los sentidos». Pero tampoco hay que estancarse y asumirlos como suficientes por sí solos, si no se descubren las razones por las cuales operan. Por eso «ninguna investigación humana puede considerarse como una verdadera ciencia, si no pasa por las demostraciones matemáticas». También decía: «que no lea mis principios quien no sea matemático», haciendo recordar la inscripción de la Academia de Platón: «que no entre aquí quien no sepa geometría». Para Leonardo la ciencia se basa en la experiencia conocida de las cosas y en las leyes matemáticas que son como el timón y la brújula que las orientan. Cobra una importancia hasta entonces insospechada, el que la teoría y el rigor matemático le otorguen una dirección a la experiencia, pues ello constituye un nuevo tipo de saber científico y de metodología para alcanzarlo. Por eso Leonardo es un precedente incuestionable de Galileo, cuya influencia, aunque de forma indirecta, se concretó mediante el método matemático-experimental.

Otro autor cumbre a nivel científico durante el Renacimiento, fue Bernardino Telesio. Su nacimiento data de 1509 en Cosenza y falleció en esa misma localidad en 1588. Su obra más importante en nueve libros se llama *De la naturaleza de las cosas (De rerum natura)*, terminada de publicar en 1586. Fue miembro de la Academia Cosentina, de orientación aristotélica y científica, que veían en Aristóteles el filósofo de la investigación directa de la naturaleza.

La novedad de la física telesiana consiste en desprenderse de los supuestos metafísicos procedentes del aristotelismo y también de los postulados de la magia renacentista de acuerdo con la tradición oriental-neoplatónica. Sin embargo, dentro de sus planteamientos todavía permanecen elementos comunes de las doctrinas mágicas: la consideración de que todo en el universo está vivo, de una especie de hilozoísmo o panpsiquismo, donde todo tiene alma. A pesar de las bases inadecuadas de su física, resulta significativa su «reducción naturalista», ello es: explicar la naturaleza por sí misma y excluir a aquellas causas que vayan más allá de la investigación física, como las categorías de materia y forma, acto y potencia, los cuatro elementos, etc. La naturaleza hay que investigarla por sí misma, y el hombre como es parte de ella, debe conocerla apelando a su sensibilidad como medio de conocimiento. Su física se centra en el estudio de *cualidades*, como el calor y el frío, y considera que es posible realizar una investigación *cuantitativa* de la naturaleza, a pesar de que él mismo no lo haya hecho. Telesio tuvo muchos entusiastas que diseminaron su pensamiento, influyendo a la postre en Galileo, quien consideró que la ciencia debe limitarse a la descripción de cualidades objetivas, cuantitativas y mensurables.

7. LOS GRANDES FUNDADORES DE LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA: BACON Y DESCARTES

Los grandes profetas de la metodología científica son Bacon y Descartes. Francis Bacon, nacido en Londres en 1561 y muerto en 1626, es uno de los filósofos más sobresalientes de los nuevos tiempos, incluso se considera su obra como un anticipo de la era industrial. Ello se debe principalmente a su interés en cómo influyen los descubrimientos científicos sobre la vida humana. Partió de la premisa de que el saber debe llevar sus resultados a la práctica, la ciencia hay que aplicarla a la industria y los seres humanos tienen la tarea sagrada de organizarse para mejorar y transformar sus condiciones de vida.

Nació en Londres en 1561 y desde muy niño conoció la corte de la reina Isabel. Su obra fundamental la llamó *Instauratio Magna* (*La Gran Restauración*), donde una de sus partes más conocidas es el *Novum Organum Scientiarum* (*El Nuevo Instrumento de la Ciencia*) publicada en 1620. En ésta se opone a la lógica de Aristóteles, buscando purificar la mente de las nociones falsas (ídolos)¹² y de alcanzar una ciencia enfocada en la experimentación a través del método inductivo (extraer conclusiones de carácter general a partir de un experimento y luego confirmarlo con otros experimentos). Este conocimiento convierte al individuo en un intérprete de la naturaleza, donde su saber es una forma de poder. Los «experimentos fructíferos» dotan a la vida humana de nuevas invenciones y ayudas, mientras que los experimentos «que iluminan» son superiores al abrir nuevos horizontes de saber y, por tanto, de poderío.

La lógica de Bacon es la inducción, el proceso mediante el cual se asciende sin saltos y por grados de los casos particulares a principios cada vez más generales. Para ello se ordenan tablas donde los fenómenos se verifican o no se verifican. Estas tablas son de *presencia* (las condiciones en que el fenómeno acontece), de *ausencia* (las condiciones en que el fenómeno no acontece) y de *grado* (donde los fenómenos se comparan y se catalogan conforme a su intensidad).

Después de lo anterior se realiza una primera hipótesis sobre la naturaleza del fenómeno y una interpretación provisional sometida a experimentos. El más importante de éstos es el «experimento crucial», en el que se hace uso de la inducción por eliminación, donde se excluyen las hipótesis falsas de manera definitiva o por el contrario se reafirman como verdaderas. Ello da pie a que se individualicen los elementos esenciales que permiten conocer las causas, la esencia o la ley de los fenómenos. El conocimiento de las leyes que gobiernan la naturaleza permite a los seres humanos un control y dominio sobre ella.

12 Los «ídolos» son las falsas nociones que invaden y bloquean el intelecto en su acceso a la verdad. Estos son de cuatro tipos diferentes: ídolos de la tribu (propios de la especie humana en general, como por ejemplo dejarse guiar por la debilidad de los sentidos), ídolos de la cueva (errores del hombre individual, originados por la educación, la costumbre, los gustos y preferencias de cada cual), ídolos del foro (que proceden de la sociedad y del lenguaje), e ídolos del teatro (originados por doctrinas filosóficas erróneas o fantásticas).

Esta nueva perspectiva establece que la naturaleza debe ser «acosada», «esclavizada» y «torturada hasta arrancarle sus secretos». Desde su punto de vista el universo orgánico y las concepciones mágicas deben ser cambiados por un universo máquina. La crítica contra el saber mágico–alquímico y el realismo científico que anticipa la era industrial se hacen evidentes en la siguiente cita del *Novum Organum*: «Estas tres cosas (el arte de la imprenta, la pólvora y la brújula) modificaron la disposición del mundo en su conjunto, la primera en las letras, la segunda en el arte militar, la tercera en la navegación; de ello surgieron infinitos cambios, hasta el punto de que ningún imperio, ni secta, ni estrella alguna parece haber ejercido mayor influjo y eficacia que estas tres invenciones».

Bacon establece que el poder que otorga el conocimiento debe emplearse al servicio de la caridad y la fraternidad, y por ello la ciencia no es una realidad indiferente a los valores de la ética, sino un instrumento construido por la humanidad para la colaboración mutua y la organización colectiva de las instituciones científicas. Sin embargo, se desprende de sus concepciones una vertiente antiecológica. El «espíritu baconiano» hace desaparecer el antiguo concepto orgánico de la Tierra como madre y de la ciencia como comprensión del orden armónico de la naturaleza, dejando como resultado un mundo máquina donde la ciencia la explota, controla y domina.

El filósofo y matemático francés Renato Descartes (1564–1650), fue el padre de la filosofía moderna. Al igual que la nueva ciencia, consideró que el pensamiento matemático era capaz de penetrar y dar cuenta del orden del universo. En esta dirección, en su breve tratado *Geometría* de 1638 desarrolló la geometría analítica. Se trata de que a toda figura geométrica le corresponde una ecuación, y a toda ecuación una figura geométrica. En este sentido, las líneas rectas, las curvas y las figuras geométricas se representan mediante expresiones algebraicas y numéricas usando un conjunto de ejes y coordenadas. Cualquier punto del plano se puede localizar con respecto a un par de ejes perpendiculares, dando las distancias del punto a cada uno de los ejes. Ello posibilita una interpretación de la naturaleza y de las realidades sensibles mediante la exactitud de las matemáticas.

Las obras más sistemáticas de Descartes son el *Discurso del método* (1637) y las *Meditaciones metafísicas* (1641). En éstas deja como legado una metodología científica que se distingue por su claridad, por su carácter deductivo (partir de principios generales hasta llegar a otros menos generales), por su capacidad de análisis a la hora de estudiar las partes que conforman un todo, por una confianza ilimitada en los poderes de la razón humana para desentrañar los secretos y las leyes de un universo mecánico, y para postular una nueva filosofía racionalista centrada en el sujeto pensante.

El método cartesiano se funda en reglas: 1) nunca acoger algo como verdadero, si antes no se conoce que lo es con evidencia, evitando la precipitación y los prejuicios; 2) dividir analíticamente todo problema en tantas partes como sea necesario para resolverlo mejor; 3) ordenar los conocimientos, empezando por los más sencillos y fáciles, hasta los más complejos, elaborando una síntesis de los mismos; y 4) hacer enumeraciones completas y revisiones generales a fin de no omitir nada, verificando las anteriores (*Discurso del método* II). Estos pasos son simples y aseguran desde el punto de vista de Descartes la «claridad» (o evidencia) y la «distinción» (que se puedan diferenciar de otras proposiciones).

Las reglas del método deben justificarse haciendo una crítica radical a todo saber consolidado. Ello ya se había manifestado en la experiencia personal de Descartes, donde aprendió más viajando y conociendo en el libro del mundo, que en sus estudios en La Flèche, uno de los mejores colegios jesuitas de la época. La duda se extiende metódicamente desde la percepción sensorial, como conocimiento inferior, hasta las proposiciones matemáticas, conocimiento superior. El punto es encontrar una verdad irrefutable, la cual se funda en el «pienso, luego soy» (*cogito ergo sum*). Sólo quien existe puede pensar y dudar, y ni siquiera la hipótesis más extravagante, como la de un «genio maligno» engañador puede invalidarla.

A partir de lo anterior Descartes separa y distingue tres substancias (realidades independientes): 1) Substancia pensante (*res cogitans*): el yo, el alma, la razón, etc.; 2) Substancia infinita: Dios; y 3) Substancia extensa (*res extensa*): materia y movimiento.

Puede apreciarse que Dios no está excluido dentro del sistema filosófico cartesiano. Es más, el pensamiento humano es tan poderoso que puede dar pruebas racionales sobre la existencia divina. Sobre el curso posterior que siguieron estas consideraciones, son significativas las palabras de Capra:

Para Descartes, Dios era un elemento esencial de su discurso filosófico, pero los científicos que desarrollaron sus teorías según la distinción cartesiana entre la mente y la materia omitieron cualquier referencia explícita a la presencia divina: las humanidades se concentraron en la *res cogitans* y las ciencias naturales en la *res extensa*¹³.

A la *res extensa* pertenece el cuerpo humano como los organismos animales, los cuales son máquinas y funcionan de acuerdo con principios mecánicos. En las *Pasiones del alma* (1650) aparece su dualismo mecanicista: alma y cuerpo son independientes, funcionan sin que haya interrelación. El cuerpo humano es una máquina, un «autómata», algo semejante a un reloj, o a un «sonámbulo» que actúa con autonomía con relación a la mente.

Una equivocación de Descartes es el desprecio por los sentidos, la imaginación y toda forma de subjetividad humana y de referentes empíricos en la investigación científica. Además, otro de sus errores estriba en considerar que la ciencia a través de la razón y de una metodología adecuada, es capaz de alcanzar la verdad absoluta. En el siglo XX la física cuántica ha aportado de que no existe una certeza completa, pues los átomos se comportan a partir de probabilidades, interrelaciones e indeterminaciones.

13 F. Capra, *El punto crucial. Ciencia, sociedad y cultura naciente*. Buenos Aires: Editorial Troquel, 1982, p. 63.

8. ASPECTOS GERMINALES QUE ANTECEDIERON LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA

La ciencia moderna no empieza con la explicación de las cosas o fenómenos naturales que acontecen de manera inmediata, próximas al hombre, para luego continuar con las más distantes. Su forma de proceder es a la inversa: los grandes descubrimientos empiezan con la revolución acontecida en la astronomía, para luego descender a lo terrenal, es decir, a la física.

La nueva ciencia no parte de 0, pues la entrada principal ya había sido cruzada por los antiguos. Esta conexión es descrita por Farrington en los siguientes términos: «Cuando la ciencia moderna comenzó a desarrollarse en el siglo XVI, retomó el estudio allí donde los griegos lo habían dejado. Copérnico, Vesalio y Galileo son los continuadores de Ptolomeo, Galeno y Arquímedes»¹⁴.

La revolución científica no sólo se basó en la formulación de teorías, sino que es por principio práctica y experimental. Es más, se aboca a una continua relación y confrontación de las hipótesis y teorías con los hechos, en una meticulosa revisión de los datos o resultados obtenidos. Esto lleva a dejar por fuera la discusión, argumentación y especulación, ello es, desterrar lo más posible la subjetividad humana en aras de alcanzar la «objetividad» y la «verdad» científica. La nueva ciencia postula un universo cuantitativo, abierto en extensión a lo indefinido, atómico, mecánico, secular, desjerarquizado y cuyo conocimiento significa la clave para el dominio humano de las fuerzas de la naturaleza. La ciencia antigua en general buscaba el conocimiento por sí mismo y su vinculación con la práctica y la experimentación era una cuestión tangencial.

En el siglo XVII se amplía considerablemente la experimentación y el uso de instrumentos científicos. Se da un incremento y una mejoría en el uso de herramientas de tiempos anteriores, como el compás, la balanza, los astrolabios, los hornos, las palancas y poleas. En 1610 Galileo utiliza el telescopio; el matemático y físico Evangelista Torricelli inventó el barómetro en

¹⁴ Farrington, *Ciencia Griega*. Barcelona: Icaria Editorial, 1979, p. 280.

1643, ello es, el instrumento para medir la presión atmosférica; el físico alemán Otto von Guericke inventó la bomba de vacío en 1650, mientras que el físico y químico británico Robert Boyle, quien enunció la ley de la compresibilidad de los gases, empleó la bomba neumática en 1660; el microscopio aparece primero con Malpighi en 1660 y después con Hooke en 1665; Magalotti en 1666 inventa el termómetro de alcohol; y el matemático, físico y astrónomo holandés Christiaan Huygens usó el reloj de péndulo cicloidal en 1673.

El empleo de instrumentos se convirtió en parte integrante de la revolución científica, significando una forma de potenciar el alcance de la percepción humana, de realizar mediciones más exactas y de otorgarle a los experimentos una base más objetiva.

Los científicos del siglo XVII fueron conscientes de romper con un pasado consolidado y repetido hasta la saciedad por más de 2.000 años, aunque, al mismo tiempo, se apoyaban o retomaban planteamientos esbozados en el mundo antiguo. A este respecto Bernal puntualiza:

En un aspecto importante, la revolución científica se distinguió de los cambios anteriores, ya que resultó mucho más fácil de realizar –particularmente en sus comienzos– por la conciencia que se tenía de que se trataba de un retorno a las ideas de una cultura más antigua, de mayor envergadura y más filosófica. La autoridad de los antiguos pudo ser ventajosamente utilizada por verdaderos innovadores, como Copérnico y Harvey, para apoyar sus tesis en forma no menos importante que por el testimonio de los sentidos. No se trataba tanto de rechazar toda autoridad, como de apoyarse en unas contra las otras. El humanista se encontraba en libertad para escoger y su decisión obedecía a razones intrínsecas. La recuperación de una parte, por lo menos, de los mejores trabajos matemáticos de la Antigüedad clásica –especialmente los de Apolonio y los de Arquímedes– ayudaron a romper el monopolio de Aristóteles. Hasta el propio Platón se convirtió en una fuente de inspiración matemática, más que teológica. En cierto sentido –y, ciertamente, en el mejor de ellos–, la nueva ciencia provino

directamente de los antiguos; porque fue siguiendo los métodos de estos últimos como los hombres de la nueva era pudieron derrumbar sus ideas y superar sus resultados¹⁵.

En el campo de la medicina fue notable la ruptura emprendida por el belga Andrés Vesalio, quien en 1543 en su obra *Siete libros sobre la estructura del cuerpo humano*, corrigió y modernizó las enseñanzas anatómicas de Galeno, cuyas disecciones se basaban más en animales. En cambio, las de Vesalio se basaban en cuerpos humanos y sus descripciones contribuyeron a sentar las bases de la moderna anatomía. También, sus teorías llevaron al descubrimiento de la circulación de la sangre, efectuada formalmente por el inglés William Harvey en 1628 cuando publicó *Ensayo anatómico sobre el movimiento del corazón y la sangre en los animales*, tomando como base un modelo mecánico para explicar los movimientos de la sangre en el cuerpo, y fundando un nuevo tipo de anatomía y fisiología.

CONCLUSIÓN

La revolución científica aconteció a partir de una amalgama de aportes histórico–filosóficos, junto a la investigación personal de sus grandes exponentes. A lo largo de estas páginas se ha expuesto cómo a partir de una serie de ideas y descubrimientos desde la Antigüedad, se fueron transformando a fin de ser criticados y refutados, o reformulados y ampliados. El Renacimiento le dejó como legado a la ciencia moderna el no ser una pura imitación de la cultura clásica, sino que existía el convencimiento de que podía superarse. Ello incentivó a los investigadores posteriores a guardar un distanciamiento con respecto a la astronomía y a la física de Aristóteles y Ptolomeo, o a la medicina de Galeno. La ciencia moderna se nutrió de la filosofía de los humanistas–renacentistas, quienes pretendían liberarse de todo vínculo con la *auctoritas*, sentando así las condiciones para que los grandes científicos se dieran cuenta de que las teorías antiguas y, sobre

15 Bernal, *La ciencia en la historia*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1972, pp. 363–364.

todo las medievales, eran el resultado de construcciones mentales humanas, con sus limitaciones y circunscritas a una determinada época histórica, y de ninguna manera extracciones del libro de la verdad.

También la nueva ciencia se originó a partir del hecho de retomar importantes hallazgos y teorías de autores griegos antiguos, desde una mentalidad mucho más práctica. Así puede verse cómo Copérnico retoma la tradición neoplatónica y pagano-oriental; Kepler se considera un neopitagórico y neoplatónico; Galileo, por su parte, alaba a Arquímedes, a quien denomina «sobrehumano»; mientras que Newton no está ajeno al pensamiento hermético y a la alquimia. Por eso no pueden dejar de apreciarse un conjunto de elementos de magia y astrología que fueron coexistentes dentro de las investigaciones de los grandes exponentes de la ciencia moderna y que en la actualidad no se les suele prestar suficiente interés.

En un período de unos 150 años que van de Copérnico a Newton, se opera una revolución como nunca antes lo había conocido la ciencia, emergiendo así la llamada «física clásica» o «edad de oro de los observadores del cielo». De Copérnico quedó la idea de una Tierra en movimiento alrededor del Sol como elemento central del sistema solar, significando la eliminación del sistema cosmológico geocéntrico. Al desplazar a la Tierra del centro del universo, expulsó también al hombre como cúspide de la creación divina. Kepler perfecciona la revolución copernicana al explicar mediante leyes matemáticas los movimientos planetarios. Con Galileo se inició la polémica religiosa con respecto a la ciencia, sobre todo con los dos procesos en su contra. La «nueva ciencia» a la que dio origen su sistema significó el derrumbe definitivo del mundo medieval y la apertura a los «tiempos modernos». La visión anterior del cosmos lo concebía como un orden jerárquico de seres creados y gobernados por Dios, mientras que la nueva la sustituyó por una visión mecanicista del mundo entendida como una gran máquina cuyas partes se mueven de acuerdo con estrictas leyes físicas, sin atender a propósitos misteriosos o divinos. Sin embargo, en Galileo subyace como convicción de orden esencialista o metafísica, como legado del humanismo-

renacentista neoplatónico, que la estructura cósmica está constituida por una armonía matemática, por leyes que sólo el método experimental puede develar y que constituyen la verdad misma.

Con la obra de Newton, se unifica y sintetiza la metodología inductiva de Bacon y la analítica de Descartes, los corpúsculos de Boyle se integran bajo un determinismo mecanicista, y se retoman los aportes de la revolución científica emprendida por Copérnico, Galileo y Kepler. Además, la ciencia newtoniana es interpretada por la posteridad como la culminación magistral que ilumina a innumerables interrogantes en torno a la dinámica del universo que la humanidad se había planteado por miles de años, consolidando, por consiguiente, el modelo de ciencia que ha prevalecido hasta nuestros días. El programa de investigación newtoniano no sólo aspiró a dar cuenta de los fenómenos naturales, sino a cualesquiera otros en los que se puedan explicar los hechos con base al razonamiento matemático, cuantitativo y en consonancia con la experiencia. La mecánica de Newton se convirtió en el paradigma científico más importante, determinando a toda futura disciplina a encuadrarse dentro de su metodología.

La ciencia occidental es un proceso histórico y complejo, donde la efervescencia de las ideas se fue configurando desde la Antigüedad, la Edad Media y el Renacimiento, significando la antesala de la «revolución científica». Ello ocurre a partir de 1543, cuando Copérnico publicó *Sobre las revoluciones de las esferas celestes*, en el que presentaba un nuevo sistema astronómico, donde introducía una Tierra en movimiento que giraba sobre sí misma y alrededor del Sol. Su teoría entró en abierta contradicción contra las creencias vigentes y sacudía las bases filosóficas y teológicas de su tiempo, implicando una meticulosa revisión de las mismas y la necesidad de elaborar otra que explicara los fenómenos de una manera más exacta.

Pero después de 1609, cuando los hombres descubrieron por los ojos de Galileo el verdadero aspecto del universo a través del telescopio, de que éste no era ni aristotélico ni ptolemaico, ni

tampoco que era inmutable y del tamaño y de la cantidad de astros que se suponían, la revolución científica se operó como nunca antes en la historia. Sus teorías consolidaron la «nueva ciencia», que hasta nuestro tiempo sigue siendo como la concibió Galileo: autónoma respecto a la fe y excluyente de las teorías metafísicas, que busca describir las cualidades objetivas y mensurables de los cuerpos y que utiliza como lenguaje las matemáticas.

Con Kepler los movimientos planetarios son elípticos, generando una revolución interna en el seno del propio copernicanismo –al cual pertenecía Galileo–, pues en ellos la circularidad todavía era el tipo de desplazamiento de los cuerpos celestes. Las tres leyes keplerianas significan la explicación matemática de los movimientos, velocidades y previsión de los planetas.

Las interrogantes sobre la atracción planetaria y solar planteadas por Kepler desde un plano místico–científico, fueron resueltas en 1687 por Newton, cuando publicó *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Mediante un lenguaje matemático, estableció leyes universales que eran aplicables a toda la materia, tanto al movimiento planetario como a la caída de una manzana. Ello significó la expresión magistral de una sola física, aplicable por igual a los cuerpos celestes y a los objetos terrestres comunes. Su modelo explicativo sentó los fundamentos de la ciencia y la tecnología modernas.

Bibliografía

- (1952) *The Almagest* (by Ptolemy), *On the Revolutions of the Heavenly Spheres* (by Copernicus), *Epitome of Copernican Astronomy* and *The Harmonies of the World* (by Kepler). Chicago: Encyclopaedia Britannica.
- (1961) *Meditaciones metafísicas*. -- Madrid: Editorial Aguilar.
- (1963) *Los sonámbulos*. -- Buenos Aires: Eudeba.
- (1966) *Los filósofos y las máquinas: 1400–1700*. -- Barcelona: Labor.
- (1969) *Galileo Galilei*. Barcelona: Península.
- (1971) *Francis Bacon, filósofo de la revolución industrial*. -- Madrid: Ayuso.
- (1972) *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, vol. I. Edited by Alexandre Koyré and Bernard Cohen. -- EE.UU.: Harvard University Press, 1972.
- (1977) *Diálogo sobre los sistemas máximos. Jornada 3*. -- Buenos Aires: Editorial Aguilar.
- (1980) *El ensayador*. -- Buenos Aires: Editorial Aguilar. Galilei, G. & Kepler, J.
- (1990) *El mensaje y el mensajero sideral*. -- Madrid: Alianza Editorial.
- (1980) *Estudios galileanos*. -- Madrid: Editorial Siglo XXI.
- (1981) *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. -- Madrid: Editora Nacional.
- (1981) *Los principios de la filosofía*. -- Buenos Aires: Editorial Losada.
- (1982) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. -- Madrid: Editora Nacional.
- (1983) *Medioevo y Renacimiento*. Madrid: Taurus.
- (1983) *Revolución newtoniana y las transformaciones de ideas científicas*. -- Madrid: Alianza Editorial.
- (1984) *La revolución cultural del Renacimiento*. -- Barcelona: Crítica.
- (1984) *Novum Organum*. Barcelona: Orbis.
- (1986) *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*. -- Madrid: Alianza Editorial.

- (1987) *Himnos órficos*. -- Madrid: Editorial Gredos.
- (1988) *La evolución de la física*. -- Barcelona: Salvat Editores.
- (1990) *Metafísica*.-- Madrid: Editorial Gredos.
- (1993) *Física*.-- Buenos Aires: Editorial Biblos.
- (2000) *Corpus Hermeticum y Asclepio*. Madrid: Ediciones Siruela.
- (2002) *Obras selectas*.-- Madrid: EDIMAT.
- Agazzi, E. (1978) *Temas y problemas de la filosofía de la física*.
Barcelona: Herder.
- Aristóteles (1996) *Acerca del cielo. Meteorológicos*.-- Madrid:
Editorial Gredos.
- Asimov, I. (1984) *Enciclopedia biográfica de ciencia y tecnología*.--
Madrid: Alianza Editorial.
- Bacon, F. (1985) *La Gran Restauración*.-- Madrid: Alianza Editorial.
- Banfi, A. (1967) *Vida de Galileo Galilei*. -- Madrid: Alianza Editorial.
- Bérence, F. (1967) *Leonardo de Vinci*.-- Barcelona: Daimon.
- Bernal, J. (1972) *La ciencia en la historia*.-- México: Universidad
Nacional Autónoma de México.
- Bixby, W.(1966) *El universo de Galileo y Newton*.-- Barcelona:
Editorial Timun Mas.
- Boorstin, D. (1988) *Los Descubridores*.-- México: Grijalbo.
- Boyle, R. (1985) *Física, química y filosofía mecánica*. --Madrid:
Alianza Editorial.
- Bruno, G. (1984) *Sobre el infinito universo y los mundos*.-- Barcelona:
Orbis.
- Burt. (1960) *La fundamentación metafísica de la ciencia moderna*. --
Buenos Aires: Editorial Sudamericana.

- Bynum, W. F., Browne, E. J., & Porter, R. (1986) *Diccionario de historia de la ciencia*. --Barcelona: Herder.
- Capra, F. (1982) *El punto crucial. Ciencia, sociedad y cultura naciente*. -- Buenos Aires: Editorial Troquel.
- Cassirer, E. (1951) *Individuo y cosmos en la filosofía del Renacimiento*. -- Buenos Aires: Emecé.
- Clark, K. (1991) *Leonardo de Vinci*.-- Madrid: Alianza Editorial.
- Cohen, I. B. (1961) *El nacimiento de una nueva física*.-- Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Copérnico, N. (s.f) *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*. Madrid: Editora
- Crombie, A. (1974) *Historia de la Ciencia*. -- Madrid: Alianza Editorial.
- Culianu, I. P. (1999) *Eros y magia en el Renacimiento*. -- Madrid: Ediciones Siruela.
- Daxelmüller, C. (1997) *Historia social de la magia*. -- Barcelona: Herder.
- De Vinci, L. (1983) *Cuaderno de notas*. -- Madrid: Buma Ediciones.
- Descartes, R. (1931) *Obras filosóficas. Discurso del método. Tratado de las pasiones*. -- Madrid: Nueva Biblioteca Filosófica.
- Dóriga, E. (1985) *El universo de Newton y de Einstein*. -- Barcelona: Herder.
- Drake, S.(1983) *Galileo*. Madrid: Alianza Editorial.
- Einstein, A., & Infeld, L. (1961) *La física aventura del pensamiento. El desarrollo de las ideas desde los primeros conceptos hasta la relatividad y los cuantos*. -- Buenos Aires: Editorial Losada.
- Farrington, B. (1979) *Ciencia Griega*.-- Barcelona: Icaria Editorial.
- Fischer, K. (1986) *Galileo Galilei*.-- Barcelona: Herder.
- Galilei, G. (1982) *Jornada segunda de los diálogos sobre dos nuevas ciencias*. -- Madrid: Alpuerto.

- Garin, E. (1982) *Ciencia y vida civil en el Renacimiento italiano*. -- Madrid: Taurus.
- Geymonat, L. (1965) *Filosofía y filosofía de la ciencia*. -- Barcelona: Labor.
- Grosseteste, R. (1972) *Suma de los ocho libros de la física de Aristóteles*. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Hemleben, J. (1988) *Galileo*. -- Barcelona: Salvat Editores.
- Holton, G. (1986) *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. -- Barcelona: Editorial Reverté.
- Hoyle, F. (1986) *De Stonehenge a la cosmología contemporánea*. -- Madrid: Alianza Editorial.
- Kearney, H. (1970) *Orígenes de la ciencia moderna, 1500–1700*. -- Madrid: Guadarrama.
- Kepler, A. (1992) *El secreto del universo*. -- Madrid: Alianza Editorial.
- Koestler, A. (1988) *Kepler*. -- Barcelona: Salvat Editores.
- Koyré, A. (1979) *Del mundo cerrado al universo infinito*. -- Madrid: Siglo XXI de España Editores.
- Kristeller, P. (1961) *Renaissance Thought I: The Classic, Scholastic and Humanistic Strains*. New York: (s.n.)
- Kuhn, T. (1981) *La revolución copernicana*. -- Barcelona: Ariel.
- Lombardo Radice, L. (1983) *Las matemáticas de Pitágoras a Newton*. -- Barcelona: Laia.
- Mach, E. (1949) *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*. -- Buenos Aires: Espasa-Calpe.
- Mason, S. (1966) *Historia de las ciencias*. -- Barcelona: Zeus.
- Merino, J. (1993) *Historia de la filosofía franciscana*. -- Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos.
- Mieli, A. (1952) *Panorama general de la historia de la ciencia. El mundo antiguo: griegos y romanos*. -- Buenos Aires: Editorial Losada.
- Muñoz, P. (1965) *Fe e inteligencia en la génesis de la ciencia moderna*. -- Roma: Università Gregoriana.

- Murillo, R. (1990) *Tres temas de filosofía*. -- San José, C.R.: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Newton, I. (1983) *El sistema del mundo*. -- Madrid: Alianza Editorial.
- Ockham, G. (2002) *Pequeña Suma de Filosofía Natural*. -- Navarra, España: Ediciones Universidad de Navarra.
- Papp, D. (1961) *Historia de la Física. Desde la Antigüedad hasta los umbrales del siglo XX*. -- Madrid: Espasa-Calpe.
- Reale, G., & Antiseri, D. (2001) *Historia del pensamiento filosófico y científico, II. Del humanismo a Kant*. -- Barcelona: Herder.
- Redondi, P. (1990) *Galileo herético*. -- Madrid: Alianza Editorial.
- Rey, A. (1961) *La madurez del pensamiento científico en Grecia*. -- México: UTEHA.
- Rodis-Lewis, G. (1971) *Descartes y el racionalismo*. -- Barcelona: Oikos-tau Ediciones.
- Rossi, P. (1990) *Francis Bacon. De la magia a la ciencia*. -- Madrid: Alianza Editorial,
- Toulmin, S., & Goodfield, J. (1963) *La trama de los cielos*. -- Buenos Aires: Eudeba.
- Weishépl, J. (1967) *La teoría física en la Edad Media*. -- Buenos Aires: Editorial Columba.
- Weister, C. (1988) *De Paracelso a Newton: la magia en la creación de la ciencia moderna*. -- México: Fondo de Cultura Económica.
- Weizsacker, C. F. von. (1974) *La imagen física del mundo*. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos.
- Westfall, R. (1980) *La construcción de la ciencia moderna*. Barcelona: Editorial Labor.
- Williams, B. (1996) *Descartes. El proyecto de la investigación pura*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Yates, F. (1983) *Giordano Bruno y la tradición hermética*. Barcelona: Ariel.