

## PARÍS, OXFORD Y EL INICIO DE LA CIENCIA MODERNA

“Sólo en las matemáticas existe ciencia y demostración en sentido estricto”<sup>1</sup>.

“Ninguna ciencia puede ser conocida sin las matemáticas”<sup>2</sup>.

“La matemática es lo que revela más genuinamente la verdad, ayuda a conocer los muchos secretos escondidos y tiene la llave para conocer lo oculto de las palabras; quien, por tanto, tenga la desfachatez de estudiar física, rechazando la matemática, descubrirá con asombro que nunca hará su entrada a través del pórtico de la sabiduría”<sup>3</sup>.

Los textos que he elegido para iniciar este breve estudio son, tan sólo, un ejemplo, pues podría haber elegido otros muchos, de un hecho de enorme interés que, estando presente durante el medievo, cobra especial importancia al final de este periodo.

El valor de las matemáticas era reconocido por todo hombre formado en el saber durante la Edad Media. El *Quadrivium*, como es bien sabido, incluía conocimientos de lo que la tradición pitagórico-platónica entendió siempre por matemáticas: aritmética, geometría, astronomía, música. Esto era verdadero saber, no mera palabrería. Recordemos que Protágoras, el sofista por excelencia, en el diálogo platónico que lleva su nombre, se ufana de no hacer como otros, quienes, contra el deseo de los estudiantes a su cargo, “les introducen en las ciencias técnicas, enseñándoles cálculos, astronomía, geometría y música”<sup>4</sup>.

Como entusiasmado lector de Plotino, San Agustín había dicho, con impactante elocuencia: “contempla el cielo, la tierra y el mar, y todo cuanto hay en ellos. Contempla los astros que brillan en el firmamento, los animales que reptan por la tierra, las aves que vuelan por el aire y los peces que andan en el mar: verás que todo tiene belleza, porque tiene sus números. Quíteles estos, y todo quedará reducido a nada. ¿Dónde, pues, han de tener su origen, sino donde lo tiene el número? Porque en tanto tienen ser, en esa medida tienen sus números”<sup>5</sup>. Y, San Buenaventura, ya en el siglo XIII, siguiendo sus pasos, escribirá: “todas las cosas están constituidas por números; por lo que «el número es el más importante ejemplar en la mente del creador», y en las cosas el más notable vestigio que nos guía a la sabiduría”<sup>6</sup>.

---

<sup>1</sup> Texto de Roberto Grosseteste citado por A. C. Crombie en su *Historia de la ciencia: de San Agustín a Galileo*, 2 vols., Alianza Editorial, Madrid, Vol. 2, pp. 24.

<sup>2</sup> Texto de Roger Bacon citado por A. C. Crombie en su *Historia de la ciencia: de San Agustín a Galileo...*, Vol.2, cit., p. 30.

<sup>3</sup> Thomas Brawardine, *Tractatus de continuo*, MS. Erfurt, Amplon. Q. 385 Fol. 31V.

<sup>4</sup> Platón, *Protágoras*, 318e; *Diálogos I*, Editorial Gredos (Biblioteca Clásica Gredos, 37), Madrid, 1993, pp. 520-1.

<sup>5</sup> San Agustín de Hipona, *Sobre el libre albedrío*, II, 161 (XVI, 41), *Obras de San Agustín*, III, B.A.C., Madrid, 1982, pp. 321-2.

<sup>6</sup> San Buenaventura, *Itinerario de la mente hacia Dios*, II, 10, en *Experiencia y teología del misterio*, B.A.C., Madrid, 2000, p. 26.

No es, claro está, el reconocimiento del valor de las matemáticas, ni tan siquiera como clave para entender la naturaleza, lo que de por sí hace del final de la Edad Media un período especialmente interesante, cuando uno centra su atención en el estudio del desarrollo de la ciencia. Si bien es cierto que los avances en matemáticas, así como su indiscutible reconocimiento como saber, desempeñarán un papel muy importante en el devenir de ciertos acontecimientos, que harán de este período un momento clave para la historia de la ciencia, la verdad es que no entenderíamos cabalmente los hechos, complejos, sin atender a un acontecimiento, como es bien sabido, de excepcional relevancia: la arrolladora irrupción de Aristóteles, sus obras y las de sus diversos comentadores.

Durante el siglo XII y buena parte del XIII se llevó a cabo una extraordinaria labor de traducción de obras, tanto del griego como del árabe, al latín. Hombres como Jacobo Véneto o Burgundio de Pisa, en pleno siglo XII, o Roberto Grosseteste y Guillermo Moerbeke, ya en el siglo XIII, dedicaron sus esfuerzos a trasladar del griego al latín gran parte de la obra aristotélica, y no sólo aristotélica.<sup>7</sup> Por su parte, otros intelectuales, trabajando estrechamente vinculados a la ciudad de Toledo, como fue el caso de Gerardo de Cremona, Domingo Gundisalvo, Juan Hispalense, Avendeuth, Miguel Scoto, Herman el Alemán, Alfredo Sareshel, Yehuda Ben Moses Ha-Kohén, Rabbi Ishaq ben Sid, Abraham ibn Waqar..., llevaron a cabo la extraordinaria labor de traducir, del árabe, no solo a Aristóteles, sino una ingente cantidad de obras de carácter científico, relacionadas con la matemática, la astronomía, la medicina, la biología, la botánica..., y los libros, tremendamente atractivos, de los grandes lectores, intérpretes y comentadores de Aristóteles.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Sobre este asunto resultan de sumo interés obras como las siguientes: P. Classen, *Burgundio von Pisa*, Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, Heidelberg, 1974; Fernand Bossier, "Les ennuis dun traducteur. Quatre annotations sur la première traduction latine de LÉtique à Nicomaque par Burgundio de Pise", *Bijdragen, Tijdschrift voor filosofie en teologie*, 59 (1998), pp. 406-427; R. J. Durling, "Burgundio of Pisa and Medical Humanistics of the Twelfth Century", *Studi Classici e Orientali*, vol. 43 (marzo, 1995). Pp. 95-99 y "Burgundio of Pisa's translation of Galen's Peri ton pepochoton topon: "De interioribus"", *Traditio*, 42 (1986), pp. 439-442; M. Grabmann, *Guglielmo di Moerbeke O. P. il traduttore delle opere di Aristotele*, Pontificia Università Gregoriana (Miscellanea historiae pontificiae, 11), Roma, 1946; V.V.A.A., *Guillaume de Moerbeke: recueil d'études à l'occasion du 700 anniversaire de sa mort (1286)*, Leuven University Press (Ancient and Medieval Philosophy, 1, 7), Leuven, 1989; A. C. Crombie, *Robert Grosseteste and the origins of Experimental Science, 1110-1700*, Oxford University Press, Oxford, 1953; D. A. P. Callus, *Robert Grosseteste, Scholar and bishop. Essays in Commemoration of the Seventh Centenary of his death*, Clarendon Press, Oxford, 1955; J. McEvoy, *The Philosophy of Robert Grosseteste*, Pxfprd University Press, Oxford, 1982; R. W. Southern, *Robert Grosseteste: The Growth of an English Mind in Medieval Europe*, Oxford University Press, Oxford, 1986; T. Ricklin, *Die "Physica" und der "Liber de causis" im 12. Jahrhundert: zwei Studien*, Feiburg/schweiz, Universitätsverlag, 1995.

<sup>8</sup> Para ampliar información sobre este aspecto, merece la pena consultar, entre otros, los siguientes estudios: S. Vegas González, *La escuela de traductores de Toledo en la historia del pensamiento*, Ayuntamiento de Toledo, Toledo, 1998; C. Alvar, *Traducciones y traductores. Materiales para una historia de la traducción en Castilla durante la Edad Media*, Centro de estudios cervantinos (Colección Historia y Literatura), Alcalá de Henares, 2010; P. Pizzamiglio, *Gerardo da Cremona*, Distribuzione, Librería del Convegno editrice, Cremona, 1992; G. de Young, "The Latin Translation of Euclid's Elements Attributed to Gerard of Cremona in Relation to the Arabic Transmission", *Suhayl: Journal for the History of the Exact Sciences in Islamic Civilization* (4), 2004, pp. 311-383; M. Alonso Alonso, "Notas sobre los

El interés por conocer la obra de los grandes pensadores era irresistible. Hombres de toda Europa se embarcaron en la tarea; italianos, alemanes, escoceses, franceses y, como no, hispanos; quienes aprovecharon el saber de mozárabes y judíos.

Los tratados técnicos sobre matemáticas, astronomía, astrología, óptica, meteorología, medicina..., como por ejemplo, los Elementos de Euclides, el Almagesto de Ptolomeo, el Algebra de Aljwuarizmi, la Óptica de Ibn al-Haytan, o el Canon de Avicena fueron acogidos y estudiados con indisimulada admiración.

Sin embargo, pese a ser acogido como un verdadero tesoro este caudal de novedoso saber, el origen pagano de estos textos, y, sobre todo de aquellos en los que se abordaban cuestiones propiamente filosóficas, de orden cosmológico, físico, metafísico, epistemológico, ético o psicológico, que implicaban, por tanto, una nueva y profunda concepción del mundo y del ser del hombre, terminará desencadenando un conflicto de extraordinarias consecuencias, en el que se enfrentarán los hombres más brillantes del final del medievo. Será, en este sentido, buena parte de la obra de Aristóteles y sus seguidores, la que centrará la atención de los pensadores, hasta el punto de que el debate en torno al modo en que han de ser leídas e interpretadas las nuevas ideas, en gran medida, caracterizará a la filosofía de los siglos XIII y XIV.

La mayoría de las obras de Aristóteles y de algunos de sus comentaristas y seguidores, como es el caso de Avicena o al-Farabi, estaban traducidas ya, y por tanto disponibles para ser estudiadas y debatidas, hacia el año 1200, lo que hizo que en la primera década del siglo XIII comenzasen a ser leídas tanto en Oxford como en París, con diferente acogida por parte de las autoridades.<sup>9</sup>

Mientras que en Oxford no parecía oponerse obstáculo alguno al estudio del aristotelismo, en París, bien pronto, se reaccionó contra lo que se veía como un peligro, prohibiéndose en 1210 la enseñanza de la filosofía natural de Aristóteles y sus seguidores en la facultad de Artes (decreto que se renovó en 1225). Con todo, el atractivo de Aristóteles y los suyos era irresistible, y pese a los continuos intentos de contener su implacable avance, sabemos que en 1252 la nación inglesa de la facultad de Artes de París había establecido como obligación para sus estudiantes el acudir, al menos, a un curso centrado en el tratado *acerca del alma* de Aristóteles, y que finalmente en 1255 la facultad de Artes como tal publicaba un nuevo reglamento en el

---

traductores toleanos Domingo Gundisalvo y Juan Hispano”, *Al-Andalus: revista de la Escuela de Estudios Árabes de Madrid y Granada* (Vol 8, nº 1), 1943, pp. 154-188 y “Traducciones del arcediano Domingo Gundisalvo”, *Al-Andalus: revista de las Escuelas de Estudios Árabes de Madrid y Granada* (vol. 12, nº 2), 1947, pp. 295-338; Alexander Fidora, “Notas sobre Domingo Gundisalvo y el Aristóteles arabis”, *Al-qantara: revista de estudios árabes* (Vol. 23, Fasc. 1), 2002, pp. 201-208; y del mismo autor: *Domingo Gundisalvo y la teoría de la ciencia árabe-aristotélica*, Eunsa, Barañáin (Navarra), 2009 y “Domingo Gundisalvo y la introducción de la “metafísica” al occidente latino”, *Disputatio. Philosophical Research Bulletin* (Vol. 3, nº 4), 2014, pp. 51-70.

<sup>9</sup> F. Van Steenberghen, *Aristotle in the West; the origin of latin Aristotelianism*, E. Nauwelaerts, Louvain, 1955; D. A. Callus, *Introduction of Aristotelian Learning in Oxford*, H. Milford, Michigan, 1943; V.V.A.A., *Las condenas de Aristóteles en la Edad Media Latina*, Kyrios, Valencia, 2013.

que establecía como obligatoria la lectura de, entre otras obras aristotélicas, o pseudo-aristotélicas, la Física, el Acerca del Cielo y los Meteorológicos.<sup>10</sup>

Como es bien sabido, ni mucho menos fue este el final del conflicto. Más bien lo contrario, pues la alarma frente al peligro que albergaba la filosofía aristotélica llevó a una reacción por parte de los teólogos más cercanos a cierto agustinismo, que culminó en las condenas de 1270 y 1277. Condenas, sobre todo las segundas, que marcarían el devenir de la filosofía y de la ciencia, tanto en París como en Oxford, en los años por venir.

El aristotelismo, en términos generales, proponía un único universo posible, finito, cerrado y estructurado de acuerdo con relaciones estrictamente necesarias, que solo podían ser como eran y, por ello, podían ser demostrables gracias a la lógica y conocidas, explicadas, gracias a la metafísica. El planteamiento, en sí, resultaba tremendamente atractivo para los maestros en Artes.

Este universo, de forma esférica, estaba dividido en dos regiones, supralunar y sublunar, que, hechas de distinto material, operaban, naturalmente, según distintos principios. La región sublunar estaba constituida por los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego), y era el ámbito de la generación, la corrupción y los movimientos transitorios, variados y disformes; movimientos en los que cada elemento, por tendencia, se dirige a su lugar natural.

Por su parte, la región supralunar, lugar de las estrellas fijas, el Sol y el resto de los planetas, estaba formada por esferas celestes concéntricas, contiguas, de perfección inmutable y movimiento circular uniforme; siendo, y esto era muy importante, los movimientos celestes, la constante periodicidad de las conjunciones de los astros, predecibles, la causa última de los movimientos acaecidos en el ámbito sublunar.

Pero, a todo lo indicado había que añadir que este cosmos, que era el único posible, se caracterizaba por ser eterno; ni había tenido comienzo, ni tendría final; y compacto, es decir, pleno, pues para el aristotelismo, era un absurdo plantear siquiera la posibilidad del vacío. En el mundo aristotélico todo estaba en conexión, y es esto lo que explicaría que la acción del primer motor, a través de motores intermedios, fuese en última instancia la que todo lo mueve. Por otra parte, los elementos que componen el mundo, desde siempre y para siempre, se comportarían según sus naturalezas, inmutables, que eran la base de la secuencia regular de causas y efectos; del determinismo o necesitarismo que caracteriza a este cosmos.

En el principio el mundo no podía haber sido sino como era, y Dios, eterno, inmutable, era entendido como el primer motor de este mundo cerrado; un motor que no podía actuar de modo directo sobre las realidades del mundo, ni, mucho menos, alterar su comportamiento fijado, desde siempre, de modo necesario.

El intento de integrar esta propuesta cosmológica en la cosmovisión de raíz cristiana no fue tarea nada fácil. Con todo, desde muy pronto, los grandes pensadores, tanto de

---

<sup>10</sup> V.V.A.A., *Las condenas de Aristóteles en la Edad Media Latina*, cit..

Oxford como de París, de muy distintos modos y partiendo de concepciones muy distintas de la ciencia y de la filosofía, de pusieron a ello. Éste es el caso de, entre otros, Roberto Grosseteste en Oxford; y en París, de personalidades como Roger Bacon, profesor de Artes en la década de los 40, y desde luego, de San Alberto Magno, quien comentó todos los libros disponibles de Aristóteles; sin olvidar a Santo Tomás de Aquino, Sigerio de Brabante...

La filosofía, limitada al estudio de las causas naturales mediante las cuales la voluntad de Dios, que no es su objeto de estudio, aunque si su causa última, produce los fenómenos, recibía un nuevo impulso. El sistema aristotélico aportaba luz, sistematicidad, completud, consistencia y certidumbre: racionalidad y necesidad. Era difícil resistirse a su potencial y a su contundencia. “Nuestro propósito [escribía San Alberto Magno en su comentario a la *Física*] es satisfacer en la medida de lo posible a los hermanos de nuestra orden que durante muchos años nos han pedido que escribamos para ellos un libro sobre la física, en el que puedan encontrar una completa exploración de la ciencia natural, y por medio del cual también pueden llegar a entender correctamente los libros de Aristóteles”.<sup>11</sup>

Serán, sin embargo, precisamente los puntos de fricción; es decir, aquellos aspectos del modelo aristotélico que suscitaban rechazo, recelo, debate o meramente reflexión, los que desencadenarán una serie de cambios que afectarán, de modo directo, al desarrollo de la ciencia en el final del medievo.

Un primer asunto en torno al cual el debate era inevitable, era el papel de las matemáticas en la explicación de la naturaleza. La física aristotélica era eminentemente cualitativa. Aristóteles separaba radicalmente la física de las matemáticas, señalando que eran ciencias que se ocupaban de objetos por completo diferentes.

En su *Metafísica* se había esforzado el estagirita, de un modo contundente, en rechazar la propuesta platónica, haciendo ver que los objetos matemáticos carecían de subsistencia, no teniendo existencia actual ni en los cuerpos sensibles, ni separados de ellos.<sup>12</sup> Su incisiva crítica a la teoría de las ideas platónica llevaba incluida, lógicamente, una crítica demoledora a la teoría de los números, y el valor de las matemáticas. Como consecuencia irrefutable, Aristóteles sostenía que la física ni debía ni podía, en verdad, recurrir a las matemáticas. En primer lugar, porque, de acuerdo con un principio epistemológico general y manifiesto, no es admisible que unas ciencias invadan el terreno de otras, y, en segundo lugar, y este era el motivo más importante, porque al carecer los objetos matemáticos de subsistencia no podían ser, en modo alguno, causas reales explicativas de movimiento real alguno.

Así las cosas, afirmaciones como las de San Buenaventura en su *Itinerario de la mente hacia Dios*, según las cuales, como vimos con anterioridad, “todas las cosas están

---

<sup>11</sup> Citado por B. M. Ashley “St. Albert and the nature of Natural Science”, en J. A. Weisheipl (comp.), *Albertus Magnus and the Sciences, essays 1980, vols. 49 y 50*, Pontifical Institute of Medieval Studies, Toronto, 1980.

<sup>12</sup> A esta cuestión dedica Aristóteles todo el libro XIII (M) de su *Metafísica*.

constituidas por números”, “el número es el más importante ejemplar en la mente del creador”, y es más, “ya que el número es algo evidentísimo para todos y cercanísimo a Dios, nos conduce hasta Él, nos hace conocer a las cosas corpóreas y sensibles cuando conocemos las cosas hechas según el número, nos deleitamos en sus proporciones debidas al número y, por medio de leyes de las proporciones numéricas, las juzgamos de manera irrefutable”<sup>13</sup>; insisto, afirmaciones como éstas, se escribían y se leían como una manifiesta toma de posición frente a la propuesta aristotélica.

Una vertiente de este debate llevaba tiempo enfrentando, en el mundo árabe, a los partidarios de Ptolomeo y a los seguidores de Aristóteles en el campo de la astronomía.<sup>14</sup>

Ambos sistemas, el aristotélico y el ptolomáico eran conocidos en el occidente latino al comienzo del siglo XIII. El manual elemental de astronomía de al-Farghani, conocido como *Los rudimentos de la astronomía*, había sido traducido por Juan de Sevilla en 1137. En la segunda mitad del siglo XII ya habían sido traducidas las obras más técnicas de Ptolomeo. Y fue la traducción de Miguel Scoto del *Libro de astronomía* de Alpetragius, en 1217, obra en la que se intentaba reavivar la decadente suerte de la astronomía aristotélica frente al más exacto sistema de Ptolomeo, lo que encendió la polémica.

El problema residía en crear una astronomía cuantitativamente exacta sobre principios cosmológicos aristotélicos. Con todo, fue la astronomía matemática la que fue imponiéndose, exigiendo un desarrollo de las matemáticas cada vez más sofisticado y una recogida de datos, de observaciones, cada vez más precisa.<sup>15</sup> Un ejemplo de esto fue el desarrollo de la trigonometría en el Merton College de Oxford, con matemáticos como John Maudith, Thomas Bradwardine o Richard Wallinford, autor, así mismo, de un famosísimo reloj astronómico.<sup>16</sup> Y será esta línea de trabajo, en la que se vinculan estrechamente las observaciones y el desarrollo del instrumental matemático lo que fructificará en la obra de hombres como Johannes Regiomontano, Nicolás Copérnico, Ticho Brahe o Johannes Kepler.

Es importante, sin embargo, señalar que no fue precisamente el debate en torno al valor de las matemáticas, ni en torno al modelo astronómico, lo que motivó, como sabemos,

---

<sup>13</sup> San Buenaventura, *Itinerario de la mente hacia Dios*, II, 10, en *Experiencia y teología del misterio*, B.A.C., Madrid, 2000, p. 26.

<sup>14</sup> E. S. Kennedy, *Studies in the islamic exact sciences*, American University of Beirut, Beirut, 1983; I. Sabra, “The Andalusian Revolt against Ptolemaic Astronomy: Averroes and al-Bitruji”, en *Transformation in the sciences: Essays in honor of I. Bernard Cohen*, (Ed. Everet Mendelsohn), Cambridge University Press, Cambridge, 1984, pp. 233-253; D. A. King, *Islamic Mathematical Astronomy*, Variorum Reprints, Londres, 1986.

<sup>15</sup> Sobre este asunto se recoge muy interesante información en: E. Grant, *A source Book in Medieval Science*, Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts), 1974; J. D. North, *Chaucer’s Universe*, Clarendon Press, Oxford, 1988.

<sup>16</sup> J.D. North, “Natural Philosophy in Late Medieval Oxford”; en *God’s Clockmaker Richard Wallingford and the invention of Time*, Hanbledon and London, Londres, 2005 ; “Astronomy and Mathematics” in *The History of the University of Oxford (Vol. 2, Late Medieval Oxford)*, Ed. J. L. Catto and R. Evans, Clarendon Press, Oxford, 1992, pp. 65-102 y 103-174; y, del mismo autor, *Richard Wallinford, an edition of his writings with introductions, english translation and comentary*, Clarendon Press, Oxfros, 1976.

la respuesta más rotunda frente a las propuestas aristotélicas, ni lo que supuso, y esto es lo interesante, un avance más creativo en el ámbito de la ciencia. Determinadas afirmaciones e implicaciones como el necesitarismo inherente al sistema, la eternidad del mundo, su necesaria finitud y unicidad, así como la imposibilidad del vacío, parecían poner en duda la omnipotencia y la libertad divinas; ante lo que era necesario reaccionar. Y, como sabemos, se hizo, y de un modo rotundo, con unas condenas, las ya citadas de 1277, de las que escribió Pierre Duhem: “Si hubiera que dar una fecha al nacimiento de la ciencia moderna, tendríamos que elegir, sin duda, esta fecha de 1277”.<sup>17</sup>

¿Por qué esta afirmación tan sorprendente? Porque, afirma, “comprendida como una condena del necesitarismo griego [es decir, de lo que implicaba el pujante aristotelismo], esta condena llevará a numerosos teólogos a afirmar como posibles, en virtud de la omnipotencia del Dios cristiano, posiciones científicas o filosóficas tradicionalmente [dentro del sistema aristotélico] consideradas imposibles en virtud de la esencia de las cosas. Al permitir nuevas experiencias mentales, la noción teológica de un Dios infinitamente poderoso ha liberado los espíritus del cuadro finito en que el pensamiento griego había insertado el universo”.<sup>18</sup>

El aristotelismo, sin duda, había revitalizado el interés por la naturaleza y su estudio racional, científico, pero las condenas, que reivindicaban con rotundidad la omnipotencia divina y, por tanto, desautorizaban el sistema propuesto por Aristóteles, daban alas a la curiosidad de los científicos, justificando la investigación de fenómenos no abordables desde la perspectiva aristotélica y la propuesta de nuevos modelos explicativos, métodos científicos y posiciones epistemológicas.

Sin duda, uno de los ejemplos más claros de lo indicado previamente fue la propuesta de Guillermo de Ockham, cuya filosofía natural parte de la aceptación, de acuerdo con las condenas de 1277, de un mundo esencialmente contingente, creado en un acto absolutamente libre de un Dios omnipotente; y, por tanto, del rechazo, por ilícito, del presupuesto aristotélico según el cual el mundo está estructurado según relaciones en sí mismas necesarias, justificadas por una metafísica y conocidas gracias a la lógica.

Para Ockham, de acuerdo con estas premisas, el fundamento del conocimiento de la naturaleza, es decir, científico, no podía estar, por tanto, en el conocimiento metafísico de las formas (naturalezas) de las cosas, sino, en todo caso, en el experiencial, es decir, en el conocimiento directo de los hechos contingentes. Éste, en cierto sentido, abandono de la metafísica en favor de la física le llevó a rechazar toda sustancialización de carácter metafísico de realidades como el movimiento, el espacio, el tiempo o el lugar natural, preocupándose más que por el “qué” de los fenómenos por el “cómo” su acontecer.

---

<sup>17</sup> P. Duhem, *Le système du monde, histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, Herman, París, 1973, Tomo VI, p. 412.

<sup>18</sup> P. Duhem, *Le système du monde...*, cit.

Como es bien sabido, la radicalidad de las posiciones de Ockham suscitó el rechazo y casi escándalo de aquellos pensadores que asumían el modelo de ciencia aristotélico como el único capaz de proporcionar verdadero progreso: “si nada es sino la sustancia singular [decía Walter Burley] se sigue que no existe ciencia alguna de la sustancia; y así se destruiría la metafísica que trata de las sustancias supra-sensibles y de las sustancias eternas. De igual modo se destruiría la ciencia de los entes naturales que trata de las sustancias móviles”.<sup>19</sup>

Junto a la propuesta de orden empirista, debido a su compromiso con lo concreto, su fidelidad al dato empírico, en Ockham encontramos un empeño decidido por fundamentar una lógica de la inducción, una crítica profunda al concepto de causa aristotélico, con especial atención a la idea de causa final e, incluso, un rechazo del principio según el cual todo lo que se mueve es movido por otro, lo que algunos historiadores han entendido como un primer paso hacia el principio de inercia, que revolucionará la ciencia siglos después.<sup>20</sup>

A mediados del siglo XIV, en París, un seguidor del *venerebilis Inceptor*, Nicolás de Autrecourt, afirmaba: “Respecto de las cosas sabidas por experiencia al modo como se dice que se sabe que el Ruibarbo cura el cólera o el imán atrae el hierro, sólo poseemos un hábito de hacer conjeturas, pero no certeza. Cuando se dice que tenemos certeza respecto de tales cosas en virtud de una proposición que reposa en el alma según la cual lo que ocurre en muchas ocasiones por un curso no libre es el efecto natural de ello, pregunto ¿qué es lo que llamas una causa natural?, ¿dices por ejemplo que lo que produjo en el pasado en muchas ocasiones y produce en el presente, producirá en el futuro si permanece y es aplicado? Entonces la premisa menor no es conocida, porque, admitiendo que algo fue producido en muchas ocasiones, no es, sin embargo, conocido que deba ser producido de la misma manera en el futuro”.<sup>21</sup>

---

<sup>19</sup> “*Si ergo nihil sit substantia singularis, sequitur quod nulla est scientia de substantia et sic destruetur metaphysica quae est de substantiis insensibilibus et de substantiis aeternis. Item destrueretur scientia naturalis quae est de substantiis nobilibus, quia esset scientia nisi de conceptibus in anima*”, Gualterius Burlaeus, *Expositio super artem veterem*, Venecia, 1497, fol. 19B.

<sup>20</sup> A. Dempf, *Die Naturphilosophie Ockhamns als Vorbereitung des Koppernikanismus*, Munich, München Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Beck (in Komm) 1974; A. Ghisalberti, “I fundamenti della filosofia della natura di Guglielmo di Ockham”, *Rivista de Filosofia Neo-Scolastica*, 1971 (63), pp. 419-154; R. Paqué, *Das Parisier Nominalistenstatut zur Entstehung des Realitätbegriffs der neuzeitlichen Naturwissenschaft (Occam, Buridan und Petrus Hispanus, Nikolaus von Autrecourt und Gregor von Rimini)*, De Gruyter, Berlin, 1970; O. Todisco, “Duns Scoto e Ockham difensori di diverse prospettive scientifiche”, *Miscellanea Francescana: Rivista di Science Teologiche e studi Francescani*, 1969 (69), pp. 337-357; J. F. O’Brien, “Some medieval anticipations of inertia”, *New Scholasticism*, 1970 (44), pp. 345-71; W. J. Courtenay, *Ockham and Ockhamism. Studies in the Dissemination and Impact of His thought*, Brill, Leiden/Boston 2008.

<sup>21</sup> El texto pertenece a la obra *Exigit Ordo Executionis*, editada por J. R. O’Donnell en *Medieval Studies*, 1939 (Vol.1), p. 237, y es citado por A. C. Crombie, *Historia de la ciencia de San Agustín a Galileo*, Alianza Editorial (Alianza Universidad, Historia, nº 77), Madrid, 1987, Vol. II, p. 38.

“Cualesquiera que sean las condiciones que suponemos puedan ser la causa de un efecto, no sabemos, con evidencia, que, cuando se pongan esas condiciones, se seguirán los efectos en cuestión”.<sup>22</sup>

Sabemos que será Hume quien siglos después ahonde en estas ideas. Pero fue Ockham quien, rompiendo con el aristotelismo condenado en 1277, abrió el camino hacia un modo nuevo de entenderse y ejercerse la ciencia, e invitaba, así mismo, a considerar hipótesis posibles, pues todo lo posible, pensable, podía ser, como por ejemplo la existencia de otros mundos como el nuestro, de un universo o un espacio infinito, del vacío, de los átomos, de la rotación de la tierra sobre su eje, por poner sólo algunos ejemplos de cuestiones planteadas y discutidas por los científicos de este período.

Los artículos del *Syllabus* incitaron a los filósofos del final del medievo a repensar lo principios de la filosofía de la naturaleza aristotélica, clarificarlos, criticarlos, e, incluso, como hemos visto, rechazarlos. Y uno de los campos en los que este trabajo fue más intenso y fructífero fue en el del estudio del asunto clave de la física, sobre el que el estagirita había dejado escrito: “si ignorásemos lo que es (el cambio), necesariamente ignoraríamos también lo que es la naturaleza”.<sup>23</sup>

El objeto central de estudio de la filosofía natural de Aristóteles era el cambio, en todas sus formas y manifestaciones; es decir, la generación y corrupción, la mera alteración, el aumento o disminución y, por último, el movimiento local o cambio de lugar. Este tipo de cambio, que terminará ocupando un lugar central en la ciencia del siglo XVII, no lo ocupaba en la aristotélica. Sin embargo, se convertirá en el objeto de estudio de algunos de los más finos pensadores del final del medievo, quienes propondrán una nueva descripción del movimiento, es decir, una nueva cinemática, y una nueva explicación causal del movimiento, centrada en distinguir los agentes o fuerzas que lo producen y la relación que guardan con la cantidad o velocidad de movimiento producido, es decir, una nueva dinámica.

De nuevo las matemáticas cobrarán un valor no reconocido por Aristóteles. Junto a su innegable éxito en el campo de la astronomía, los más audaces pensadores habían mostrado su extraordinaria utilidad en el campo de la óptica. Roger Bacon, Witelo o Theodorico de Freiberg habían distinguido entre la luz como sensación y la luz como actividad física externa, afirmando que esta podía y debía ser expresada geométricamente, proponiendo, de hecho, que las diferencias de los efectos cualitativos de la luz estaban producidas por diferencias cuantitativas en la misma luz. Witelo y Theodorico proponían que los colores del espectro, que para el aristotelismo eran, cada uno de ellos, una especie, estaban producidos por el progresivo debilitamiento de la luz blanca debido a la refracción; Roberto Grosseteste relacionaba la intensidad de la iluminación y del calor con el ángulo en que eran recibidos los rayos y su

---

<sup>22</sup> Ver nota 21.

<sup>23</sup> Aristóteles, *Física*, Libro III, 1, 200b 14-15, Gredos (Biblioteca Clásica Gredos, nº 203), Madrid, 1995, p. 176.

concentración.<sup>24</sup> Esta explicación matemática de las diferencias cualitativas; que chocaba con los principios del aristotelismo más ortodoxo, estimuló el trabajo de otros pensadores interesados fundamentalmente en el “problema del movimiento”.

Aristóteles en la *Física* esbozaba una cinemática y cuantificaba la distancia y el tiempo, empleados como la medida del movimiento. Proponía que, de dos objetos en movimiento, el más veloz cubría una distancia mayor en el mismo tiempo que el más lento, o la misma distancia en un tiempo menor, siendo así que dos objetos que se movían con igual velocidad atravesaban espacios iguales en tiempos iguales. Así, de acuerdo con Autólico de Pitane, quien seguía en esto a Aristóteles, un movimiento uniforme sería aquel en el que con igual velocidad se atravesaban distancias iguales en tiempos iguales. Con todo, el concepto de velocidad, rapidez, era un problema, no terminando de entenderse como una magnitud en sí misma.

El primer autor que, en el mudo medieval de finales del siglo XII y principios del XIII, intentó un nuevo análisis puramente cinemático del movimiento, que supliera las carencias de Aristóteles, fue Gerardo de Bruselas, en su *Sobre el movimiento*.<sup>25</sup> Pero fue en la primera mitad del siglo XIV, en el Merton College de Oxford, donde un grupo de extraordinarios lógicos y matemáticos llevaron la especulación cinemática a sus más altas cotas.

Los conocidos como “Calculadores del Merton College”, entre quienes destacaron el Arzobispo de Canterbury Thomas Bradwardine, llamado *Doctor Profundus*, Richard Swineshead, William Heytesbury o John Dumbleton<sup>26</sup>, se esforzaron en señalar de modo explícito la diferencia entre la cinemática y la dinámica y desarrollaron una serie de conceptos y de términos técnicos realmente novedosos y de extraordinario valor, con la intención de lograr abordar el problema del movimiento desde la cinemática con rigor y suficiente potencia.

Para lograr dar el paso a delante que dieron, un hito en la historia de la física, previamente fue necesario un estudio de las cualidades y su gradación o intensidad; la famosa cuestión de la *intensio et remisio qualitatum seu formarum*<sup>27</sup>. Si bien lo habitual era tratar esta cuestión en casos como el del calor, se extrapoló el planteamiento general, considerándose la posibilidad de medir la *intensio* (Intensidad) de una cualidad, en este caso el movimiento, intensidad que mediría su fuerza o grado, y se entendió que esta no era otra que la velocidad (rapidez en términos medievales). La *intensio* y la

---

<sup>24</sup> A. C. Crobie, *Robert Grosseteste and the origins...*, cit.; G. Federici Vescovini, *La teorie de la luce e della visione ottica del XI al XV secolo. Studi sulla prospettiva medievale e altri saggi*, Morlacchi Editore, University Press, Perugia, 2006.

<sup>25</sup> M. Clagett, *The Liber motu of Gerard of Bussels and the origins of Kinematics in the West*, The Temple, Brujas, 1956.

<sup>26</sup> Amplia información, también de carácter bibliográfico, puede consultarse en: I. Verdú Berganza, “Thomas Bradwardine y la ciencia del siglo XIV”, *Actas del 1º Congreso de Filosofía Medieval*, Zaragoza, 1992, pp. 499-505.

<sup>27</sup> E. Sylla, “Medieval Concepts of the Latitude of Forms: The Oxford Calculators”, *Archives d’Histoire doctrinale et litteraire du Moyen Age*, 1973 (40), pp. 223-83 (y en especial 233-7).

*remisio* del movimiento forzosamente habría que relacionarla con la variación de velocidad.

Los mertonenses asignaron magnitud a la velocidad, definieron la velocidad instantánea, dando como medida de ella, como hará siglos después Galileo, el espacio que sería recorrido por un móvil si este pudiera moverse durante cierto tiempo a la velocidad que tenía en el instante dado, y dieron descripciones cinemáticas precisas de varias formas de movimiento, como el movimiento uniforme, el no uniforme o acelerado y el uniformemente acelerado.<sup>28</sup> Pero además desarrollaron una serie de teoremas extraordinariamente influyentes, como el llamado teorema de la velocidad media o regla de Merton, según el cual, un cuerpo que se mueve con un movimiento uniformemente acelerado recorre la misma distancia, en un tiempo dado, que si se hubiera movido el mismo tiempo con una velocidad uniforme igual a su velocidad media (o promedio).

Los Calculadores, guiados en esto por Bradwardine, utilizaban para sus descripciones lo que se ha llamado “el álgebra de palabras”, logrando un indiscutible éxito en el análisis de las cualidades. Y fue precisamente este éxito el que motivó un luminoso avance, que permitía enriquecer y clarificar el análisis, como fue un novedoso sistema geométrico de representación, precursor de las técnicas gráficas modernas, desarrollado en París por Nicolás de Oresme.<sup>29</sup>

Estos grandes avances en cinemática fueron extraordinarios, pero el avance no terminó en esto, pues en paralelo se produjo una innovadora ruptura con Aristóteles en aspectos fundamentales de su propuesta dinámica.

Aceptado el principio aristotélico según el cual las cosas movidas son siempre movidas por un motor, se hacía inevitablemente difícil explicar el movimiento de los proyectiles, pues no se entendía cómo continuaba su movimiento tras dejar de estar en contacto con su proyectil original.

De nuevo el antecedente era el neoplatónico antiaristotélico del siglo VI Juan Filopono, para quien todos los movimientos eran el resultado de motores internos. Según su planteamiento, cuando un proyectil es lanzado, el proyectil imprime en el proyectil un “fuerza motiva incorpórea” responsable del movimiento.<sup>30</sup> Pero fue en el siglo XIV, en París, en donde esta teoría, reinterpretada y desarrollada por el rector de la universidad de París, Juan Buridán, cobraría inusitada fuerza, convirtiéndose en la teoría más influyente durante siglos.

Buridán creó un nuevo término, “Impetus”, para referirse a esta fuerza impresa; y lo definió, tomando como referencia la acción del imán, como “algo de naturaleza

---

<sup>28</sup> Una obra clave a este respecto es: M. Clagett, *The science of mechanics in the Middle Ages*, University of Wisconsin Press, Wisconsin, 1959.

<sup>29</sup> V.V.A.A., *Mechanics and Natural Philosophy before the Scientific revolution*, Netherlands, Springer, Dordrecht, 2008.

<sup>30</sup> R. Sorabji, *Matter, Space and Motion; Theories in Antiquity and Their Sequel*, Cornell University Press, Ithaca (New York), 1988; V.V.A.A., *Philoponus and the Rejection of Aristotelian Science*, Institute of Classical Studies, School of Advanced Study, University of London, Londres, 2010.

permanente, distinta del movimiento local con el que el proyectil se mueve”, añadiendo que probablemente era “una cualidad naturalmente presente y predispuesta para mover un cuerpo en el que está impresa”<sup>31</sup> Buridán, de hecho, proponía que, como había sido ya demostrado respecto de las cualidades, el “ímpetus” se desgastaría en presencia de resistencia, pero en caso contrario conservaría su fuerza original; y, además, siguiendo el ejemplo de los mertonenses, formulaba su propuesta con mayor exactitud cuantitativa que cualquiera de los que, previamente, habían intentado explicar el fenómeno.

Sin embargo, siendo todo esto un trabajo valiosísimo en el terreno de la ciencia, lo más interesante fue la pretensión del físico parisino de aplicar su teoría a la explicación de la caída de los graves y el movimiento de los astros, proponiendo de este modo una sola teoría para explicar los movimientos tanto sublunares como supralunares.

En sus *Cuestiones sobre los ocho libros de la física*, podemos leer este extraordinario texto, en el que encontramos muchas de las claves que hemos visto hasta ahora: “Uno no encuentra en la Biblia que haya inteligencias encargadas de comunicar a las esferas celestes sus movimientos adecuados; está permitido, por tanto, demostrar que no es necesario suponer la existencia de esas inteligencias. Se puede decir, de hecho, que Dios, cuando creó el universo, puso en movimiento las esferas que le plugo, imprimiendo a cada una de ellas un ímpetus que las ha movido desde siempre. Dios no tiene, por tanto, que mover más estas esferas, excepto ejerciendo un influjo general parecido a ese por el que da su cooperación a todos los fenómenos. Así pudo descansar el séptimo día del trabajo que había realizado, confiando a las cosas creadas sus causas y efectos recíprocos. Estos ímpetus que Dios imprimió a los cuerpos celestes no han sido reducidos o destruidos por el paso del tiempo, porque no había en los cuerpos celestes ninguna inclinación hacia otros movimientos y no había resistencia que pudiera corromper o retener esos ímpetus. No doy esto por cierto; solamente preguntaría a los teólogos cómo podrían producirse todas estas cosas”.<sup>32</sup>

Pero, tal vez, la aportación más significativa, brillante, en este terreno la llevó a cabo el *Doctor profundus*, con su obra de 1328 *Tractatus de proportionibus o de proportione velocitatum in motibus*, empeñado en lograr, con éxito, cuantificar las relaciones dinámicas entre la fuerza, la resistencia y la velocidad.

“Puesto que todo movimiento sucesivo es proporcional a otro con respecto a la velocidad, la filosofía natural, que estudia el movimiento, no debe ignorar la proporción entre los movimientos y sus velocidades; y puesto que una comprensión de esto es

---

<sup>31</sup> Texto citado por D. C. Lindberg, *Los inicios de la ciencia occidental. La tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso e institucional (desde el 600 a. Cr. Hasta 1450)*, Paidós, Barcelona, 2002, p. 382.

<sup>32</sup> Juan Buridán, *Quaestiones super octo Libros Physicorum*, L. 8, Q. 12, citado por A. C. Crombie en *Historia de la ciencia; de San Agustín a Galileo*, Madrid, Alianza Editorial (Alianza Universidad nº 77), Vol. 2, p. 69.

necesaria y extremadamente difícil, y aún no ha sido tratado completamente en ninguna rama de la filosofía, hemos acordado componer la siguiente obra al respecto”.<sup>33</sup>

El problema de la relación entre fuerza, resistencia y velocidad, ya planteado por Aristóteles, había ocupado a grandes pensadores como el ya citado Juan Filopono, Avempace y Averroes, que habían propuesto soluciones distintas. Bradwardine, no satisfecho con ninguna de las soluciones propuestas, no sólo elaboró una nueva, sino que además formuló matemáticamente las discutidas y su innovadora ley de la dinámica, según la cual la velocidad crece aritméticamente mientras que la razón F/R crece geométricamente.

Su obra pasó a ser parte del curso universitario en Oxford, París, Viena, Praga, Padua, Florencia; fue desarrollada por los más destacados científicos de los siglos XIV, XV y XVI, y puso los fundamentos matemáticos de la ciencia del XVII en el norte de Italia.

El asombroso trabajo matemático de estos hombres, paradójicamente impulsados por la condena de lo que se consideraban tesis peligrosas de raíz aristotélica, nunca se apoyó en experimentos, manteniéndose en el terreno de las hipótesis, pero promovió la creación del marco conceptual y matemático sin el que habría sido imposible el trabajo de genios como Galileo o Newton, No solo se discutían cuestiones ya planteadas y se recurría a renombradas autoridades, se propuso una nueva aproximación matemática que procuraba la unión de todo movimiento físico, ya fuese rectilíneo o rotacional, de locomoción o de alteración en una simple ley de la dinámica.

Sin ninguna duda, estos grandes pensadores medievales se habrían quedado asombrados al oír a Simplicio decirle a Salviati en el *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo, Ptolemáico y copernicano*: “Pero si se abandona a Aristóteles, ¿quién servirá de escolta en la filosofía?”<sup>34</sup>. Y, por asombroso que parezca, no sería extraño oírles decir, como Salviati: “no quiero decir [...] que no se deba escuchar a Aristóteles, antes al contrario, alabo el leerlo y estudiarlo diligentemente y sólo reprocho rendirse a él de manera que se suscriban ciegamente todas sus afirmaciones, y sin buscar otras razones, se tengan por decreto inviolable; lo cual es un abuso del que surge otro mayor, y es que nadie se aplica ya a tratar de entender la fuerza de sus demostraciones. [...] Pero si queréis continuar con esta manera de estudiar, renunciad al nombre de filósofos y llamaos historiadores o doctores de la memoria, que no es conveniente que los que nunca filosofan se adjudiquen el honorable nombre de filósofo.”<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> “*Omnem motum succesivum alteri in velocitate proportionari contingit; quapropter philosophia naturalis, quae motu considerat, proportionem motuum et velocitatum in motibus ignorare non debet. Et quia cognitio illius est necessaria et multum difficilis, nec in aliqua parte philosophiae tradita est plenum, ideo de proportione velocitatum in motibus fecimus istud opus*”, Thomas Bradwardine, *Tractatus proportionum*, ed y Trad. H. L. Crosby, University of Wisconsin, Madison, 1955.

<sup>34</sup> Galileo Galilei, *Antología, Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*, Península, Barcelona, 1991, p. 143.

<sup>35</sup> Galileo Galilei, *Antología, Diálogo...*, cit., pp. 143-4.

