

CONTRIBUCIÓN A LA POLÉMICA ENTRE FÍSICOS Y MATEMÁTICOS ACERCA DE LA CONCEPCIÓN DEL MUNDO

MARÍA JOSÉ MARTÍNEZ BENAVIDES
Universidad de La Laguna

SUMMARY

The various theories of the world that were developed from Antiquity until the appearance of the Copernican model were articulated from one of the following two perspectives: the physical/real one, which followed the Aristotelian system, and the astronomical-geometrical one, taken as a mathematical exercise to explain the movement of the heavenly bodies, but not considered truthful.

La concepción del mundo, la descripción y explicación de las leyes y normas que rigen su funcionamiento ha sido una de las cuestiones centrales del pensamiento griego, desde las primeras interpretaciones de carácter mítico a las teorías de carácter racional y teórico. La explicación y funcionamiento del mundo en su conjunto pasa, sin embargo, por la observación e interpretación de los movimientos de los astros. El estudio de estos fenómenos, que en la actualidad pertenece sin duda al ámbito de la astronomía, se englobaba en la Antigüedad dentro de la física identificada con la filosofía. Las primeras tesis pues, sobre el mundo fueron enunciadas por filósofos para quienes las teorías cosmológicas constituían una parte de un sistema global.

Entre las aportaciones realizadas por los pensadores anteriores a Platón podemos enumerar las apreciaciones cosmológicas de Tales de

Mileto¹ con su idea de una Tierra plana flotando sobre el agua, o la de Anaxímenes² para quien la Tierra como el sol eran planos y todos los cuerpos celestes se mantenían suspendidos en el aire, o la de Anaximandro³ según la cual la Tierra es un cilindro aplanado sobre una de cuyas superficies habitan los hombres. El diámetro de este cilindro es tres veces su altura y se encuentra en equilibrio equidistante de todo. Alrededor de la Tierra existen unos anillos o esferas que transportan las estrellas, la Luna y el Sol. Pitágoras y los pitagóricos supusieron un avance frente a las teorías anteriores, ya que se les atribuye la primicia de considerar a la Tierra como una esfera, el cuerpo más perfecto y armónico. La teoría cosmológica pitagórica enunciada en el siglo V a.C. y atribuida bien a Filolao, bien a los pitagóricos en general⁴, presenta una concepción del mundo en la que la Tierra no ocupa el lugar preeminente, esto es, el centro, sino que allí sitúan al Fuego Central a cuyo alrededor, orbitan la antitierra, la Tierra, la Luna, el Sol, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, Saturno y la esfera de las estrellas fijas.

Fue Platón, sin embargo, con su pretensión de idealización y teorización quien realizó la primera interpretación filosófica y globalizadora del mundo, donde éste y su funcionamiento son explicados matemáticamente. Platón diviniza el mundo supralunar (que distingue del sublunar sometido al cambio) y atribuye a los astros el movimiento más acorde con su naturaleza divina, es decir, el movimiento circular uniforme, considerado el movimiento más perfecto ya que podía pensarse «eterno» al aparentar que no tenía principio ni fin. Asimismo incluye a los astros en órbitas regulares, que recibían el movimiento de las estrellas

¹ Cf. ARIST., *Met.*, I, 3, 983b 20-22 y *De cael.*, II, 13, 294a. A Tales también se le atribuye el haber descubierto la Osa Mayor (cf. DIÓG. LAER., I, 23), las estaciones del año (cf. DIÓG. LAER. I, 24) y el haber dividido el año en 365 días. Si embargo el episodio más famoso protagonizado por Tales ha sido la predicción de un eclipse, como nos ha sido transmitido por diversas fuentes (cf. por ejemplo HER. I, 74 y CLEM., *Strom* I, 65). Autores como L. BLANCHE (1969: 154-199) defendían la posibilidad de tal hecho, aunque otros han puesto en duda que Tales poseyera los conocimientos necesarios para dicha predicción. Es este sentido véase E. PÉREZ SEDENO (1986: 42-45).

² Cf. por ejemplo ARIST., *De cael.*, II, 249b 13 y AECIO, II, 22, 1 y III, 10, 3.

³ Cf. ARIST., *De cael.*, II, 295b 10, HIPÓL., I, 6, 3-5, etc. Las interpretaciones que autores como Heath, Sartorius o, más recientemente, Neugebauer y van der Waerden han realizado de la teoría cosmológico-astronómica de Anaximandro están recogidas en PÉREZ SEDENO (1994²: 432-434).

⁴ Cf. ARIST., *De cael.*, II, 293a 15-b 30 y AECIO, II, 7, 4. 13 y II, 11.

fijas y asigna el centro del Universo a la Tierra esférica e inmóvil⁵. La cosmología platónica determinó las teorías posteriores que se redujeron a elaboraciones a partir de ella, manteniendo los preceptos establecidos por Platón. Así, los planetas debían girar con un movimiento circular uniforme⁶ y las sucesivas teorías acerca del mundo debían tener como un objetivo claro, σωζέειν τὰ φαινόμενα, es decir, salvar las apariencias o lo que es lo mismo, explicar los movimientos de los elementos celestes de la manera más simple posible, sin atender a la veracidad de la solución ofrecida.

En consecuencia Eudoxo de Cnido, partiendo de la teoría platónica, establece unas premisas teóricas sobre las que enuncia su sistema de las esferas homocéntricas. El cielo tiene forma esférica y gira en círculo; la Tierra, también esférica, se encuentra inmóvil en el centro del universo y, por tanto, se considera el centro de referencia para el movimiento de los demás astros. Eudoxo establece un sistema ingenioso, pero complicado, de veintisiete esferas homocéntricas de las cuales una era asignada a las estrellas fijas, tres al Sol y a la Luna y cuatro a cada uno de los planetas (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno)⁷. El complicado sistema de Eudoxo, aunque dejaba problemas sin resolver como el de la distinta duración de las estaciones, constituyó la primera concepción geométrica del mundo. Calipo de Cízico⁸ en su intento de solventar las deficiencias de la teoría de Eudoxo, aumentó el número de esferas a treinta y cuatro complicando aún más la explicación del universo.

El sistema de Aristóteles supuso, frente a las teorías anteriores que ofrecían una explicación para cada uno de los componentes del κόσμος, una teorización global en la que se integraban todos los elementos. Su concepción del mundo como un todo estructurado donde los

⁵ Cf. *Tim.*, 38c-39d y *Rep.*, X, 616c-617b. La disposición de los astros en la teoría de Platón es la siguiente: Tierra, la Luna, el Sol, Venus, Mercurio, Marte, Júpiter, Saturno y la esfera de las estrellas fijas.

⁶ Aunque siempre se ha considerado que fue Platón quien estableció esta teoría sobre el movimiento circular uniforme de los planetas y en este sentido se han decantado entre otros, DUHEM (1988), HEATH (1981²) y LLOYD (1970), PÉREZ SEDENO (1986: 58-61) ha cuestionado esta idea.

⁷ Sobre el funcionamiento del sistema de las esferas homocéntricas de Eudoxo aparte del ya conocido trabajo de MAULA (1974) remitimos a CROWE (1990: 23-25) y PÉREZ SEDENO (1994²: 445ss), así como a la misma autora (1986: 76-84) para una recopilación de las diversas interpretaciones de los movimientos de las esferas homocéntricas.

⁸ Véase PÉREZ SEDENO (1994²: 452) y CROWE (1990: 25-26).

procesos se encuentran interconectados, le llevó a establecer un quinto elemento, el éter, que conformaría la naturaleza del cielo para diferenciarlo del mundo sublunar constituido por los cuatro elementos. La naturaleza misma del éter hacía posible dotarlo del movimiento más perfecto, el movimiento circular, postulado por Platón. Las esferas dejan de ser construcciones matemáticas y adquieren entidad física al estar formadas de éter. Asimismo la inexistencia de vacío defendida por Aristóteles dejaba las esferas en contacto unas con otras, hecho que determina su teoría acerca del universo. Así, Aristóteles explica el movimiento irregular de los planetas introduciendo cincuenta y cinco esferas que se transmiten el movimiento de la esfera externa de las estrellas que, a su vez, lo recibe del primer motor inmóvil⁹. La teoría aristotélica tampoco fue aceptada, aunque, como veremos, su cosmología ejerció una gran influencia y se mantuvo vigente durante mucho tiempo.

Con la finalidad de «salvar las apariencias» se formularon teorías novedosas que intentaron romper con las concepciones generales. En este sentido podemos enumerar la de Heráclides Póntico quien defendía la rotación diaria de la Tierra sobre su eje como explicación a la aparente rotación diaria de los cuerpos celestes, y solucionaba los movimientos de Venus y Mercurio haciéndolos girar alrededor del sol¹⁰. Otra teoría revolucionaria y rápidamente denostada fue la de Aristarco de Samos¹¹ quien para salvar los fenómenos optó por la solución más sencilla, colocar al sol en el centro del universo a cuyo alrededor giraban la Tierra (con otro movimiento de rotación sobre su eje) y el resto de los planetas.

Demostrada la inoperancia del sistema de las esferas homocéntricas y rechazada la teoría heliocéntrica, las propuestas explicativas futuras

⁹ Cf. *Met.*, XII, 1074 a, 1-12. Según el sistema propuesto por Aristóteles la Tierra ocuparía el centro en el mundo sublunar donde el elemento fuego se sobrepone al elemento aire, éste al agua que, a su vez, se sobrepone al elemento tierra. El mundo supralunar, formado de éter, estaría dotado de movimiento circular frente al movimiento 'por naturaleza', esto es, rectilíneo o mixto del mundo sublunar. El orden de los planetas en la cosmología aristotélica sería Tierra, la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno y la esfera de las estrellas fijas.

¹⁰ Uno de los grandes problemas a solventar por las teorías cosmológicas antiguas era el movimiento de los planetas Venus y Mercurio y así, en las teorías expuestas eran los elementos cuya disposición variaba de una hipótesis a otra. En relación a los movimientos orbitales de estos planetas y su intentos de explicación véase B. L. VAN DER WAERDEN (1982: 99-113).

¹¹ Véase HEATH, 1981.

consistieron fundamentalmente en esquemas matemático-geométricos que salvaran los fenómenos y mantuvieran los presupuestos de las teorías cosmológicas, el geocentrismo y el movimiento circular de los planetas. Así, Apolonio de Perge recurrió a la teoría de las esferas excéntricas, según la cual las órbitas de los planetas que giran alrededor de la Tierra tienen su centro no en ésta, sino en un punto de la línea tierra-sol; o Hiparco que explicó la trayectoria de los planetas (cada uno por separado) situando a la Tierra en el centro de un círculo que se denomina deferente y sobre éste gira el centro de otro círculo llamado epiciclo donde se hace orbitar al planeta¹².

La teoría de Ptolomeo retoma la de Hiparco y, al igual que éste, explica los movimientos de los elementos del universo mediante epiciclos y deferentes, salvando con ello los fenómenos y creando un sistema geoméricamente válido que partía de los presupuestos físicos de Aristóteles¹³. De este modo, el modelo de Ptolomeo se convirtió en la teoría mayoritariamente aceptada y prevaleció como tal hasta la total aceptación de la hipótesis copernicana.

Todas las teorías hasta ahora enunciadas tienen un punto en común y es que, aunque se constatan las incompatibilidades entre los datos obtenidos mediante observación y los presupuestos teóricos de los que se parte, la teoría no fue cuestionada. De este modo, la circularidad del movimiento, la posición central de la Tierra y su inmovilidad eran presupuestos incuestionables. ¿Dónde estriba la causa de ello? Decíamos al principio que la concepción del mundo, del κόσμος, era un tema de naturaleza física, esto es, filosófica y por consiguiente todas las teorías de carácter astronómico, esto es, matemático-geométrico, se consideraban simples ejercicios y explicaciones que, siguiendo los dictados de Platón, salvaban los fenómenos, pero no tenían la entidad ni la capacidad para esbozar una nueva concepción de validez físico-filosófica y por ende verdadera. Gémino¹⁴ en sus *Elementos de Astronomía*, hoy perdidos, nos ilustra esta situación con su neta diferenciación entre

¹² Un análisis del uso de los epiciclos en las teorías astronómicas antiguas ha sido realizado por VAN DER WAERDEN (1974: 175-185). Remitimos también a CROWE (1990: 31 ss) y DREYER (1953: 149-70) para el desarrollo matemático de epiciclos y deferentes y su aplicación en Astronomía.

¹³ Para las teorías de Ptolomeo, aparte de los manuales generales, véase PÉREZ SEDEÑO (1986 y 1987), SÁNCHEZ NAVARRO (1994²: 483-519) y CROWE (1990: 45-52).

¹⁴ Cf. SIMPLICIO, *Física*, 291, 23.

Astronomía y Física y entre astrónomo y físico. El primero se dedicaría a la mera descripción de los fenómenos celestes empleando como auxiliares a las matemáticas y la geometría, mientras que el segundo explicaría estos fenómenos buscando sus causas y primeros principios. El astrónomo pues, no puede explicar las causas de los fenómenos y ha de recurrir para ello al físico. Nos encontramos entonces, que la verdadera explicación cosmológica es únicamente la ofrecida por los físicos, con independencia de su adecuación a los datos reales obtenidos mediante observación; pero, las soluciones ofrecidas por los astrónomos (matemáticos), aunque «salvaban los fenómenos» y se adecuaban a los datos no eran consideradas verdaderas sino ejercicios y soluciones matemáticas, que no reflejaban realidad alguna. Una y otra, sin embargo, coexisten y se aceptan, aunque manteniendo diferenciado su campo de acción, de tal modo que cuando era necesario predecir los fenómenos celestes se hacía uso de los sistemas astronómicos, es decir matemático-geométricos, como teorías meramente instrumentales, pero la explicación cosmológica verdadera era la que había enunciado Aristóteles. Esta situación dicótoma se mantuvo en el mundo árabe, en la Edad Media y en el Renacimiento. Así, la teoría de salvar las apariencias fue reconocida por los árabes aunque no aceptada, ya que el mismo Averroes por ejemplo, creía que en las matemáticas no existía nada que justificara la existencia de epiciclos y esferas excéntricas, pero que eran empleados y aceptados como principios por los astrónomos. Averroes pues, consideraba verdadera a la física y cosmología aristotélica. Similar actitud fue la adoptada por Tomás de Aquino¹⁵ para quien las hipótesis astrológicas de Ptolomeo no eran necesariamente verdad, pero sí la concepción aristotélica¹⁶.

En este estado de cosas, la teoría propuesta por Copérnico resultaba revolucionaria porque podía reemplazar el sistema de Ptolomeo como explicación geométrica, «salvar los fenómenos» y ofrecer una verdadera interpretación física del mundo.

El sistema heliocéntrico de Copérnico surgió de una revisión de las teorías antiguas desde la perspectiva de un platónico que concebía las matemáticas como algo integrado en la filosofía y por tanto, creía que la estructura del mundo podía explicarse en términos matemáticos y reflejar la realidad. Así, partiendo, como él mismo expone en el prefacio de su

¹⁵ Cf. *Summa Theologica*, Q. 32, I, art. I, réplica a la objeción 2.

¹⁶ Cf. para la posición de Averroes y de Tomás de Aquino ante la teoría de «salvar las apariencias» P. DUHEM 1969: 30 ss y 34 ss.

obra, de Híctas de Siracusa defensor de la teoría heliocéntrica (al igual que Aristarco al que no se atrevió a mencionar), dio a la Tierra una rotación diaria sobre su eje y pensó una concepción del mundo con el Sol inmóvil en el centro y la Tierra al igual que los planetas, girando a su alrededor¹⁷. Copérnico, no obstante, a pesar de lo novedoso de su teoría desde el punto de vista teórico, metodológicamente recurrió, al igual que sus predecesores, a los epiciclos y deferentes para explicar el movimiento de los astros, que seguía siendo circular (y así se mantendría hasta el descubrimiento de las elípticas por parte de Kepler¹⁸). Sin embargo, el sistema copernicano, que constituía una teoría más simple, redujo el número de esferas a treinta y cuatro, frente a las ochenta que necesitaba Ptolomeo. Copérnico tenía acabado su manuscrito en 1532, pero no fue inmediatamente publicado, sino un resumen (*Commentariolus*) que llegó a ser bastante conocido antes de la publicación del tratado completo en 1543 con el título de *De revolutionibus orbium coelestium*. La obra copernicana fue prologada de manera anónima por el luterano Osiander en la que adoptaba la doctrina de «salvar los fenómenos» para que los lectores entendieran que lo expuesto en la obra era únicamente un modelo instrumental más sencillo que los anteriores, para predecir los movimientos y posiciones de los cuerpos celestes y que no respondía a la realidad del Universo, es decir, que no era una teoría cosmológica verdadera y real tal y como la había concebido el mismo Copérnico¹⁹.

Esta actitud que hemos ilustrado con el comportamiento de Osiander entre los protestantes fue la misma que adoptaron los pensadores católicos ante la teoría copernicana. Así, por ejemplo, un defensor de las teorías platónicas, pero dentro del marco de la ortodoxia cristiana, como Fox Morcillo concedor de las doctrinas astronómicas de Platón, Aristóteles y

¹⁷ La teoría y figura de Copérnico ha sido objeto de numerosos estudios entre los que podemos mencionar KUHN (1978²), ANABITARTE (1990) y BRAVO GARCÍA (1998: 623-627).

¹⁸ Un astrónomo árabe, Ibn al-Sātir (1304-1375) intentó corregir la teoría planetaria de Ptolomeo a partir de sus observaciones y así, frente al recorrido circular aceptado por éste para la órbita solar, el astrónomo árabe defiende una órbita solar que se desvía ligeramente del movimiento circular. Esto ha hecho que algunos investigadores lo consideren un precedente de las órbitas elípticas. Del mismo modo, ante las similitudes de la teoría planetaria de Ibn al-Sātir con el sistema copernicano, se ha planteado también la posibilidad de que el astrónomo polaco conociera a través de una traducción latina las obras del árabe. Véase sobre este autor KENNEDY y ROBERTS 1976.

¹⁹ Fue Kepler años más tarde quien puso de manifiesto que el autor del prefacio había sido Osiander y no Copérnico.

Ptolomeo expresa sus dudas acerca de la validez de la astronomía para explicar la naturaleza de los cuerpos celestes. Su argumentación se sustenta en que muchas de sus teorías entran en conflicto con la doctrina cristiana, como sucede con la que atribuye movimiento a la Tierra²⁰, defendida en su época por Copérnico, a quien cataloga de filósofo menor y adalid de una teoría contraria a la experiencia y a la razón²¹.

Después de todo, las hipótesis copernicanas cambiaban la física aristotélica y la interpretación literal de algunos pasajes de las Escrituras. Esto hizo que en un ambiente religioso polémico como era el del siglo XVI, tanto católicos como protestantes rechazaran tal renovación teórica. La condición necesaria para que dicha teoría fuera aceptada, era la demostración infalible de la veracidad de la misma de manera que superara la idea de lo relativo de las apariencias. Esta demanda tanto de protestantes como de católicos seguía manteniéndose dentro de un contexto ideológico aristotélico y así, la necesidad de demostración infalible, en clara alusión al concepto de 'demostración' en Aristóteles, suponía la necesidad de una premisa teórica, de un principio absolutamente cierto que derivara de la evidencia empírica o que resultara evidente en sí mismo.

Copérnico y su teoría sólo supusieron el inicio de la denominada «revolución heliocéntrica», ya que hubo que esperar a las aportaciones de Tycho Brache, Kepler y Galileo para que tal revolución se desarrollara completamente. Este desarrollo suponía, como condición necesaria para realizarse, la modificación y evolución de las ideas astronómicas y filosóficas hasta entonces imperantes.

²⁰ En su obra *De naturae philosophia seu de Platonis et Aristotelis consensione*, lib. 2, pág. 45 afirma al respecto: «Moveri quidem coelum, et cum eo cuncta elementa (terra excepta, quae fixa est) multis rationibus potest confirmari. Quamquam minuti quidam philosophi, ut apud Archimedes Samius Aristarchus et apud Ciceronem Hycetas ac Philolaus, contra sentientes coelum stare, terram autem moveri contenderit. Quorum hac utpote falsa et absurda sententiam iam pridem explosa, coelum orbiculari motu, quoniam rotundus est, incitari asserimus ex Platonis et Aristotelis sententia. (...) Sed ne plures proferam rationes, quae sese nobis hoc loco multa offerunt, id aperte sanctarum literarum testimoniis confirmatur: cum Ecclesiastes dicat: Terra autem stat, oritur sol et occidit, et ad locum suum revertitur ad Aquilonem. Et David: in sole posuit tabernaculum suum et ipse tanquam sponsus procedens de thalamo suo, exultat ut gigas ad currendum suam viam».

²¹ Cf. *In Timaeum commentarium*, pág. 108 donde expresa su opinión acerca de la teoría copernicana en los siguientes términos: «Quod autem coelum moveatur, quamvis aliqui minuti philosophi negarint, coelumque stare, terram moveri dixerint, ut Hycetas quidam olim, & hac aetate Copernicus: nemo tamen est qui dubitet, cum experimento ratioque id constitutum apud omnes sit».

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANABITARTE, H., *Nicolás Copérnico*, Barcelona 1990.
- APARICIO, A. & FERNÁNDEZ-ARAGÓN, M. C., «La revolución heliocéntrica: su desarrollo», *Revista Española de Física* 9 (1), 1995, 55-60.
- APARICIO, A. & FERNÁNDEZ-ARAGÓN, M. C., «Copérnico y los antecedentes de la revolución heliocéntrica», *Revista Española de Física* 8 (4), 1994, 53-56.
- BLANCHE, L., «L'éclipse de Thalès et ses problèmes», *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger* 2, 1969, 154-199.
- BRAVO GARCÍA, A., «Tradicición clásica, humanismo y ciencia moderna» en L. GIL, M. MARTÍNEZ PASTOR y R. M^a AGUILAR (eds.), *Corolla Complutensis. In Memoriam Josephi S. Lasso de la Vega Contexta*, Madrid, Universidad Complutense, 1998, 617-628.
- CROWE, M. J., *Theories of the World from Antiquity to the Copernican Revolution*, Dover Pub., Nueva York 1990.
- DICKS, D. R., *Early Greek Astronomy to Aristotle*, Bristol 1970.
- DREYER, J. L. E., *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, Nueva York 1953.
- DUHEM, P., *To save the Phenomena. An Essay on the Idea of Physical Theory from Plato to Galileo* (trad. ing.), Chicago 1969.
- KENNEDY, E. S. & ROBERTS, V. (eds), *The Life and Works of Ibn al-Sātir. An Arab Astronomer of the Fourteenth Century*, University of Aleppo 1976.
- HEATH, T., *Greek Astronomy*, Londres-Nueva York, AMS 1969.
- HEATH, T., *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus*, Nueva York, Dover Pub. 1981.
- KUHN, T., *La revolución copernicana: la astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento occidental*, Barcelona 1978.
- MAULA, E., *Studies in Eudoxus' Homocentric Spheres*, Helsinki 1974.
- PÉREZ SEDEÑO, E., *El rumor de las estrellas*, Madrid 1986.
- PÉREZ SEDEÑO, E., «Eudoxo y los orígenes de la astronomía griega», en *Historia de la Geometría griega. Actas Seminario Orotava Historia de la Ciencia*, Santa Cruz de Tenerife, 1994², 424-456.
- PTOLOMEO, *La hipótesis de los planetas*, Alianza Universidad, Madrid, 1987. (Introducción de E. Pérez Sedeño, 9-51).
- SÁNCHEZ NAVARRO, J., «El sistema Ptolemaico», en *Historia de la Geometría griega. Actas Seminario Orotava Historia de la Ciencia*, Santa Cruz de Tenerife, 1994², 481-519.
- WAERDEN, B. L. VAN DER, «The earliest form of epicycle Theory», *JHA* 5, 1974, 175-185.
- WAERDEN, B. L. VAN DER, «The motions of the Venus, Mercury and the sun in Early Greek Astronomy», *AHES* 26, 1982, 99-113.

