

TEORÍA PLANETARIA E HIPÓTESIS ASTRONÓMICAS: EL DESARROLLO DE LA "PHYSICA COELESTIS" DURANTE EL RENACIMIENTO CIENTÍFICO

ALBERTO ELENA DÍAZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA
MADRID

I

El interés de los historiadores de la ciencia por el problema del *status* de las hipótesis astronómicas se remonta muy atrás. Sin querer con ello menospreciar a otros autores, justo es reconocer que el investigador que más esfuerzos ha dedicado al estudio de la cuestión fue el físico e historiador francés Pierre Duhem en sus trabajos *Sozein ta phainomena* y *Le système du monde*.¹ Duhem sentó las bases de un enfoque que persistiría hasta los años de sesenta, fecha en que sus trabajos comenzarían a ser revisados desde muy diversos flancos. De una u otra forma, no me parece exagerado decir que interesarse por el problema del "salvar las apariencias" y por la polémica consiguiente obliga necesariamente a entablar un diálogo con la obra de Pierre Duhem.

En pocas palabras, ésta era la "situación problemática" (por decirlo en términos popperianos) que Duhem llegó a reconstruir. Desde la antigüedad clásica fueron ya dos las orientaciones epistemológicas que acompañaron al quehacer de los astrónomos. Una de ellas, supuestamente apadrinada por Platón, concebiría la ciencia astronómica como una rama de las matemáticas y aspiraría a describir los movimientos de los cuerpos celestes en términos exclusivamente geométricos. El segundo planteamiento, avalado por Aristóteles, sería el de una astronomía física, cuyo objetivo sería llegar a una descripción realista del universo. En la antigüedad, y pese a la enorme reputación de Aristóteles, fue aquel primer enfoque el hegemónico, gracias sobre todo a la contribución del alejandrino Claudio Ptolomeo. En el mundo árabe apenas se habrían dado, según Duhem, aportaciones de interés: en tanto que unos astrónomos se dedicaron a "poner parches" al sistema ptolemaico, otros volvieron

¹ *Sozein ta phainomena: Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*. Paris, A. Hermann et Fils, 1908; *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Paris, Hermann, 1913-1919.

—desde presupuestos puramente especulativos— a las combinaciones de esferas homocéntricas que la orientación aristotélica había consagrado. Habría que esperar hasta Copérnico para encontrar un planteamiento realista coherente, por más que —a juicio del historiador francés— ello supusiera un retroceso frente a las posiciones instrumentalistas de los ptolemaicos. Duhem, furibundo convencionalista, daría la razón a Osiander y Bellarmino, considerando que Copérnico, Kepler y Galileo se encuentran más lejos de las concepciones filosóficas modernas que aquellos otros. Su trabajo podría entenderse, pues, como una cruzada tendiente a reparar lo que él estimaba un error de apreciación histórica.

Aun cuando este breve resumen de las tesis de Duhem no hace en absoluto justicia a la riqueza de sus investigaciones, puede no obstante servirnos para enmarcar los acercamientos de la historiografía posterior. Día tras día las opiniones de Duhem reciben severos ataques, que aquí sólo van a esbozarse. Para empezar, algunos historiadores han reprochado a Duhem su deficiente lectura de algunos de los textos clásicos por él invocados, desvirtuando así su interpretación.² Hay que reconocer que no les falta razón, mas esto no ha de ser óbice para reconocer los méritos de una investigación pionera en su campo. Precisamente este carácter de precursor explica algunos otros errores de interpretación y/o apreciación por parte de Duhem: pensemos, por poner sólo un caso, en el importantísimo final del Libro I de las *Hipótesis planetarias* de Ptolomeo, encontrado en 1967,³ que obviamente aquél no pudo conocer (de hecho, su descubrimiento ha sido lo que ha desencadenado buena parte de las críticas a la dicotomía duhemiana entre las dos clases de astronomía). Por si fuera poco, el convencionalismo —y el continuismo asociado a él— ha dejado de estar en boga, con lo que la forma de hacer historia de Duhem ha acabado por ser en sí misma cuestionable (y mucho más todavía si se tiene en cuenta su catolicismo militante, en absoluto inocuo a la hora de extraer sus conclusiones: véase, por ejemplo, su defensa de Bellarmino frente a Galileo).

A la vista de todas estas circunstancias no es difícil comenzar a sospechar que acaso la obra de Duhem requiera una revisión de arriba a abajo. Teniendo en cuenta que sus afirmaciones han sido durante más

² Jürgen Mittelstrass, *Die Rettung des Phänomena*. Berlin, Walter de Gruyter, 1962; y "*Phaenomena bene fundata: From 'Saving the Appearances' to the Mechanization of the World-Pictures*". En R. R. Bolgar (ed.), *Classical Influences on Western Thought, A. D. 1650-1870*; Cambridge, Cambridge University Press, 1979, pp. 39-59; G. E. R. Lloyd, "Saving the Appearances". En *Classical Quarterly*, vol 28. núm. 1 (1978), pp. 202-222.

³ Véase Bernard R. Goldstein, "The Arabic Version of Ptolemy's *Planetary Hypotheses*". En *Transactions of the American Philosophical Society*, nueva serie, vol. 57, núm. 4 (1967).

de medio siglo artículo de fe para los historiadores de la ciencia, conveniremos que el punto reviste cierta gravedad. Pero, ¿no es acaso una empresa vana tratar de reescribir la historia? ¿No es tal el poder de la letra impresa que cualquier intento de revisión está condenado al fracaso? No me corresponde a mí dar respuesta a estos interrogantes. Mi tarea consistirá sencillamente en ofrecer una reconstrucción alternativa (a la luz de las más recientes investigaciones) y en tratar de aportar todos los elementos de juicio relevantes para su comprensión. Acerca de los logros serán otros los que juzguen.

II

Como es bien sabido, la obra magna de Copérnico —*De revolutionibus orbium coelestium* (1543)— iba precedida por un prefacio anónimo donde se advertía al lector acerca del modo como debían tomarse las hipótesis expuestas a continuación. Un breve pasaje del mismo bastará para darnos a conocer la posición de su autor: "No es necesario que esas hipótesis sean verdaderas, ni siquiera verosímiles, sino que es suficiente una sola cosa: que los cálculos practicados en base a las mismas concuerden con las observaciones." Dicho de otro modo, el anónimo autor del prefacio se limitaba a hacerse eco de la tradicional orientación instrumentalista cuyo paladín era el propio Ptolomeo.

Pero ésta no era la forma en que Copérnico veía las cosas. Su fallecimiento apenas publicada la obra le impidió salir al paso de tal deformación de sus ideas. Lo hizo en su lugar Tiedemann Giese, obispo de Kulm y gran amigo del astrónomo, quien reveló que el autor de la advertencia al lector no era otro sino el teólogo luterano Andreas Osiander, que había colaborado en los trabajos de edición del *De revolutionibus*. Osiander no tardó en ser el blanco de las iras de los historiadores (una vez que se enteraron de su impostura, lo cual en algunos casos no tuvo lugar hasta el siglo XIX, por más que Kepler, Gassendi y otros lo hubieran venido aireando). Su "traición" era, no obstante, comprensible: Osiander habría obrado así movido por la mejor de las intenciones, a saber, evitar a Copérnico todo tipo de problemas con las ortodoxias católica y protestante.⁴

De hecho, la Iglesia era la primera defensora de la concepción instrumentalista o ficcionalista de las hipótesis astronómicas, puesto que de ese

⁴ Véanse los ensayos de Bruce Wrightsman, "Andreas Osiander's Contribution to the Copernican Achievement". En Robert S. Westman (ed.), *The Copernican Achievement*; Los Angeles, University of California Press, 1975; pp. 213-243; y Heiko A. Oberman, "Reformation and Revolution: Copernicus' Discovery in an Era of Change". En John E. Murdoch y Edith D. Sylla (ed.), *The Cultural Context of Medieval Learning*; Dordrecht, D. Reidel Publishing Company, 1975, pp. 397-435.

modo —definiendo la práctica de esta disciplina como un juego entre conjeturas meramente *probables*— se reservaba para sí toda la autoridad a la hora de determinar lo que era verdadero y lo que era falso. El ficcionalismo le proporcionaba la coartada perfecta para seguir arrogándose el derecho a interpretar el Libro de la Naturaleza (además del Libro de la Revelación). Por lo demás, las tesis enunciadas por Osiander no son en absoluto descabelladas, sino —muy por el contrario— maduras y sofisticadas desde determinados puntos de vista (como con tanto ahinco trató de demostrar el nada neutral Duhem). Y, en último término, esa concepción ficcionalista era la que imperaba en la época, de modo que no puede decirse que el teólogo luterano cometiese extravagancia alguna. En su *Sozient ta phainomena* Duhem aduce buen número de textos significativos de Bicard, Reymers, Piccolomini, Lefèvre d'Étaples, etc. (sobre los que no tiene sentido volver aquí), en los cuales se evidencia una decidida orientación ficcionalista. Así, pues, quizás lo único que en justicia puede reprochársele a Osiander es haber dado lugar a cierta confusión, habida cuenta de que Copérnico abogaba ciertamente por una astronomía realista (y aún así ha de decirse en su descargo que nunca pretendió que sus palabras pasaran por ser las del autor, pues se refiere a éste en tercera persona). Pero antes de pasar a examinar el pensamiento del propio Copérnico es preciso preguntarnos si esta caracterización del ficcionalismo se ajusta convenientemente a la realidad o es un mito historiográfico más (con la venia de Duhem).

III

Comencemos con unas palabras de Otto Neugebauer: “Se pueden comprender perfectamente los *Principia* sin tener un excesivo conocimiento de la astronomía anterior, pero no se puede leer un solo capítulo de Copérnico o de Kepler sin un conocimiento profundo del *Almagesto* de Ptolomeo.”⁵ Efectivamente, es así. Y, además, la única forma de apreciar cabalmente la significación de la revolución copernicana pasa por haber comprendido adecuadamente los rasgos definitorios del paradigma ptolemaico. De lo contrario, uno de los términos de la comparación estaría mal definido y la comparación en cuanto tal sería ociosa. En consecuencia, todo esfuerzo por clarificar la epistemología ptolemaica es poco y, desde luego, ha de ser bien recibido.

Habitualmente la doctrina del “salvar las apariencias” se remonta a la formulación del llamado “problema de Platón”, a saber, cómo explicar los fenómenos celestes en términos de movimientos circulares y regulares. No obstante, la atribución de este planteamiento a Platón es obra de

⁵ *The Exact Sciences in Antiquity*. Copenhagen, Ejnar Munksgaard, 1951, pp. 3-4.

Simplicio,⁶ al cual han seguido a pie juntillas todos los historiadores. Sólo muy recientemente Jürgen Mittelstrass puso en tela de juicio la información legada por Simplicio y sugirió la posibilidad de que el verdadero promotor del programa fuera Eudoxo.⁷ De lo que, sea como fuere, no cabe duda es de que las ideas de Platón al respecto no están —valga la paradoja— nada claras.⁸ En el Libro VII de la *República* había distinguido entre astronomía "aparente" y astronomía "real", lo cual —a primera vista— no deja de resultar sorprendente puesto que en la filosofía platónica parecería que la única posible es aquélla (dado que el único objeto accesible a nuestro conocimiento son los movimientos *observados* de los cuerpos celestes). En *Leyes*, VII, podemos hallar una pista que nos ayude a clarificar la situación: la llamada astronomía "aparente" tiene por único cometido la recolección de datos observacionales, mientras que la astronomía "real" los "reduce" a movimientos inteligibles por medio de los cuales trata de explicarlos (movimientos que, ocioso es decirlo, serán circulares y uniformes). En cualquier caso, interpretar esta definición resulta francamente difícil. Sería muy cómodo entender esta astronomía "real" en un sentido instrumental (en el sentido, pues, del programa cuya formulación históricamente se le atribuye), pero ello sólo puede hacerse a costa de olvidar algunas importantes peculiaridades del pensamiento platónico. Fue el propio Pierre Duhem quien insistió sobre este punto: si Platón se hubiese conformado con imaginar cualquier clase de hipótesis geométricas que "salvaran" los fenómenos, ¿por qué insiste tanto en los requisitos de circularidad y uniformidad?⁹ Efectivamente, se trataba de un dogma de raigambre pitagórica al que Platón no hace sino plegarse. Ahora bien, conforme a la gnoseología platónica, la observación sensorial únicamente revela las apariencias. Es preciso "reducir" ésta geoméricamente para poder aprehender las realidades permanentes que subyacen bajo los fenómenos cambiantes: corresponde a la razón "componer" los movimientos reales ocultos tras los cursos aparentemente complicados que se observan. No cabe duda de que éste no sería en modo alguno un programa ficcionista. En cualquier caso, la investigación sobre este punto sigue abierta y no conviene apresurarse en las conclusiones: lo que realmente importa para nuestro propósito no es, por lo demás, tanto lo que pensaba Platón como qué clase de influencia ejerció sobre la astronomía posterior.

⁶ *In Aristotelis quatuor libros de Coelo commentaria*, 2, 43-46.

⁷ A lo largo de todo su *Die Rettung des Phaänomena* y en "Phaenomena bene fundata", p. 48, trabajos ambos que han sido ya citados en la nota 2.

⁸ Véase al respecto Robert Palter, "An Approach to the History of Early Astronomy". En *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. I, núm. 2 (1970), pp. 93-13.

⁹ *Le système du monde*, vol. II, pp. 70-71.

La respuesta más sofisticada de toda la antigüedad al problema cinemático supuestamente formulado por Platón fue la de Claudio Ptolomeo, instaurador de un paradigma que alcanzaría hasta el siglo xvi. Las caracterizaciones usuales (con Duhem a la cabeza) insisten en que el gran astrónomo alejandrino sólo concedía a la astronomía una función pragmática: su objetivo sería *describir* y *predecir*, pero en modo alguno *demostrar*. Hoy en día las cosas no están ni mucho menos tan claras, especialmente a raíz de la consideración por parte de los historiadores del otro gran tratado astronómico de Ptolomeo: las *Hipótesis planetarias*.

Antes de referirme a esta obra creo pertinente esbozar algunos de los rasgos de la epistemología ptolemaica, rasgos que pueden servir de coordenadas incluso a la *Sintaxis matemática* o *Almagesto*. A diferencia de Aristóteles y en línea con Platón, Ptolomeo no cree posible un conocimiento verdadero y eterno de las cosas mutables y corruptibles. A su modo de ver, lo que caracteriza a la auténtica ciencia es la "investigación de un mundo que subsiste idéntico a lo largo de toda la eternidad".¹⁰ Por ello la astronomía, que se ocupa de los cuerpos celestes (perfectos, inmutables), constituye su campo de interés primordial en cuanto científico. Ptolomeo, como buen platónico, está convencido de que las cosas no son lo que parecen: la estructura real del universo se oculta a nuestros sentidos y únicamente cabe llegar a ella por medio de la razón. La distinción entre los fenómenos observables y las auténticas causas ocultas es corolario obligado. En último término, se trata de una concepción muy extendida entre los griegos, para quienes todo lo que realmente existe debe de ser inmutable, al tiempo que los fenómenos cambiantes se revelan meras apariencias. La tarea del astrónomo teórico queda, pues, claramente definida: "Por medio de un adecuado esfuerzo intelectual debe tratar de demostrar fuera de toda duda que hasta los más confusos y caóticos fenómenos celestes pueden ser explicados en términos de leyes invariables y ordenadas. En consecuencia, su objetivo será primeramente describir y formular tales leyes y luego demostrar que el fenómeno puede deducirse a partir de las mismas."¹¹ La profunda convicción en la racionalidad de lo real se encuentra a la base del quehacer ptolemaico.

Pero hay algo más. Incluso en la *Sintaxis matemática*, obra cumbre de la "astronomía matemática", encontramos determinadas condiciones restrictivas de carácter *físico* que nos obligan a replantear la tan traída y llevada dicotomía. En efecto, Ptolomeo no es un ficcionalista radical, sino que hace de determinados principios físicos la condición de aceptabilidad de las hipótesis astronómicas. Y no se trata ya únicamente de los

¹⁰ *Sintaxis matemática*, I, 1.

¹¹ Olaf Pedersen, *A Survey of the Almagest*. Odense, Odense University Press, 1974, p. 34.

requisitos de circularidad y uniformidad, puesto que a ellos se añaden algunos otros directamente emparentados con la física aristotélica (la Tierra ha de estar ubicada en el centro del universo, las estrellas fijas se emplazan en una esfera particular concéntrica a la Tierra, no existe el vacío en la naturaleza, etc.). No puede decirse, por tanto, que a Ptolomeo no le importara en absoluto la cuestión de la relevancia física de sus modelos geométricos; es cierto que la explicación de los movimientos planetarios se lleva a cabo desde una perspectiva puramente matemática, pero no lo es menos que en las *Hipótesis planetarias* se ofrece un correlato físico de los modelos geométricos de la *Sintaxis matemática* y se trata de justificar desde el punto de vista físico la teoría relativa a cada uno de los planetas (recuérdese que la concepción ptolemaica no constituye un auténtico *sistema*, sino que se dan explicaciones particulares para cada planeta). Así, pues, "no sólo no se da una separación absoluta entre las dos clases de astronomía que Ptolomeo considera posibles, sino que tal separación ni siquiera se considera deseable: para Ptolomeo, como después para muchos otros astrónomos, el objetivo último de la astronomía es construir un sistema que sea a la vez cuantitativamente exacto, simple y físicamente verdadero (o, al menos, físicamente plausible). Cuando más cerca estuvo de la formulación de tal sistema fue en los modelos de excéntricas y epiciclos descritos en el libro II de las *Hipótesis planetarias*".¹²

Las *Hipótesis planetarias* —acaso la última de las obras escritas por Ptolomeo—¹³ consta de dos libros, el segundo de los cuales se perdió en fecha temprana y únicamente se conservó en versiones árabes. Comoquiera que es en este segundo libro donde Ptolomeo ensaya su descripción física del universo, resultan claras las razones de su virtual desconocimiento en Occidente durante toda la Edad Media (frente a su extraordinaria difusión en el mundo islámico). En realidad, el sistema de esferas concéntricas se había introducido ya al final del libro I, pero curiosamente toda esta parte no fue recogida —por razones aún inexplicables— en la *editio princeps* de Heiberg.¹⁴ En la actualidad sabemos, pues, que Ptolomeo aspiraba también a describir la estructura física del universo y a determinar el orden y la distancia de todos los planetas (a fin de poder estimar ulteriormente las dimensiones del universo), diseñando para ello un mecanismo físico a caballo entre las concepciones

¹² Palter, *op. cit.*, p. 117.

¹³ De acuerdo con Otto Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy II*. Berlín-Heidelberg-New York, Springer Verlag, 1975, p. 901.

¹⁴ En *Opera astronomica minora*, ed. por J. L. Heiberg y L. Nix, Leipzig, Teubner, 1907.

aristotélicas y estoicas.¹⁵ Llegamos así a la conclusión de que Ptolomeo “no fue un mero astrónomo matemático interesado únicamente en la descripción de los movimientos celestes. Se sintió también obligado, como astrónomo, a dar cuenta de la estructura física del universo, combinando la tradicional concepción del mismo a base de esferas estrechamente adosadas con su propia teoría de los movimientos planetarios. Le corresponde de este modo un nuevo lugar en la historia de la astronomía, apuntándose a la conclusión de que las diferencias que habitualmente se observan entre una escuela matemática y una escuela física de astrónomos son menores de lo que hemos venido creyendo.”¹⁶

No significa esto, claro está, que no haya habido en la historia ningún conspicuo astrónomo ficcionalista, pero sí que las fronteras entre la astronomía matemática y la astronomía física no eran tan nítidas como se nos ha querido hacer ver. Por regla general lo que está en juego no es tanto una simple disyuntiva instrumentalismo/realismo como una cuestión que concierne al ideal de inteligibilidad teórica, esto es, un conflicto entre diversas formas de explicación de los fenómenos celestes (inteligibilidad matemática vs. inteligibilidad física), que no puede desvincularse en modo alguno de las situaciones problemáticas concretas que a cada autor le tocó vivir. En este sentido no es nada gratuito pensar que fueron las cada día más acuciantes exigencias astrológicas, náuticas, de reforma del calendario, etc., las que determinaron el desplazamiento del problema al puro conflicto entre predicción y explicación (instrumentalismo vs. realismo) en unos momentos en que —dada la situación del paradigma ptolemaico— la coherencia física redundaba en contra de la exactitud predictiva, y viceversa. Ello explica a su vez que los auténticos ficcionalistas (Reymers, Lefèbvre d’Etaples, etc.) aparezcan ya en una fecha tan tardía como es el Renacimiento, mientras que con anterioridad casi todos los casos resultan enormemente problemáticos y conflictivos. El instrumentalismo puro, entendido como opción metodológica, es una invención reciente (en los antiguos “instrumentalistas” encontramos más bien diversas aplicaciones del patrón retroductivo, dependientes de distintas opciones cosmológicas), a la cual no es ajena el creciente auge de un escepticismo “ilustrado” durante el Renacimiento. La distinción introducida en el seno del conocimiento científico por el llamado “instrumentalismo” antiguo entre una parte cierta (los principios) y otra meramente probable (las explicaciones particulares), frente a lo que sucede en el moderno instrumentalismo de carácter convencionalista, constituye una prueba inmejorable de que se trata de cosas distintas.

¹⁵ Véase Franz Boll, “Studien Über Claudius Ptolemäus”. En *Jahrbücher für klassische Philologie*, Suppl. Bd. 21 (1894), pp. 51-243.

¹⁶ Pedersen, *op. cit.*, p. 395.

IV

Por consiguiente, Copérnico no fue el primero en interesarse por la estructura física del universo, es decir, por su estructura "real". En cierto modo, y esto se ha repetido ya hasta la saciedad, el astrónomo polaco no pretendía sino poner en orden su disciplina desde la más pura ortodoxia aristotélica. Lo que le resultaba intolerable del ptolemaísmo de sus contemporáneos era su frivolidad a la hora de reinterpretar *ad hoc* sus teorías con vistas a salvaguardar el éxito predictivo. El objetivo (y el auténtico logro) de Copérnico es elaborar por fin un verdadero *sistema* del universo, y no ya un conglomerado de hipótesis particulares (satisfactorias desde el punto de vista predictivo, mas no así desde el explicativo). Con Copérnico la astronomía vuelve a hermanarse con la cosmología, de la que durante tanto tiempo había estado disociada en Occidente. Sin embargo, en los tiempos que corrían podía ser muy conveniente preservar ese hiato entre astronomía y cosmología. Eso era precisamente lo que Orsiaden había pretendido, intentando mitigar lo que de realmente nuevo había en la obra de Copérnico: una nueva cosmología (todo lo inmadura que se quiera: recuérdese que las teorías científicas no nacen hechas y derechas). Hasta entonces tan sólo se había dispuesto de una cosmología consistente —la geocéntrica o ptolemaica—, razón por la cual los astrónomos se habían concentrado en la teoría planetaria (único campo en que su "instrumentalismo" era considerado admisible), cuando no —como es el caso de buena parte de los astrónomos árabes— en la pura astronomía observacional. Ahora, a mediados del siglo xvi, eran ya dos las cosmologías en la palestra (la geocéntrica y la heliocéntrica): hubo tanto geocentristas cerriles como osados copernicanos, pero también surgió una interesante "tercera vía" conocida como "interpretación de Wittenberg".

Lo que caracteriza a ésta es su adopción de la teoría planetaria copernicana (con sus modelos y parámetros) como un conjunto de hipótesis auxiliares al servicio de la concepción geostática del universo.¹⁷ Se trataba, pues, de aprovechar las ventajas de los nuevos cálculos sin comprometerse con la cosmología subyacente a los mismos, vertiente pragmática que se beneficiaba —por lo demás— de una cobertura filosófica y bíblica que garantizaba su ortodoxia. Este era justamente el barniz que había querido dar Osiander al copernicanismo, estrategia que tras él siguieron astrónomos como Reinhold, Praetorius o Peucer. Interesante expresión de sus puntos de vista es la dedicatoria de este último al

¹⁷ Véase Robert S. Westman, "Three Responses to the Copernican Theory: Johannes Praetorius, Tycho Brahe, and Michael Maestlin". En R. S. Westman (ed.), *The Copernican Achievement*, *op. cit.*, p. 286.

Landgrave de Hesse en su obra *Hypotheses astronomicae seu theoriae planetarum* (1571), donde aboga simultáneamente por la prohibición de enseñar el heliocentrismo y la utilización indiscriminada de sus más ventajosos parámetros y modelos. En definitiva, pues, la obra de Copérnico no bastó en absoluto para imponer una concepción realista de las hipótesis astronómicas, ni menos aún para inaugurar una *physica coelestis*. ¿Dónde hay que buscar los orígenes de ésta? Puede responderse sin titubear: en Kepler. Ahora bien, ya hemos visto cómo incluso en Ptolomeo se da una clara inquietud en este sentido. Así, resulta preciso preguntarse por la suerte de los modelos físicos del universo en el periodo de tiempo que separa las *Hipótesis planetarias* de la *Astronomia nova*. Ello nos lleva necesariamente a examinar la astronomía islámica —precisamente la pieza que falta para recomponer nuestro cuadro—, si es que queremos definir finalmente la situación problemática con que se encontró Kepler.

V

En una ocasión George Sarton, uno de los padres de la historiografía de la ciencia, escribió: “La historia de la astronomía medieval es la historia de las ideas ptolemaicas y de la creciente disconformidad con ellas.”¹⁸ Hay mucho de cierto en sus palabras, pero si pensamos en la astronomía islámica se convierten en una verdad incuestionable.

Podemos datar la edad de oro de la ciencia islámica entre mediados del siglo VIII —con el nacimiento del califato abbasí— y el siglo XII. En el campo de la astronomía bien puede decirse, sin embargo, que el Islam siguió por delante de Europa hasta el siglo XV, gracias sobre todo a las actividades desarrolladas en torno a los observatorios de Marāgha y Samarcanda.¹⁹ El interés de los astrónomos islámicos por el ptolemaísmo surge también en los siglos VIII-IX, puesto que hasta entonces se habían preferido concepciones de raigambre hindú y sasánida (explicable acaso por el hecho de que los primeros astrónomos islámicos eran por lo general de extracción persa).²⁰ A partir de ese momento bien puede decirse que su importancia de cara al problema que nos ocupa resulta difícilmente exagerable.

¿Por qué entonces la astronomía árabe ha merecido tan escasa aten-

¹⁸ *Ancient Science and Modern Civilization*. Lincoln, University of Nebraska Press, 1954; se cita por la edición castellana *Ciencia antigua y civilización moderna*, México, Fondo de Cultura Económica, 1960, p. 82.

¹⁹ Véase a este respecto Aydin Sayili, “Islam and the Rise of Seventeenth Century Science”. En *Belletem*, vol. XXII, nº 87 (1958), pp. 356-357.

²⁰ Edward S. Kennedy, “The Arabic Heritage in the Exact Sciences”. En *Al-Abhath*, vol. XXIII, nº 1-4 (1970), p. 341.

ción? Para empezar, habría que tener en cuenta —como señala Edward S. Kennedy—²¹ las dificultades genéricas que presenta el estudio y la valoración de la ciencia islámica. Muchas obras se han perdido definitivamente; en el caso de al-Birūnī, por ejemplo, tan sólo se conserva un tercio de su producción, del cual sólo la mitad ha sido publicado. Además, los manuscritos se encuentran por lo común fuera de los países árabes, que serían en principio los más interesados en publicarlos como parte de su bagaje histórico y cultural; en el mundo occidental, sin embargo, el acceso a dichos manuscritos está forzosamente restringido —por razones de índole lingüística— al reducido gremio de los arabistas. Todas estas circunstancias han redundado en un innegable retraso en las investigaciones acerca de la ciencia islámica. Estas, cuando se han llevado a cabo (y Duhem no escapa a esta crítica), estaban orientadas a descubrir en los científicos árabes los precursores de uno u otro científico del medioevo latino o, sobre todo, renacentista. La óptica apropiada tendría que ser otra, tal y como sugiere A. I. Sabra: "El historiador de la ciencia islámica debería concentrarse más bien en el modo como fueron recibidos en el Islam los distintos elementos de la ciencia antigua y en los intentos de idear nuevas combinaciones de estos elementos, los cuales a su vez dieron lugar a nuevos problemas que requerían nuevas soluciones."²² Este es, en la medida de mis posibilidades, el enfoque que voy a adoptar aquí.

Pierre Duhem llamó justamente la atención sobre un curioso rasgo de la astronomía islámica: "La necesidad de discutir la naturaleza de las hipótesis astronómicas parece haberse desarrollado muy tarde en el espíritu de los astrónomos árabes. Durante mucho tiempo quienes estudiaron el *Almagesto* se limitaron a exponerlo, a resumirlo, a comentarlo, a construir tablas que permitiesen aplicar los principios, pero sin analizar en modo alguno el sentido y la naturaleza de los supuestos en que se basaba el sistema ptolemaico. En vano se buscará en los escritos de Abū-l-Wafā, de al-Farhānī o de al-Battānī la menor alusión al grado de realidad que conviene atribuir a las excéntricas y los epiciclos."²³ La reacción tendría lugar en los siglos XI y XII de la mano de los peripatéticos de al-Andalus (Ibn Bāġja, Ibn Ṭufayl, Ibn Rušd, Maimónides, al-Bītrūġī), todos ellos desengañados con el curso de la astronomía ptolemaica en razón de su conflicto con la física aristotélica.

Como ya se apuntó anteriormente, las *Hipótesis planetarias* de Pto-

²¹ Kennedy, *op. cit.*, p. 343.

²² Abdelhamid I. Sabra, "The History of Arabic Science: Prospects and Problems". En Ahmad Y. al-Hassan, Ghada Karmi y Nizar Namnun (eds.), *Proceedings of the First International Symposium for the History of Arabic Science*, Aleppo, University of Aleppo, 1978, vol. II, p. 136.

²³ *Le système du monde*, vol. II, p. 118.

lomeo gozaron de una amplia difusión en el mundo islámico. El contraste *prima facie* evidente entre el enfoque de esta obra y el del *Almagesto* constituía para los peripatéticos árabes un motivo de escándalo. Convencidos de que el astrónomo debía describir la estructura real del universo y de que los mecanismos de las *Hipótesis planetarias* no eran satisfactorios, se lanzaron a diseñar nuevos modelos físicos en la línea de las combinaciones de esferas engastadas que la tradición aristotélica había consagrado. En cuanto a los procedimientos de los llamados astrónomos matemáticos (excéntricas, epiciclos, ecuantas, etc.) eran tajantes: se trataba de constructos ficticios que no podían darse de hecho en los cielos. Este es también el punto de partida de Ibn al-Haytham, autor de una obra capital para la evolución de la astronomía realista: *al-Shukūk 'alā Baṭlamyus* (Objeciones a Ptolomeo).

En dicho tratado Ibn al-Haytham parte de un presupuesto fundamental: el movimiento de los cuerpos físicos reales sólo puede explicarse en función física real de los mismos (y no en base a constructos imaginarios). En su opinión Ptolomeo no sólo había fracasado en su búsqueda de esta ordenación del universo, sino que —llega a decir— acabó defendiendo públicamente una que él mismo sabía falsa: "(Ptolomeo) recopiló todo cuanto él mismo y sus predecesores habían verificado en relación a los movimientos de cada uno de los planetas. Buscó entonces una disposición que pudiera corresponder a los cuerpos sujetos a tales movimientos. Habiendo fracasado en su empeño supuso una ordenación ficticia en términos de líneas y círculos, a la cual se atribuían dichos movimientos (. . .) Por consiguiente, los mecanismos que para los cinco planetas supone Ptolomeo son falsos y él los postuló a sabiendas de que lo eran, en tanto que existe una verdadera disposición de los planetas que Ptolomeo no logró aprehender. Pues no puede haber un movimiento sensible, permanente y ordenado a menos que los cuerpos reales estén sujetos a un auténtico ordenamiento."²⁴ No es preciso entrar en los modelos del propio Ibn al-Haytham, pero sí merece la pena señalar algunas de las implicaciones de su toma de postura: ahora ya no se trataba de diseñar modelos físicos que se acomodasen a los movimientos descritos en la *Sintaxis matemática* (que era lo que se venía haciendo), sino más bien describir nuevos modelos que se correspondiesen mejor con la *realidad física*. Como muy bien ha señalado Abdelhamid Sabra en un ensayo fundamental,²⁵ *al-Shukūk 'alā Baṭlamyus* constituyó un

²⁴ *al-Shukūk 'alā Baṭlamyus*. Ed. por A. I. Sabra y N. Shehaby; El Cairo, The National Library Press, 1971, pp. 37-38 y 41-42.

²⁵ "An Eleventh-Century Refutation of Ptolemy's Planetary Theory". En Erna Hilfstein, Pawel Czartoryski y Frank D. Grande (eds.), *Science and History. Studies in Honor of Edward Rosen; Studia Copernicana*, XVI; Wrocław-Warszawa-Kraków-

poderoso revulsivo para todos los astrónomos árabes y, en especial, para los integrantes de la Escuela de Marāgha (Nasir al-Din al-Tūsī, Outb al-Din al-Shirāzī e Ibn al-Shātīr, principalmente), por más que éstos siguieran permaneciendo fieles al paradigma ptolemaico.

Esta breve singladura por la astronomía islámica debe de servir al menos para poner de relieve la existencia de un programa astronómico decididamente realista (aristotélico) con anterioridad a la aparición del *De revolutionibus*. No se trata, por supuesto, de restar méritos a Copérnico, pero sí de hacer justicia a un nutrido grupo de astrónomos islámicos —hasta hace muy poco prácticamente ignorados por los historiadores de la ciencia— que contribuyeron decisivamente a minar el paradigma ptolemaico o, cuanto menos, a revitalizar una orientación alternativa del trabajo del astrónomo, que en el Occidente latino casi había sido eclipsada y que, no obstante, muy pronto reaparecería bajo formas diversas.

Kepler podía haber optado cómodamente por la "interpretación de Wittenberg", pero decidió correr el riesgo de apostar por la orientación realista. Como él mismo reconociera en el comienzo mismo de su carrera,²⁶ las razones que le indujeron a adherirse al copernicanismo no fueron en absoluto de carácter matemático, sino más bien de carácter físico o —si se quiere— metafísico: "Para Kepler, había una diferencia física esencial entre un universo geocéntrico y un universo heliocéntrico; sólo en este último caso podría suministrar el Sol a todo el sistema planetario la fuerza motriz central. De ahí que creyera firmemente en la realidad del sistema copernicano."²⁷ Por primera vez en la historia de la astronomía —dejando al margen las especulaciones heliocéntricas de la antigüedad— el Sol es el centro *matemático* (en la descripción de los movimientos celestes), *físico* (pues mantiene incesantemente en movimiento a los planetas) y *metafísico* (como templo de la divinidad) del universo. Al reducir el *Sol medio* al *Sol real* (en la ley de áreas, por ejemplo, el punto de referencia es el propio Sol), Kepler inauguró un sistema que ya no sólo es *heliostático*, sino auténticamente *heliocéntrico*.²⁸

Al igual que Gilbert, Bruno o incluso Tycho Brahe, Kepler estuvo

Gdansk, Zklad Narodowy Imienia Ossolinskich-Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 1978, pp. 117-131.

²⁶ *Mysterium Cosmographicum*. En *Opera Omnia*, ed. por Christiaan Frisch; Frankfurt-Erlangen, Heyder & Zimmer, 1858-1871, I, 106.

²⁷ Owen Gingerich, "From Copernicus to Kepler: Heliocentrism as Model and as a Reality". En *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 117, nº 6 (1973), p. 521.

²⁸ Sobre este punto, véase Owen Gingerich, "The Mercury Theory from Antiquity to Kepler". En *Actes du XIIe Congrès International d'Histoire des Sciences*; Paris, Librairie Scientifique et Technique Albert Blanchard, 1971, vol. III A, p. 57.

inicialmente tentado por las antiguas concepciones animistas que tan en boga habían vuelto a estar en el Renacimiento. La idea de las almas o inteligencias motrices debida a Julius Caesar Scaliger le cautivó en un primer momento, pero no tardó en darse cuenta de que tal concepción era incompatible con su programa de búsqueda de las armonías matemáticas del universo (dado que sólo las causas físicas son susceptibles de ser medidas). Kepler explicaba así su decisión en una famosa carta a su amigo Herwart von Hohenburg, fechada el 10 de agosto de 1605: “Estoy muy atareado con la investigación de las causas físicas. Mi propósito es demostrar que la máquina celeste ha de ser comparada no a un organismo divino, sino más bien a un mecanismo de relojería.”²⁹ Dos años más tarde escribía a Georg Brengger: “En lugar de la teología celeste —es decir, de la metafísica de Aristóteles— expongo una filosofía —esto es, una física celeste.”³⁰ En 1609 apareció finalmente la *Astronomia nova*, obra en la que cristalizarían adecuadamente todos estos puntos de vista y que constituye el primer gran intento moderno de ofrecer una *física celeste*.

Kepler, naturalmente, se oponía a la presentación que de la astronomía de Copérnico había hecho Osiander (de hecho, no perdió ocasión alguna para denunciar su impostura) y así lo hizo saber en esta su gran obra: “Reconozco que pensar que puedan demostrarse los fenómenos de la naturaleza en base a causas falsas es la más absurda de las ficciones, pero esta ficción no se debe a Copérnico. Él pensaba que sus hipótesis eran verdaderas (...) Y no sólo lo pensaba, sino que demostró que así era. Como prueba de ello ofrezco esta obra.”³¹

El gran problema con que se enfrentaba Kepler en su intento de elaborar una física celeste era explicar *por qué* se movían los planetas. Fiel todavía a la dinámica aristotélica, el astrónomo alemán entendía la *inercia* como una inclinación natural al reposo (esto es, como resistencia al movimiento). Era, pues, necesaria una determinada fuerza motriz que contrarrestara la inercia de los cuerpos celestes y les permitiera girar en sus órbitas. Tal papel, como ya hemos dicho, le correspondía al Sol: “La fuerza que mueve a los planetas reside en el cuerpo del Sol.”³² Naturalmente no voy a entrar aquí en las particularidades del mecanismo ni, menos aún, en la laberíntica teoría de la gravitación perfeñada por Kepler, pero sí conviene insistir una vez más en las características que definen la empresa. Ya no basta con describir el funcionamiento de la

²⁹ *Opera Omnia*, II, p. 84.

³⁰ Carta del 4 de octubre de 1607; *Gesammelte Werke*, ed. por Max Caspar y W. von Dyck; München, C. H. Beck, 1938 y ss., XVI, p. 54.

³¹ *Astronomia nova*. En *Opera Omnia*, III, p. 136.

³² *Ibid.*, III, p. 300.

máquina de los cielos, sino que se aspira a un *conocimiento causal* de la misma: ése es el sentido de la física celeste. Como muy bien señalara Gerald Holton en su magistral ensayo sobre la física y la metafísica keplerianas, "el mundo físicamente real que define la naturaleza de las cosas es el mundo de los fenómenos explicables por medio de principios mecánicos".³³ La sentencia final llegará en el *Epitome Astronomiae Copernicanae*: "Toda la astronomía teórica es parte de la física."³⁴

Como era de esperar, los contemporáneos de Kepler no encajaron nada bien su programa (en un momento en que, además, la Iglesia había optado sin vacilaciones por el "osianderismo"). Apenas publicado el *Mysterium Cosmographicum* (1596), el rector de la Universidad de Tübingen, M. Haffenreffer, se había apresurado a escribir al autor y —con las Sagradas Escrituras en la mano— le había aconsejado "considerar las hipótesis de una manera puramente matemática, sin preocuparse de si corresponden o no a las cosas creadas".³⁵ Muy poco antes, en marzo de 1597, Michael Mästlin, profesor de matemáticas y astronomía en dicha Universidad, escribía a Kepler (que había sido discípulo suyo): "No rechazo esa especulación sobre almas y fuerzas motrices, pero me temo que no sería muy prudente llevarla demasiado lejos. Eso es precisamente en la forma como hacéis que la Luna se mueva. Temo realmente que, si se lleva hasta sus últimas consecuencias, tal punto de vista supondrá con toda seguridad la pérdida y la ruina de la astronomía."³⁶ El propio Mästlin, en una carta muy posterior (1 de octubre de 1616, cuando el programa de la *physica coelestis* había sido ya plenamente desarrollado), expondría nuevamente sus ideas al respecto: "Creo más bien que deberían dejarse al margen las causas físicas y que deberían explicarse las cuestiones astronómicas únicamente conforme al método astronómico, con la ayuda de hipótesis y causas astronómicas, más no así físicas".³⁷ A la vista de estos testimonios es fácil darse cuenta de cuáles fueron las razones que movieron a Kepler a ofrecer una justificación teórica de su actitud en la *Apologia Tychonis contra Nicolaum Ursum*.

Las raíces de esta obra no han de buscarse, sin embargo, en un plano puramente intelectual: fueron motivos bastante más mundanos los que aconsejaron a Kepler su redacción. Nicolai Reymers —conocido por el

³³ "Johannes Kepler's Universe: its Physics and Metaphysics". En *American Journal of Physics*, vol. 24, nº 5 (1956); citado por su reedición en *Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein*, Cambridge Mass., Harvard University Press, 1973, p. 78.

³⁴ *Gesammelte Werke*, IV, p. 251.

³⁵ Carta del 12 de abril de 1598. En *Gesammelte Werke*, XIII, p. 203.

³⁶ Carta de marzo de 1597. Citada por Richard Jarrell, "Mästlin's Place in Astronomy". En *Physis*, vol. XVII, nº 1-2 (1975), p. 19.

³⁷ Citado por Gerald Holton, *op. cit.*, p. 76.

sobrenombre de Raimarus Ursus— había plagiado en su *Fundamentum astronomicum* (1588) el sistema del mundo que ideara Tycho Brahe y que acababa de exponer en su obra *De mundi aetherei recentioribus Phaenomenis* (1588). Kepler escribió a Reymers desde Graz el 15 de noviembre de 1595 felicitándole por lo que creía su destreza matemática y comunicándole su teoría acerca de la correlación entre los sólidos geométricos platónicos y las distancias entre los diferentes planetas. Comoquiera que Tycho Brahe se aprestó a reivindicar sus méritos, el plagio salió a la luz pública y Kepler —deseando por encima de todo estar a bien con el astrónomo danés— se excusó ante éste y prometió redactar un escrito en su defensa. A la vergüenza de haberse equivocado en sus apreciaciones y la voluntad de reparar su error unió Kepler otros motivos estrictamente personales: el insaciable Reymers publicó en su *De astronomicis hypothesibus* (1597), sin permiso de su corresponsal, los resultados que éste le había comunicado en la mencionada carta. El opúsculo de Kepler quedó inacabado a raíz de las muertes de Reymers (1599) y Brahe (1601), con lo que la polémica quedaba fuera de lugar. Es fue la razón de que la obra restara prácticamente desconocida hasta su publicación en el siglo XIX en el marco de la primera edición de las obras completas de Kepler.

La *Apología* tiene, sin embargo, una extraordinaria importancia por cuanto constituye la mejor discusión acerca del *status* y el valor de las hipótesis astronómicas que cabe encontrar en la época (en especial su capítulo I, titulado *Quid sit hypothesis astronomica*). Kepler arremete contra el ficcionalismo de su rival y su *leit-motiv* se encuentra perfectamente recogido en unas palabras que, años después, hará figurar en el *Epitome*: “A los astrónomos no se les ha de conceder una licencia absoluta para fingir cualquier cosa que deseen sin disponer de una razón adecuada”,³⁸ puesto que —como ya se ha observado— la astronomía es una parte de la física y ha de estar sometida a sus exigencias. Desde el comienzo mismo del tratado, Kepler se opone frontalmente a la lúdica concepción de Reymers: las hipótesis no son meros juegos (cálculos) que el astrónomo pueda manejar a placer, sino que deben corresponderse con la naturaleza física de los fenómenos celestes. Así, leemos en dicho texto: “No es posible en astronomía que sea en todas partes verdadero aquello que se puede construir sobre la base de una hipótesis de partida falsa, y por eso es característico de las hipótesis (si queremos representarnos la idea de una hipótesis adecuada) el ser verdaderas en toda situación. No es, por tanto, digno de un astrónomo suponer deliberadamente hipótesis falsa o ingeniosamente inventadas a fin de demos-

³⁸ *Opera Omnia*, VI, pp. 120-121.

trar en virtud de las mismas los fenómenos celestes." ³⁹ Kepler ejemplifica en el caso del movimiento de la Luna la distinción entre las dos clases de hipótesis que utilizan los astrónomos: una primera hablaría de una órbita elíptica, en tanto que el otro tipo de hipótesis lo explicaría por medio de la combinación de varios movimientos circulares. Aquélla es una hipótesis física, pues describe el movimiento *real* de la Luna; ésta es, por el contrario, una mera hipótesis matemática. Lo cual —para Kepler— significa que es un mero instrumento de cálculo, una aproximación útil, pero no una auténtica hipótesis.⁴⁰ Aunque dos hipótesis astronómicas puedan ser matemáticamente equivalentes, nunca lo serán si se las contrasta debidamente con la realidad; tendrán siempre consecuencias físicas diferentes y, por lo tanto, será posible en todo momento una contrastación crucial. Elegir una hipótesis no es elegir una ficción, sino algo que pretende corresponderse con la realidad física.

VII

Galileo abrazó de inmediato la idea de que no había motivo alguno para que la astronomía fuera tratada, en el plano epistemológico, de manera diferente a las otras ciencias. Podría parecer que, luego de la brillante labor de Kepler, apenas restarían obstáculos en el camino del científico italiano. Nada de esto: si bien es cierto que la mayor parte de los argumentos teóricos estaban ya sobre la palestra, no lo es menos que en la práctica eran aún muy fuertes las reticencias a aceptar la verdad física del copernicanismo (como resultado inmediato del triunfo de la orientación realista). Paradójicamente, la situación se había agravado: la obra magna de Copérnico apenas había despertado sospechas en su momento (y no sólo por el prefacio de Osiander), en tanto que ahora sí lo hacía y acabaría engrosando las páginas del *Indice de Libros Prohibidos* en 1616 (gracias a la inestimable colaboración del propio Galileo). La reacción eclesiástica era cada vez más severa y diríase que el autor del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* sólo por verdadero milagro logró eludir la suerte, realmente nefasta, de Giordano Bruno.

La historia de la condena de Galileo es tan conocida que parece más que excusable evitar reproducirla por enésima vez. Acaso lo único que convenga resaltar sea el hecho de que la Iglesia (en cuyo seno los jesuitas tendían progresivamente a adoptar el sistema de Tycho Brahe, frente a la total intransigencia de los dominicos) optase por disuadir a Galileo de presentar la cosmovisión copernicana como una descripción ver-

³⁹ *Opera Omnia*, I, p. 241.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 246.

dadera del universo. Así, el cardenal Bellarmino le recomendó en diversas ocasiones no traspasar el ámbito de lo hipotético, dentro del cual nada tendría que temer de la Santa Sede. Entendido como un mero instrumento predictivo (como un artilugio técnico para el cálculo posicional) y no como una descripción verosímil del universo, el sistema copernicano podía esquivar sin dificultad los desacuerdos evidentes con ciertos pasajes bíblicos. Galileo no podía dar un paso en falso y así encontramos su *Diálogo* salpicado de inoportunos incisos en donde se ve obligado a insistir en el carácter puramente hipotético del sistema heliocéntrico. Pero de nada le sirvió el subterfugio: sus opiniones eran demasiado bien conocidas como para pretender camuflarlas. Por lo demás, esto era algo que a la postre un individuo del temperamento de Galileo no podría soportar. Convencido como estaba de la verdad de su sistema, pedirle que callara era perseguir un imposible.

El texto clave para poder comprender cabalmente la posición de Galileo con respecto al problema de la equivalencia de las hipótesis astronómicas jamás llegó a ser publicado en la época. Favaro lo recogió al proceder a la edición de las obras galileanas y le puso por título *Considerazioni circa l'opinione copernicana* puesto que el original no tenía ninguno. Se trata de un breve texto compuesto en abril o mayo de 1615 como respuesta a la carta de Bellarmino al padre Foscarini donde aconsejaba a éste y a Galileo contentarse con hablar *ex suppositione*.

Maurice Clavelin ha visto muy bien cómo la idea que preside todas las reflexiones de Galileo en las *Considerazioni* es que la aceptación de la equivalencia de las hipótesis supondría renunciar al derecho de determinar lo que es verdadero y lo que es falso en la ciencia.⁴¹ Además, significaría renunciar a un auténtico ideal explicativo. Al igual que Kepler, Galileo es plenamente consciente de la diferencia entre el astrónomo matemático y el astrónomo filósofo (vale decir, entre la concepción de la astronomía como una empresa cuyo fin es salvar las apariencias y un enfoque realista de la misma). Coincide también con él en su interpretación del proceder de Copérnico, quien —fuera de toda duda— aspiraba a ofrecer el sistema *verdadero* del universo y no una mera descripción ventajosa. La hipótesis copernicana, como dirá Galileo en uno de sus textos más explícitos,⁴² no se introdujo para satisfacer al astrónomo, sino plegándose a la necesidad de la propia naturaleza.

Leyendo atentamente las *Considerazioni circa l'opinione copernicana*

⁴¹ "Galilée et le refus de l'équivalence des hypothèses". En *Revue d'Histoire des Sciences*, vol. XVII (1964); se cita por su reimpresión en la obra colectiva *Galilée. Aspects de sa vie et de son oeuvre*, Paris, Presses Universitaires de France, 1968, pp. 151-152.

⁴² *Le Opere di Galileo Galilei*, ed. por Antonio Favaro; Firenze, S.A.G. Barbera Editore, 1890-1909, V, p. 335.

podemos darnos cuenta de que el rechazo del ficcionalismo por parte de su autor deriva de una actitud totalmente consciente. No se trata de rechazarlo indirectamente y en la misma medida en que, de forma paralela, se acepta el copernicanismo. Su actitud responde a una intencionalidad filosófica muy precisa, coherente por lo demás con su concepción de la ciencia. Galileo era consciente de que el heliocentrismo no era una simple hipótesis de recambio, sino que definía una cosmología completamente diferente. Clavelin, sintetizando el espíritu del texto galileano, ha apuntado: "La diferencia entre el sistema copernicano y el ptolemaico no es la existente entre dos *artificios* destinados a salvar los fenómenos celestes, sino más bien entre dos *cosmologías*, es decir, dos filosofías naturales irreconciliables en razón misma de sus supuestos básicos." ⁴³ La revolución copernicana fue también una revolución epistemológica, por medio de la cual quedó definido un (nuevo) patrón de racionalidad científica que habría de imponerse en los años sucesivos. Podemos, pues, suscribir la justa conclusión de Laudan: "El debate sobre las pretensiones de verdad de la astronomía, aunque extremadamente importante de por sí, fue sólo el preludio de una discusión mucho más amplia acerca de problemas metacientíficos generales que pronto iba a seguirle." ⁴⁴ En efecto, la polémica sobre el "salvar las apariencias" —con el triunfo a la postre de la opción realista— supuso en los albores de la modernidad, en los orígenes de la Revolución Científica, el primer gran cuestionamiento de las viejas tradiciones metodológicas legadas por la antigüedad. Fue, por así decir, el primer aldabonazo contra esa tan extendida fe ciega en la autoridad que por mucho tiempo había constituido el gran obstáculo para el progreso científico.

⁴³ Clavelin, *op. cit.*, p. 146.

⁴⁴ Laurens Laudan, "Theories of Scientific Method from Plato to Mach: A Bibliographical Review". En *History of Science*, vol. 7 (1968), p. 19.