

LOS COMETAS CONTRA COPERNICO: BRAHE, GALILEO Y LOS JESUITAS† (Comets against Copernicus: Brahe, Galileo, and the Jesuits)

Carlos SOLIS*

Manuscrito recibido: 2000.3.12.

Versión final: 2001.3.9.

* Departamento de Lógica, Facultad de Filosofía, UNED, Senda del Rey s/n, 28040 Madrid. E-mail: csolis@fsof.uned.es

BIBLID [0495-4548 (2001) 16: 41; p. 353-385]

RESUMEN: Brahe creía que su teoría sobre los cometas refutaba el copernicanismo. Analizamos el argumento y mostramos que ningún sistema existente podía acomodarlos. Tras el decreto anticopernicano de 1616, muchos jesuitas que rechazaban a Ptolomeo e incluso coqueteaban con Copérnico se vieron obligados a abrazar el sistema de Brahe. La discusión de los cometas de 1618 permitía a los jesuitas reforzar a Brahe en un momento en que Galileo no podía defender el copernicanismo. La disputa de los cometas se examina bajo esta luz y se conjetura la orientación pro-Brahe de las censuras del *Diálogo* de Galileo.

Descriptores: cometas, cosmología, astronomía, copernicanismo, Galileo, Brahe, jesuitas.

ABSTRACT: *It was Brahe's belief that the motion of comets refuted Copernicus' system and complied with his own. His argument is analyzed to show that neither could explain their motion. After the anti-copernican decree of 1616 quite a few Jesuits that rejected Ptolemy and even courted Copernicus were bound to accept Brahe's system. The appearance of comets in 1618 allowed the Jesuits to describe them and support Brahe, while Galileo could not treat them in copernican terms. So he crossed them off. The comets war is seen under this light and the pro-Brahe bias in the censorship of the Dialogo is strongly conjectured.*

Keywords: *comets, cosmology, astronomy, copernicanism, Galileo, Brahe, Jesuits.*

SUMARIO

1. Tycho Brahe y el uso de los cometas contra Copérnico
 2. Los hijos de la noche
 3. Galileo maniatado
 4. La polémica de los cometas
 5. El hombre invisible y el mutis de los cometas
- Bibliografía

En ocasiones, los argumentos observacionales pueden ser prácticamente incontrovertibles. Por ejemplo, la observación de las fases de Venus refutó la ordenación ptolemaica, según la cual no se podría ver Venus no ya lleno, sino ni siquiera en los cuartos. Otras veces, las observaciones se pueden ata-

car mediante hipótesis auxiliares, que si son ad hoc no tienen mucha fuerza. Eso ocurrió cuando C. Clavio S.J. reinterpretó el relieve lunar como mera apariencia porque las montañas están dentro de una especie de plastificado invisible que hace que la superficie lunar sea "realmente" lisa y esférica. Otras veces no son ad hoc, como cuando C. Scheiner, S.J. interpretó las manchas solares como astros interpuestos. En este caso Galileo hubo de refutarlo mostrando que el movimiento de las manchas sigue la ley de los senoversos, por lo que han de estar en la superficie del Sol.¹

Sin embargo, en otras ocasiones los datos son difíciles de interpretar. Eso ocurrió con los cometas en una época en que no se sabía gran cosa de física celeste e incluso se ignoraba a ciencia cierta la disposición de los astros en nuestro sistema solar. En tales casos la interpretación estaba íntimamente ligada a suposiciones teóricas muy discutibles (como los sistemas de C. Ptolomeo, N. Copérnico y Tycho Brahe, la dinámica celeste o la física atmosférica), por lo que era imposible alcanzar una decisión razonable unánime. Si además una de las partes amenaza a la otra con la cárcel, debemos estar dispuestos a contemplar cómo los argumentos científicos (observacionales y matemáticos) se mezclan esencialmente con intereses personales, ideológicos, religiosos y políticos de todo tipo.

Mi propósito es ofrecer una exposición de los argumentos científicos e ideológicos presentes en la discusión sobre la cosmología de Copérnico y Brahe en relación con los cometas. En 1616, tras una primera fase favorable a Galileo, los jesuitas cerraron filas en torno a Brahe por motivos ideológicos, apoyándose en argumentos astronómicos extraídos de los cometas. A principios de 1610, Galileo había publicado *La gaceta sideral* en la que mostraba las montañas lunares, los satélites de Júpiter y otros fenómenos que minaban seriamente la cosmología aristotélico-ptolemaica; y a finales de año observó las fases de Venus que mostraban definitivamente la falsedad del sistema ptolemaico, dado que el planeta tenía que girar en torno del Sol y no de la Tierra (cf. P. Palmieri 2001). Del 29 de Marzo al 3 de Junio de 1611, Galileo estuvo en Roma, donde se entrevistó con el viejo astrónomo jesuita C. Clavio. Tanto él como sus *jóvenes turcos*, O. van Maelcote, C. Grienberger y G.P. Lembo informaron al cardenal R. Bellarmino S.J. de la corrección de las observaciones de Galileo. Los jesuitas del Collegio Romano lo homenajearon en un acto en el que Maelcote pronunció un discurso en alabanza de *La gaceta sideral*. Galileo habló también con Bellarmino sobre astronomía copernicana. Los jesuitas del Collegio, actuando como astrónomos competentes, se inclinaban por el rechazo de la vieja cosmología ptolemaica y dudaban entre Tycho y Copérnico. Poco

después de la vuelta de Galileo a Florencia, las dudas comenzaron a disiparse. El 23 de Julio de ese mismo año, recibió una carta de G. Ludovico Ramponi en la que le advertía de la difusión de un argumento anticopernicano de Tycho Brahe derivado de los cometas:

Esto es, que se han visto cometas en la oposición al Sol, pero no tan distantes como las estrellas fijas como para verse libres de las pasiones de los tres [planetas] superiores, y a pesar de ello no se han visto sometidos a ellas, como dice en el primer libro de las Epístolas, fol. 149.²

Tras la condena del copernicanismo en 1616, muchos fundamentalistas católicos adoptaron el sistema de Tycho que no chocaba con la idea anti-intuitiva de que la Tierra se mueve ni con las Escrituras. El argumento anticopernicano de los cometas fue entonces muy mentado. Aparece, por ejemplo, en la refutación del movimiento de la Tierra de F. Ingoli.³ Brahe y su teoría de los cometas aparecían como la refutación del copernicanismo, una vez que los descubrimientos astronómicos de Galileo demostraran la falsedad del esquema ptolemaico. ¿Cuál era el problema con los cometas?

A mediados del siglo XVI los cometas eran fenómenos efímeros y evanescentes, visibles durante unas pocas semanas. Eran de dudosa consistencia, pues a través de sus cabelleras y colas se veían las estrellas. En realidad eran muy distintos de los eternos y regulares cuerpos celestes, por lo que se consideraban fenómenos meteorológicos en la atmósfera. Aunque cerca de la mitad de ellos poseen órbitas elípticas y pueden retornar, de hecho muchos se deshacen antes, se perturban y salen hacia los confines del sistema solar o sencillamente poseen períodos largos (de más de 200 años) que tornan difícil su identificación. Además, aunque la mayoría presentan inclinaciones entre 0° y 20°, muchos las tienen de hasta 40°, pudiendo llegar incluso a los 180°. Los más cercanos pueden entrar en la corona solar, mientras que los más lejanos tienen el perihelio hacia la órbita de Júpiter, por lo que eran muy difíciles de ver antes del perfeccionamiento de los telescopios. Por más que Séneca especulase sobre su pervivencia como objetos celestes, de hecho sólo cuando E. Halley dispuso de la teoría gravitatoria newtoniana, fue capaz de conjeturar en 1705 la periodicidad del cometa que lleva su nombre. Pero en el período que nos ocupa, de mediados del XVI a mediados del XVII, los cometas seguían siendo objetos inusuales muy distintos de los cuerpos celestes estables y recurrentes de los que se ocupaba la astronomía.

Por todo ello, fue una audacia que los astrónomos estudiaran el de 1577 con las técnicas astronómicas aplicadas a los planetas. Antes, en 1572, Bra-

he había observado una *nova* sin paralaje y dedujo que debía estar cerca de las estrellas fijas. La aceptación de que se pueden engendrar cuerpos o fenómenos efímeros en los cielos debió animar a considerar a los cometas como objetos celestes, lo que se vio facilitado porque no se conseguía medir paralajes sensibles, lo que indicaba que estaban más lejos que la Luna, cuya paralaje es de casi un grado.

M. Maestlin y T. Brahe fueron dos de los principales astrónomos que ensayaron la construcción de una teórica para el cometa de 1577 como si fuese un cuerpo celeste más. Maestlin lo hizo desde la teoría copernicana y Brahe (1588), desde su sistema geocéntrico en el que los planetas giran al derredor de un Sol que circula en torno a la Tierra estática. Ambos sistemas son *en principio* equivalentes por lo que respecta a las direcciones en que se ven los astros. Pero Brahe desarrolló un argumento contra C. Ptolomeo (basado en un error) y otro contra N. Copérnico basado en los cometas.

En primer lugar, examinaremos el argumento de Tycho Brahe extraído de los cometas. Veremos luego el uso de Brahe como arma contra el copernicanismo en un contexto en que no había libertad de investigación, y atenderemos a las estrategias de Galileo para contrarrestar la crítica. Después de 1616, enfrentar a Copérnico con Ptolomeo era algo desfasado. Entonces la disputa se establecía entre Copérnico y Brahe, por lo que criticar a Ptolomeo era alancear a moro muerto. Terminaremos explicando las deformaciones que la Iglesia, jaleada por algunos jesuitas, impuso a los planes científicos de Galileo en el *Diálogo*, especialmente la ocultación de sus argumentos contra Brahe.

1. Tycho Brahe y el uso de los cometas contra Copérnico

Es curioso que los cometas intervinieran en la discusión entre copernicanismo y geocentrismo porque Copérnico no dice casi nada sobre ellos. Como veremos, la clave está en un comentario de Brahe a C. Rothmann de 1589, ampliamente citado por los anti-copernicanos en Italia. Copérnico consideraba, a la manera tradicional aristotélica, que los cometas eran fenómenos meteorológicos efímeros situados en la atmósfera alta de la Tierra. Frente a los argumentos contra el movimiento terrestre, señalaba que del mismo modo que el navegante que sale de puerto ve retroceder las ciudades, cuando es él quien se mueve, los astrónomos creen ver girar diariamente a las estrellas, cuando en realidad gira nuestra Tierra. De la rotación terrestre no se siguen efectos mecánicos porque el agua y el aire giran también con ella. Sin embargo, la parte alta del aire, muy alejada de la

Tierra, pierde su giro y por eso los cometas *salen* y se *ponen* como las estrellas.⁴

Desde comienzos del XVI hasta el cometa de 1577, con algunas excepciones como las de J. Pena y G. Cardano, los cometas siguieron considerándose como fenómenos elementales, esto es, no celestes, sino de la esfera sublunar de los "cuatro elementos" (cf. Jervis 1985, pp. 121-123 y Lerner 1997, II, p. 39 y sig.). Mas a pesar de ello, los astrónomos comenzaron a estudiarlos y a aplicarles sus técnicas. Por ejemplo, G. Peurbach aprovechó el cometa de 1456 (uno de los pasos del Halley) para hacer la primera determinación de la distancia mediante la medición de la paralaje y la estimación de la altura de la esfera de fuego (responsable de incendiar las exhalaciones terrestres que constituyen los cometas).⁵ Regiomontano escribió un tratado explicando teóricamente los procedimientos para medir la paralaje y la posición, y en otro tratado que se le atribuyó, se estudia el de 1472, cuya paralaje inferior a 6° lleva a suponer una altura de unos 9 radios terrestres, lo que lo sitúa en la región del aire y no en la del fuego.⁶ La imprecisión de estas mediciones puede calibrarse considerando que J. Vögelin midió en el cometa de 1532 una paralaje más de 10.000 veces superior a la real, lo que ponía al cometa aproximadamente a un radio terrestre, en concordancia con Regiomontano, y no en la región de los astros.⁷

De Noviembre de 1577 a Enero de 1578 se avistó un cometa espectacular por su brillo tras pasar a finales de Octubre por el perihelio a 0,18 UA del Sol, menos de la mitad de la distancia de Mercurio, cuya órbita posee un semieje mayor de 0,38 UA. Alcanzó el perigeo casi una quincena más tarde, a 0,63 UA de la Tierra. Las mediciones de la paralaje mostraron que estaba muy por encima de la Luna, que se halla a una media de unas 0,0025 UA. Muchos lo observaron y escribieron sobre él, el primero de los cuales fue M. Maestlin.⁸ Apoyándose en mediciones que daban una paralaje imperceptible y en la noticia de que Abû Ma'shar (a mediados del siglo IX) había situado un cometa por encima de Venus, rompió con la concepción meteorológica tradicional y consideró a los cometas como cuerpos celestes objeto de la astronomía de posición tradicional. En el capítulo VII de su tratado, Maestlin estudió su órbita bajo la hipótesis heliocéntrica de Copérnico y en el siguiente, estableció una órbita circular, circunso-lar y excéntrica como la de Venus, en cuyo orbe se encuentra.⁹ Un pequeño epiciclo daba cuenta de las desviaciones del movimiento circular y uniforme.

La audacia de M. Maestlin fue grande, no sólo por conjeturar un modelo astronómico heliocéntrico para un cometa observado en una pequeña par-

te de su trayectoria, sino por dar cabida en la astronomía y en los cielos a objetos de origen ignoto, inestables y efímeros, que no duran a lo sumo más de dos o tres meses.¹⁰ Pero mientras duran, se mueven como los planetas por un orbe copernicano. Según lo interpreta Brahe, los cometas se generan milagrosamente en los cielos y durante su efímera existencia se ven arrastrados por el orbe etéreo en que aparecieron: Maestlin "busca entre las hipótesis de Copérnico un orbe hacia la esfera de Venus que rijan para las latitudes" y "afirma que este cometa se halla fijado en él, merced a lo cual gira siguiendo los signos".¹¹

El enfoque de Tycho en el inédito *De cometa* (1578) es similar al de Maestlin: los cometas son fenómenos efímeros, pero celestes¹² y debe hacerse una teórica de su movimiento con las herramientas geométricas del astrónomo. La diferencia fundamental de estos dos primeros tratamientos astronómicos del cometa estriba en el copernicanismo del que parte Maestlin y al que se opone Brahe por razones bíblicas y físicas contra el movimiento terrestre. Eso lo conducirá a tantear el sistema circunsolar de Marciano Capella (el de Heráclides) para los planetas interiores y el cometa; pero dado que estos cuerpos cortan el orbe circunterrestre del Sol, lo usa de modo no realista. Según señalará más tarde en una carta a C. Peucer,¹³ cuando se le ocurrió su sistema creía en la realidad de los orbes, por lo que no lo aceptaba en serio. Sin embargo, tras estudiar los cometas de 1580 y 1585, se convenció de que no existen tales orbes y de que los astros giran por *ciencia innata (connata)* o *infusa (indita)* por Dios desde el principio en un medio no resistente siguiendo órbitas puramente geométricas. Entonces se decidió a proponer su nuevo sistema del mundo, anunciado precisamente en el tratado que publicó en 1588 sobre el cometa de 1577-78.

Este paso de Brahe se vio facilitado debido a que los orbes celestes se habían "licuado" por influencia de tres corrientes: a) la neoplatónica, según la cual el cielo ígneo no estaba dividido en esferas; b) el escepticismo antiaristotélico que consideraba los cielos de una materia aérea por la que vuelan los astros como las aves, y que se retrotrae a C. Ptolomeo,¹⁴ y c) la interpretación sacra acorde con las Escrituras en las que los cielos son de materia elemental, lo que da pie a Bellarmino para defender, en las *Lectioes* de 1570, unos cielos fluidos en los que los astros nadan como peces o vuelan como aves.¹⁵ Esta última idea, rechazada por el astrónomo jesuita C. Clavio por ser compatible con cualquier cosa que ocurra, se convertirá por obra de Brahe y la reacción contra el copernicanismo de Galileo en una tesis respetable.¹⁶

La tesis del carácter anticopernicano de los cometas es una construcción de Brahe, responsable también en gran medida de atribuir a los astrónomos la creencia (anteriormente suya) en orbes sólidos e impenetrables, a fin de resaltar su conversión a los cielos fluidos en los que se mueven libremente los planetas. Aunque Copérnico no se aparta de la visión tradicional de los cometas y no ofrece modelos astronómicos de su movimiento, Brahe interpreta que la concepción copernicana es la de Maestlin: los cometas se generan misteriosamente en la materia celeste y mientras duran se ven arrastrados por uno de los orbes planetarios pre-existentes en el cielo. Para Maestlin, el de 1577 gira fijado en un orbe próximo a Venus, con una pequeña libración en el diámetro de un epiciclo al modo del mecanismo utilizado por Copérnico para Mercurio. Pero, según Brahe, esta teórica no sólo no da cuenta de los movimientos del cometa, sino que se basa en suposiciones falsas, pues "en realidad no hay orbe alguno en los cielos", con lo que Maestlin "parece tomarse en vano el trabajo de hallar el orbe realmente existente al que se halla fijado el cometa, de manera que gire con él", sin mencionar el hecho de que en el caso de otros cometas posteriores muy lejanos "no se puede demostrar de ninguna manera que sigan el movimiento de algún orbe" (1588, p. 265 y sig.).

La idea de Brahe es que el copernicanismo debe explicar los cometas como fenómenos transitorios arrastrados por uno de los orbes planetarios de Copérnico, con lo que los cometas deberían comportarse como los planetas. Por ejemplo, los que se hallan opuestos al Sol habrían de mostrar los fenómenos de retrogradación que presentan los planetas exteriores en la oposición. El de Octubre-Diciembre de 1580, sin embargo, apareció en Piscis cerca de la oposición y se movió de manera retrógrada por un arco de más de 120° hacia la conjunción en Sagitario, conducta muy distinta de la que ofrecen los planetas superiores, entre los que lo sitúa el propio Maestlin. Comenta Brahe: "Así pues, pregunto, ¿cuál se hallará entre todos los orbes del cielo que le otorgue su movimiento retrógrado a través de cuatro signos con tanta constancia y proporción?". No es posible hallarlo, sea que recurramos a epiciclos (al modo ptolemaico) o al movimiento anual de la Tierra (al modo de Copérnico);

por más que Maestlin no dude en afirmar en ese mismo escrito que este cometa ha seguido el movimiento de un cierto orbe determinado (...), me gustaría mucho que lo demostrara en lugar de limitarse a enunciarlo. Yo razonablemente no entiendo en absoluto cuál podría ser ese orbe que tendría algo en común con el curso de los planetas, mostrando a pesar de ello un movimiento cometario distinto de los que existen por todo el cielo (1588, p. 266 y sig.).

Si es difícil aceptar algunos mecanismos copernicanos para los planetas, como la libración en el diámetro del epiciclo, más aún lo será para los cometas, que siendo efímeros, no van a ser creados con orbes y epiciclos propios, por lo que deberían ajustarse a alguno de los orbes planetarios preexistentes desde la creación de los astros eternos (1588, p. 268 y sig.).

La alternativa de Brahe (vetada según él a los copernicanos) es afirmar que "este cometa no seguía en absoluto el movimiento de un determinado orbe, sino que más bien se veía movido libremente por una ciencia propia del movimiento, innata y natural, por el éter muy líquido" (1588, p. 267). Este argumento anti-copernicano de Brahe sólo es plausible si se estima que el heliocentrismo va necesariamente ligado a la creencia en que los cielos están ocupados por los orbes de las teóricas de Copérnico para los planetas, de manera que los cometas deban seguir el movimiento fundamental del alguno de ellos.

Con todo, este argumento conoció su minuto de gloria en Italia tras la condena del copernicanismo de 1616 bajo la forma que aparece en la mencionada carta de Brahe a Rothmann.¹⁷ Tras insistir en que hay un único cielo desde la Luna hasta las estrellas, por el que se mueven libremente los planetas,¹⁸ justifica la propuesta de su sistema porque tanto el ptolemaico como el copernicano están refutados. El primero, porque en 1582 observó que Marte acrónico (en la oposición) estaba más cerca de la Tierra que el Sol, lo que es incompatible con el esquema ptolemaico, aunque no con el suyo.¹⁹ El segundo, porque los cometas lejanos, aunque no tanto como las fijas, cuando se hallan en oposición, deberían reflejar el movimiento de la Tierra y retrogradar como los planetas, cosa que no hacen.²⁰ Por ejemplo, aunque el cometa de 1580 apareció en la oposición y retrogradó hacia la conjunción, el de 1585 se vio siempre en la oposición con movimiento directo.

Dado que, en el sistema copernicano, un cuerpo circunsolar directo exterior a la Tierra (y por ende con una velocidad menor) se ve retrógrado en la oposición por efecto del adelantamiento interno de la Tierra, el cometa de 1585 plantea un problema al sistema de Copérnico. Pero lo mismo ocurriría con el sistema de Brahe, aunque en este caso es el movimiento solar el que debe sumarse al propio del cometa; por eso también Marte, por ejemplo, retrograda en la oposición. Por tanto Brahe concede a su sistema libertades que no permite a Copérnico; concretamente, renunciar a la idea de que la velocidad disminuye con la lejanía del Sol. La "superioridad" de Brahe deriva sencillamente de su renuncia a desentrañar las razones físicas de las descripciones matemáticas de la astronomía.

Así pues, el argumento anticopernicano es convincente si se acepta la interpretación según la cual los copernicanos se ven constreñidos a sostener que los cometas han de girar con el orbe planetario en que se han generado transitoriamente; pero no lo es si se adopta un heliocentrismo con cielos fluidos y planetas automovidos con libertad, como los suyos, lo que entraña abandonar la dependencia dinámica de la distancia al Sol revelada por el aumento del período. Ahora bien, aunque Galileo podía renunciar a las esferas sólidas, no estaba dispuesto a abandonar el significado dinámico de las armonías copernicanas.

En efecto, aunque consideraba a los cielos de naturaleza aérea y negaba la realidad física de los orbes de la astronomía tradicional,²¹ con todo creía que los cuerpos de nuestro sistema estaban ligados al Sol según las armonías copernicanas, por lo que deberían girar en el mismo sentido y con períodos decrecientes con la distancia. (El problema, antes de Halley y Newton, es que nadie imaginaba órbitas elípticas muy excéntricas que permitiesen someter a los cometas a la fuerza solar en función de la distancia.) Obviamente, como objetaba Clavio, la idea de los cielos fluidos con astros inteligentes y libres como aves deja total libertad a la descripción matemática sin restricciones físicas. Desde una filosofía natural diferente iniciada por Copérnico, tanto Galileo como Kepler y Newton pretendían conectar la descripción geométrica con su explicación dinámica.

Recapitemos el argumento de Brahe. En el sistema copernicano, todo cuerpo circunsolar visto desde una Tierra con movimiento anual debe mostrar un movimiento aparente que es la suma del movimiento propio y del de la Tierra. Los cuerpos más alejados del Sol que la Tierra, dado que giran con una velocidad angular menor que la de ésta,²² cuando están en la oposición, deben retrasar y aun invertir su movimiento (retrogradación). Esto mismo ocurre en el sistema ticomónico, que es visualmente equivalente al de Copérnico (al menos cualitativamente, ya que nunca se elaboró en detalle). Del mismo modo que en Copérnico los movimientos aparentes de los astros son la suma de sus movimientos circunsolares propios y de la proyección del movimiento terrestre, en el de Tycho son la suma de los propios y del movimiento circunterrestre del Sol. Por consiguiente, los cometas "interiores" (como el de 1577) deberían retrogradar en la conjunción inferior, mientras que los "exteriores" (de los años ochenta) deberían hacerlo en la oposición, sea porque son adelantados por la Tierra (sistema copernicano), sea porque el movimiento circunterrestre del Sol supera al suyo propio (sistema de Tycho).

Si hay una diferencia entre ambos sistemas, ello se debe a que, en el caso del copernicanismo, Brahe liga los cometas a los orbes empleados por Copérnico para los planetas (que presentan una segunda anomalía), mientras que en su sistema, que prescinde de orbes fijos y de restricciones físicas, todo encaja porque nada prohíbe. En efecto, los astros y los cometas son autónomos, moviéndose a su aire por ciencia infusa. La pobreza de los datos cometarios, recogidos durante escasas semanas en las que recorren una pequeña parte de su pretendido circuito circunsolar, por no mencionar la inseguridad de las mediciones de paralaje, son compatibles con las diferentes hipótesis astronómicas del momento.²³

Ahora bien, aunque el argumento de Brahe es lógica y observacionalmente muy problemático, tiene una ventaja pragmática y retórica: el sistema de Brahe es progresivo porque genera hipótesis sobre los fenómenos cometarios que el copernicanismo de Maestlin no es capaz de acomodar. Los copernicanos proclives al realismo no se sintieron muy alentados a aceptar movimientos libres y sustituyeron los orbes por los influjos dinámicos solares defendidos por Kepler y también por Galileo, quien apunta especulativamente la conexión solar de todos los astros al final de la famosa carta a B. Castelli.²⁴ Sin embargo, los cometas no encajaban en este esquema pensado para planetas con órbitas casi circulares.

En cualquier caso, como veremos a continuación, la presión ideológica de la Iglesia católica contra el copernicanismo convirtió este argumento de Brahe en una piedra de toque, y la incapacidad o negativa de Galileo a ofrecer una nueva física celeste (además de la terrestre) susceptible de abordar el comportamiento anómalo de los cometas, lo llevó a preferir poner en entredicho su carácter astronómico, a pesar de su aceptación inicial de la generación de novas y cometas en los cielos.²⁵

2. *Los hijos de la noche*

Hasta la primera década del XVII, la escena astronómica en Italia estuvo dominada por el P.C. Clavio. La batalla pública de Galileo a favor del copernicanismo se inició con *La gaceta sideral* (1610) y las cartas sobre las manchas solares de 1612, año de la muerte del Clavio (1537-1612), matemático y profesor de astronomía del Collegio Romano. Aunque no contribuyó a las transformaciones astronómicas del XVI y XVII, su *Comentario a la esfera de Sacro Bosco* (1570 y media docena más de ediciones en vida del autor) fue texto no sólo de los jesuitas, sino de sabios como M. Mersenne, P. Gassendi, R. Descartes y Galileo. Era un buen manual de as-

tronomía ptolemaica en el que Copérnico se desestimaba por razones religiosas y físicas sobre el movimiento terrestre.

Clavio se mostró inmune a las consecuencias cosmológicas de los descubrimientos astronómicos de Brahe y Galileo. Hubo de aceptar la nova de 1572, pero no sacó las consecuencias cosmológicas de Brahe contra la inmutabilidad de las esferas, sino que la consideró un milagro de Dios para presagiar algo. Mantuvo la concepción tradicional de los cometas como fenómenos generados en la atmósfera (aunque algunos objetos se engendraran en la octava esfera, como la nova), corriendo un tupido velo sobre el de 1577 cuya paralaje estudiaron sobre todo M. Maestlin, T. Brahe, H. Roeslin, C. Gemma y el Landgrave de Hesse, Wilhelm IV, concluyendo que era supralunar. En una palabra, aunque aún tenía cuarenta años cuando ocurrieron estas cosas, Clavio metió la cabeza bajo el ala y prefirió no alterar las ideas tradicionales en astronomía y cosmología. Tras su fundación en 1540, la Compañía de Jesús era una institución de inspiración militar al servicio de la Contrarreforma organizada por esa época en el Concilio de Trento (1545-63). Para ella, la educación superior era parte de la estrategia propagandista y pastoral, como muestra el hecho de que, tras *La gaceta sideral*, el general de la Compañía, Claudio Acquaviva, organizador del importante sistema educativo jesuítico, la *Ratio studiorum* (1586), ordenase a sus huestes defender el tomismo en todos los frentes y huir de las novedades como de la peste. Lo importante para la Compañía era su ideología católica y no la ciencia, que subordinaba a los intereses de la política papista merced al hincapié en el voto de obediencia.²⁶

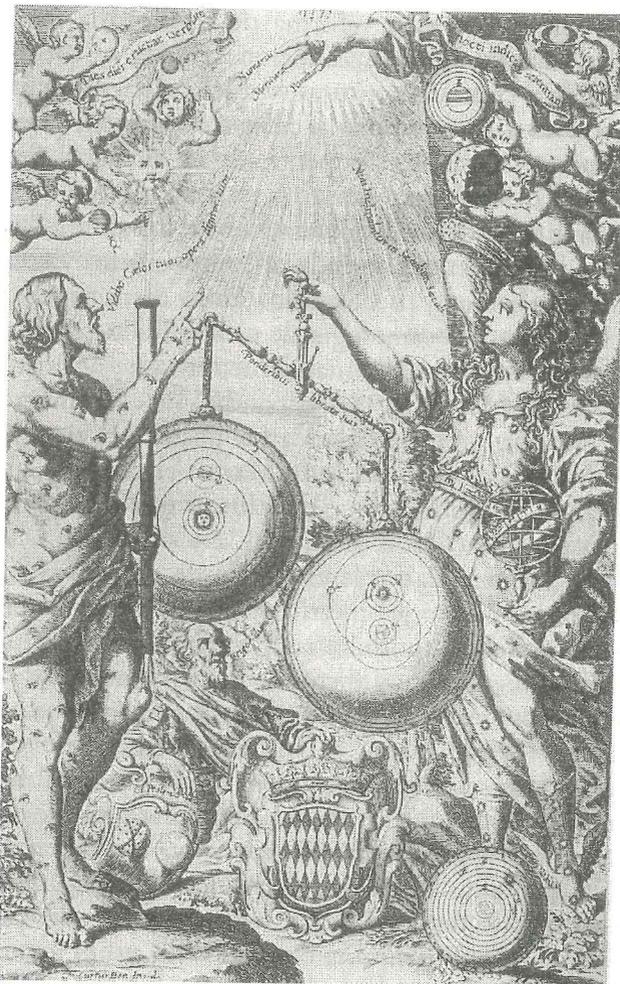
La orden no era descabellada (desde un punto de vista conservador) a la luz de las pruebas que se estaban acumulando. Ya mencionamos que Clavio y sus discípulos G.P. Lembo, C. Grienberger y O. Van Maelcote confirmaron oficialmente a Bellarmino el 24 de Abril de 1611 la corrección de las observaciones de *La gaceta sideral*, con reservas de Clavio acerca del relieve lunar.²⁷ Especialmente relevante es la aceptación de las fases de Venus que refutan sin ambages el sistema ptolemaico.²⁸ La juventud, siempre inconsciente, aceptó las implicaciones de los nuevos hechos y empezó a prestar atención a la tesis de los cielos fluidos defendida por Brahe y el jesuita Bellarmino, aunque con motivaciones distintas. Clavio se limitó a comentar en la edición de 1611 de su *In spaheram* (p. 75) que "siendo así las cosas, vean los astrónomos de qué modo se podrían organizar los orbes celestes para salvar estos fenómenos", lo que para algunos apuntaba a la ordenación de Tycho con Venus circunsolar.²⁹

El 18 de Mayo de 1611, los jesuitas organizaron una recepción en el Collegio Romano para festejar a Galileo, amenizada por los discípulos de Clavio, quienes expusieron los éxitos de Galileo, incluyendo las fases de Venus "con escándalo de los filósofos" (Lattis 1994, p. 193). Maelcote presentó los descubrimientos con entusiasmo, aceptando tanto el relieve lunar (a pesar de la resistencia de Clavio), como la circunsolaridad de Venus y Mercurio, en contra de un Ptolomeo que parece ya definitivamente superado.³⁰

Copérnico o Tycho eran la única alternativa. Clavio, con 74 años y un pie en la tumba, se aferraba a sus orbes y su muerte al año siguiente dejó a Ptolomeo sin su escudero. Mientras tanto, los jóvenes empezaron a coquelear con las implicaciones de las novedades celestes a pesar de la orden del General. Mientras C. Scheiner se mostraba ticonico, W. Kirwitzer escribía a C. Grienberger en 1614 y 1615 declarándose primero intrigado por Copérnico y luego partidario suyo. F. Cesi escribía a Galileo ese mismo año mencionando al jesuita T. de Cupis, del Collegio Romano, como copernicano.³¹ Tanto F. Cesi como P. Dini comunicaron a Galileo que muchos jesuitas eran copernicanos aunque no lo confesasen. Tras el decreto de 1616, el mismo Cesi le contaba a Galileo que los jesuitas C. Grienberger y sobre todo P. Guldin habían expresado su apoyo a Galileo y su disgusto por la condena del copernicanismo.³²

El decreto de 1616 era más fuerte que las órdenes del General Acquaviva y puso fin a un lustro de triunfo galileano y alegría juvenil jesuítica. Se acabó la fiesta. La ciencia de los jesuitas estaba al servicio de la política del Papa, en este caso Pablo V, que no podía ver a los intelectuales ni a los listillos. Desde este momento Tycho Brahe es la última esperanza de la reacción. El ticonismo, que algunos jesuitas como G. Biancani, C. Malapert o C. Borro habían aceptado antes del decreto, cobra después del mismo mayor importancia junto con el viejo argumento anticopernicano de los cometas debido a Brahe, especialmente con la aparición de los cometas de 1618, en un momento (tras el decreto de 1616 y antes de la desaparición del Papa responsable, Pablo V, muerto a finales de Diciembre de 1621) en que la condena hacía difícil defender la cosmología copernicana. En este contexto, la *disputatio* publicada anónimamente por el jesuita O. Grassi (1619), presentaba observaciones sobre el cometa recabadas por la red internacional de los padres. Esto y el hecho de que se publicase anónimamente, hace que aparezca como una obra colectiva de los jesuitas. La aceptación explícita de ticonismo se produjo al año siguiente en la obra de G. Biancani, *Sphaera mundi seu cosmographia* (Bologna, 1620). Como señala

M. Biagioli (1993, p. 276, nota 26), el sistema de censura previa de los jesuitas indica que esa era una posición colectiva. Sin duda los cometas estaban en el punto central de la discusión entre los sistemas modernos, ticomónico y copernicano, una vez descartado el ptolemaico por las fases de Venus y Marte acrónico. Como es sabido, Galileo corrigió la idea inicial de M. Guiducci de que los cometas eran cuerpos celestes con órbitas circulares y lo indujo a mostrarse escéptico mencionando la hipótesis de que si fuesen fenómenos ópticos producidos por vapores, eso explicaría las apariencias.



Brahe contra Copérnico: Frontispicio de Riccioli, 1651, en el que se muestra embleáticamente la situación en cosmología. Bajo la mirada de Argos Panoptes, As-

traea o la Justicia compara los dos únicos sistemas rivales, el de Copérnico y el de Brahe adoptado por los jesuitas, hallándolo de más peso. El sistema de Ptolomeo y el propio Ptolomeo aparecen tirados por el suelo, mientras éste confiesa que se construye corrigiendo: "Erigor dum corrigor".

3. Galileo maniatado

En la etapa de "que florezcan cien flores", entre 1611 y 1616, cuando los astrónomos jesuitas coqueteaban con las novedades celestes y el copernicanismo, Galileo lanzó ataques en diversos frentes. En las cartas sobre las manchas solares inició una vasta reforma de la filosofía natural sobre los cielos y trató de mostrar que la corrupción del éter se compadecía mejor que la inmutabilidad con las Escrituras.³³ El 21 diciembre de 1613 escribió una famosa carta a su discípulo y colega B. Castelli donde explica el milagro de Josué en un contexto copernicano en el que el Sol es el motor de los planetas. El 23 de Marzo de 1615 escribió a Piero Dini, funcionario del Vaticano, para defenderse de los ataques de los dominicos A. Caccini y N. Lorini (que lo habían denunciado al Santo Oficio) y recabar el apoyo de los jesuitas Grienberger y Bellarmino. En la carta, trató de reunir apoyos escriturísticos para su cosmología de cielos fluidos en los que caminan los planetas por influjo solar.³⁴ Finalmente, la carta a Cristina de Lorena de mediados de 1615, en la que expandía sus argumentos científico-escriturísticos, dio mayor publicidad a las posiciones que llevaron al Decreto del 5 de Marzo de 1616. El 6 de Marzo, el propio Galileo escribía a Florencia señalando la prohibición de los libros que traten de reconciliar a la Biblia con Copérnico (*Opere*, XIX, p. 322 y sig.).

Sufrió así un serio descalabro la estrategia de defender unos cielos fluidos con un Sol como centro geométrico y dinámico de los planetas, marco en el que tal vez se hubiera podido ensayar el acomodo de unos cometas con órbitas y movimientos muy distintos de los planetarios. Si ya le resultaba difícil a Galileo hacer aceptar sus descubrimientos observacionales y sus argumentos geométricos, más difícil aún le sería defender una especulación sobre el Sol que chocaba con las palabras de la Biblia. El discurso sobre las mareas de este mismo año, al pretender argumentar a favor del movimiento terrestre, aparecía en mal momento. No caben defensas abiertas entre 1616 y las nuevas esperanzas abiertas con el papado de M. Barberini, iniciado en Agosto de 1623.³⁵ De ahí las dificultades de una reelaboración de la astronomía copernicana con cielos sin orbes y un Sol dinámico en medio de un cielo elemental en el que se pudieran generar cometas con movimiento circunsolar propio al margen de los supuestos orbes planeta-

rios copernicanos. Eso podían ensayarlos los jesuitas con el sistema ticonico, pero no Galileo con el copernicano. En este contexto, los cometas sobraban, ya que, aunque no probasen efectivamente la verdad del tyconismo, ofrecían la imagen de que éste constituía un programa progresivo que salvaba los movimientos planetarios y las observaciones telescópicas, evitaba el absurdo físico del movimiento terrestre, concordaba con la Biblia y además ofrecía una teoría cometaria fecunda. Galileo estaba atado, y lo que se le ocurrió fue socavar el prestigio de Brahe y sus acólitos arrojando tantas dudas como pudo sobre el carácter "planetoide" de los cometas.

Galileo conocía la existencia del argumento cometario de Tycho al menos desde que G. Ludovico Ramponi le escribiera el 23 de Julio de 1611 preguntando por las razones de Tycho contra Copérnico.³⁶ No debió de obtener respuesta, pues volvía a la carga al año siguiente.³⁷ Siete años más tarde, tras el Decreto anticopernicano de 1616, G. B. Rinuccini avisaba a Galileo del uso anticopernicano de los cometas.³⁸ El argumento aparece debidamente como "cuarto argumento matemático" en el *De situ et quiete Terrae* de Ingoli,³⁹ compuesto en la época de la condena de 1616, en un momento en que Galileo no estaba en condiciones de contraatacar. Lo hizo de manera insuficiente tras la insistencia de M. Guiducci en 1624, quien le envió el manuscrito, en el momento en que el jesuita C. Scheiner azuzaba al jesuita O. Grassi contra *Il saggiatore*.⁴⁰ Y eso a pesar de que se había extendido la noticia de que los argumentos de Ingoli habían llevado a Galileo a rechazar el copernicanismo.

Ciertamente Galileo redactó una larga respuesta que envió a Roma en Octubre de 1624, donde circuló ampliamente. Sin embargo la respuesta al argumento de Brahe no es muy penetrante (*Opere*, VI, pp. 509-61, 554), pues no critica las suposiciones implícitas del argumento (en el sentido de que los copernicanos deben aceptar que los cielos están ya llenos de orbes sólidos) ni la renuncia de Tycho a ligar armónica y dinámicamente el sistema del universo, implícita en el milagro de la ciencia infusa de cada cuerpo celeste. Por el contrario, empieza tratando de desacreditar a Tycho como observador,⁴¹ lo que sin duda no era buena estrategia. Prosigue señalando adecuadamente que sin saber cuál es el movimiento propio de un cometa, no se puede saber qué resulta de su combinación con el movimiento de la Tierra. (En efecto, las retrogradaciones dependen de las velocidades angulares relativas, y con observaciones de dos o tres meses, en las que se recorren arcos de unos pocos Signos, no hay manera de saber qué fracción del movimiento aparente se debe al movimiento anual.⁴² Por eso, para ha-

cer una teórica de un cometa, es preciso partir de un sistema del mundo.) Y termina haciendo sociología del conocimiento: Tycho tergiversa las cosas para apoyar su sistema quimérico.⁴³

Quizá de este modo evitaba entrar en materia, pues deshacer las presuposiciones del argumento de Brahe exigiría tratar cuestiones cosmológicas sobre la constitución de los cielos y los motores astrales, lo que entrañaba lanzar conjeturas mucho más fáciles de atacar que sus argumentos observacionales y geométricos. En cualquier caso, este pasaje de la *Respuesta a Ingoli* no entró a formar parte del *Diálogo*, en el que el sistema de Tycho ni siquiera se menciona.

4. La polémica de los cometas

La polémica sobre los cometas es bien conocida. La enfermedad no permitió a Galileo observar los cometas de 1618 y, en cualquier caso, el decreto de 1616 no le hubiera permitido especular sobre su posible acomodo en una cosmología copernicana, por lo que se vio descabalgado del primer plano como descubridor de novedades celestes.⁴⁴ Por ello alentó a M. Guiducci a minar el uso anti-copernicano de los cometas poniendo en entredicho su carácter celeste.

La polémica se inició en 1619, con la anónima *De tribus cometis disputatio* de O. Grassi S.J., quien tenía las manos libres para adoptar los cielos fluidos de R. Bellarmino S.J. e investigar los cometas apoyándose en la interpretación de Brahe. Galileo dirigió a Mario Guiducci en la redacción del *Discorso* (1619), convenciéndolo de que ensayase su interpretación no como cuerpos astrales, sino como fenómenos ópticos. Aunque la *disputatio* de Grassi apenas mencionaba a Tycho y poseía un tono comedido, la interpretación de los datos se realizaba desde la teoría de Brahe, y era bien sabido que se esgrimía su argumento de los cometas como refutación de Copérnico. La respuesta de Galileo en el *Discorso* de Guiducci identificó la implicación anti-copernicana y atacó a Brahe y a los cometas como cuerpos astrales. Grassi entró al trazo en la *Libra* y puso a Brahe y la disputa cosmológica y religiosa en primer plano.⁴⁵ Es decir, aunque Grassi comenzara tratando de imitar el estilo ágil del descubridor de novedades que Galileo había ofrecido en *La gaceta sideral*, éste consiguió con su respuesta poner en primer plano el transfondo cosmológico.⁴⁶

La *disputatio* de Grassi parte de la suposición ticonica de que los cometas son cuerpos sólidos celestes con movimiento circular como los planetas. En consecuencia, y valiéndose de los datos facilitados por la implanta-

ción internacional de la Compañía, trató de medir la paralaje y los situó más allá de la Luna. Galileo, limitado por el Decreto de 1616 y sin poder observar los cometas por estar enfermo en la cama, atacó los dudosos fundamentos de Brahe-Grassi. Toda la *disputatio* depende de suponer que los cometas son cuerpos físicos con localización espacial precisa, y por tanto susceptibles de paralaje. Pero la ausencia de la misma podría explicarse bajo la suposición de que son fenómenos ópticos, como refracciones y reflexiones en un medio extenso, tal como ocurre con los arco-iris.⁴⁷ Si el medio fuese un vapor que asciende de la Tierra radialmente, eso explicaría la ausencia de paralaje, no menos que la rápida disminución del tamaño. Además, dicha disminución pone en entredicho la hipótesis planetoides de Tycho y Grassi, pues el rápido alejamiento exigiría un epiciclo inmenso y un período enorme por el arco recorrido en breve tiempo.⁴⁸ Dados los errores derivados de ensayar trayectorias circulares, Galileo no tenía dificultades a la hora de criticar las interpretaciones de Grassi y mostrar que su hipótesis era plausible.⁴⁹

No obstante, la posición de Galileo presenta problemas. Según su idea, los cometas deberían moverse hacia el zenit sin sobrepasarlo. El hecho de que se muevan más al Norte se apunta críticamente como debido al efecto del movimiento terrestre,⁵⁰ suposición sobre la que se lanzó Grassi con mal disimuladas acusaciones de herejía y una formulación relativista de la verdad: "en verdad, entre los católicos la Tierra no se mueve". Era un buen argumento, aunque no de carácter científico. Peor parado salía Galileo de la crítica según la cual, si los cometas fuesen meteoros ópticos, deberían estar ligados al Sol, como el arco iris, aparte de que no hay explicación plausible para su larga duración ni para su independencia de las estaciones y de las localidades geográficas que pudieran producir esos vapores ascendentes.

Pero a estas alturas está claro que ambas posiciones estaban llenas de dificultades. El objetivo de Galileo no era tanto proponer una hipótesis sobre los cometas, cuanto eliminarlos como amenazas anti-copernicanas y a favor de Tycho.⁵¹ En ausencia de un debate claro sobre el sistema del mundo, en ausencia de cualquier idea no meramente especulativa acerca de la dinámica celeste, por no hablar de la física de la atmósfera, la cuestión no tenía salida. Por eso resulta especialmente útil para desvelar los intereses personales e ideológicos de Galileo y los jesuitas del Collegio Romano que dirigían el desarrollo de la polémica. Por eso ésta se orientó rápidamente hacia el problema fundamental: que el copernicanismo no se podía defender y el ticonismo era la única salida políticamente posible. Impedido

para defender directamente el heliocentrismo y el movimiento de la Tierra, Galileo se concentró en destrozarlo al rival serio: Tycho Brahe. Y lo hizo con una desmesura que lo llevó a alabar en *Il sagggiatore* a S. Chiaramonti, autor de un libro que no había leído pero que llevaba un título prometedor, *Anti-Tycho* (1621), debiendo desdecirse en el *Diálogo*.

5. El hombre invisible y el mutis de los cometas

La primavera del año 1624 marcó una inflexión en la lucha de Galileo a favor de Copérnico. Se reunió media docena de veces con el Papa que se hacía leer *Il sagggiatore* (1623) y en el Otoño se animó a hacer circular la *Respuesta a Ingoli*. Curiosamente ni en ella ni en el posterior *Diálogo* critica el sistema de Brahe. Sin embargo, hacía tiempo que Ptolomeo había dejado de ser una opción, por lo que la disputa se planteaba entre Copérnico y Tycho Brahe. Galileo dio a entender en privado que el enemigo real de Copérnico era Brahe, al escribir a Diodati el 29 de Octubre de 1629, próximo a terminar el *Diálogo*:

Ha de saber que hace un mes tomé de nuevo mi *diálogo sobre las mareas* postergado tres años (...). Aparte de las mareas aparecerán muchos otros problemas y una amplísima *confirmación del sistema copernicano*, mostrando la nulidad de cuanto han aportado *Tycho y otros* en su contra.⁵²

Este no es el *Diálogo* que se publicó, en el que las mareas no son el tema principal, en el que el sistema de Brahe ni se menciona,⁵³ y en el que el de Copérnico no se demuestra de manera explícita. Galileo acabó el *Diálogo* a principios de 1630. Entre Mayo y Junio estuvo en Roma gestionando el permiso de publicación, mientras se difundía el rumor de que el libro contradecía a los jesuitas. Se entrevistó con el Papa mientras se agitaba en contra de Galileo, y en Julio lo encontramos de nuevo en Florencia preparando el prefacio, el final y otros retoques. No fueron pequeños. Las mareas, que era uno de los principales argumentos a favor del doble movimiento de la Tierra, pasan a último plano, de la primera jornada a la última.⁵⁴ El tratado *físico* sobre las mareas y el movimiento terrestre se transformó en otro sobre los dos máximos sistemas; pero no el copernicano contra el ticonico, que era el rival real, sino contra el ptolemaico en el que ya nadie creía. En general, un tratado de física se convierte en uno en la tradición de la astronomía, en la que se usaba proceder *ex hypothesi*. Es decir, un tratado en el que no se determinan las causas, sino en el que se *salvan los datos* a partir de modelos sin pretensiones de realidad, dado que Dios puede hacer una cosa

de tantas maneras que no sabemos cuál escoger, posición que es la "angélica doctrina" del Papa expuesta por Simplicio al final de la obra.⁵⁵

La invisibilidad de Tycho y los jesuitas se compadece con estas transformaciones, pues su cosmología era la única que quedaba frente a Copérnico y de ser destruida, de nada serviría la "angélica doctrina". Además sabemos que el Papa había intimado a Galileo lo que tenía que hacer y por qué, sin que las razones dadas pudiesen divulgarse. Tal vez le indicó que atacase a Ptolomeo y los peripatéticos tratando el movimiento de la Tierra como hipótesis indemostrable⁵⁶ y dejase en paz a Tycho y los jesuitas del Collegio Romano. En esta tesitura la discusión de los cometas sobraba, pues se orientaba a neutralizar el tychonismo. En cualquier caso, en Septiembre de 1632, con ocasión de las diligencias del inminente juicio contra Galileo, el embajador de Toscana en la Santa Sede se entrevistó con un Papa iracundo porque Galileo lo habría "engañado" al publicar ciertas cosas en su libro que constituyen "los temas más peligrosos y serios con los que se pueda enredar en estos momentos". No quiso decirle cuáles eran porque "él [Galileo] sabe muy bien dónde están los problemas", ya que "los hemos discutido con él y nos los ha oído a nos mismo".⁵⁷ Obviamente no se trataba sencillamente de que hubiera defendido el movimiento terrestre, pues eso se podía decir y de hecho se usó como justificación de la condena. Es más, días después, el Papa señaló al embajador que

el asunto es más grave de lo que piensa Su Alteza [Ferdinando II de Medici]. A continuación empezó a contarme este asunto y estas opiniones, aunque con orden explícita de no revelar tales cosas ni siquiera a Su Alteza (Ibidem, p. 236).

Sin duda se trataba de intrigas políticas entre facciones sobre las que no se podía ser explícito y no de tesis cosmológicas perfectamente propalables.⁵⁸

La discusión de los cometas estaba ligada a la polémica entre Copérnico y el silenciado sistema de Brahe, por lo que no tiene cabida en el *Diálogo*. A cambio, en la Jornada III hay un argumento a favor del movimiento terrestre que parece dirigirse principalmente contra Brahe.⁵⁹ En efecto, el argumento va precedido de una distinción entre el centro geométrico del mundo y el centro dinámico de las órbitas planetarias, algo que sólo se aplica al sistema de Tycho, ya que tanto en Copérnico como en Ptolomeo ambos coinciden (*Opere*, VII, pp. 346, 349). A continuación se establece la circunsolaridad de los cinco planetas (como en Copérnico y Tycho) y se plantea el problema de qué hacer con la Tierra (que es lo que los diferen-

cia).⁶⁰ Tras unas digresiones sobre las paralajes anuales y los tamaños aparentes de los planetas, se anuncia la solución del problema:

el propio Sol nos proporciona una nueva e inesperada conjetura (...) que, con un nudo quizá más difícil de desatar, constriñe al intelecto humano a admitir esta revolución anual y atribuirla a nuestro globo terrestre.⁶¹

Más adelante señalará que la inclinación del eje solar respecto a la eclíptica le permitió "descubrir el máximo secreto de la naturaleza".⁶²

El argumento, que no se le ocurrió a Galileo hasta 1629 (cf. Galileo 1994, pp. 301-2, nota 65), deriva del patrón de movimiento que muestran estacionalmente las manchas solares, dado que los ejes de rotación solar y terrestre no son paralelos. Según pretende Galileo, en el solsticio de verano, cuando el polo Norte solar está vuelto hacia la Tierra, las trayectorias de las manchas por sus paralelos se ven desde la Tierra como una U; en Otoño, con los polos del Sol en el borde de la faz visible, aunque inclinados respecto al eje de la Tierra, la atraviesan en línea recta ascendente; en el solsticio de invierno, con el polo Sur vuelto hacia nosotros, trazan una curva como la del Verano, pero invertida; finalmente, en el equinoccio de primavera, trazan una recta como en otoño, aunque descendente.

Desde una perspectiva geométrica, puramente cinemática, ese patrón puede generarse tanto en el sistema de Tycho (o Ptolomeo) como en el de Copérnico. Kepler dice en la *Apología* (1601) que el hecho de que un modelo geométrico salve las apariencias no basta para establecer su verdad, ya que otros distintos pueden hacer lo mismo, y en la *Astronomía nova* (1609), señala que el criterio de decisión es causal: la dinámica (cf. E. McMullin 1998, p. 286). Galileo piensa lo mismo, pero no puede decirlo explícitamente. A pesar del interés de Bellarmino y el Papa de llevar las cosas a una discusión ex hypothesi al modo de la astronomía, en la que los mismos fenómenos pueden obtenerse con diferentes sistemas de esferas, desde una perspectiva física y dinámica las diferencias son notables. En efecto, desde la física de Galileo, en el sistema copernicano hay que suponer movimientos simples y autoconservados que no exigen causas: las rotaciones uniformes del Sol y la Tierra en torno a ejes fijos más el movimiento circular, uniforme y autoconservado de la Tierra en torno al Sol. De ahí deriva la variación estacional de la orientación de los ejes. El Sol permanece inmóvil con su eje inmutable y la Tierra mantiene constante la orientación del suyo. Se trata del "tercer movimiento" atribuido por Copérnico a la Tierra, del que Galileo no precisa por su percepción de la conservación del momento.⁶³ Una bola que flota en una jofaina mantiene su orientación res-

pecto a la sala aunque se haga girar en círculo el recipiente. Siendo la Tierra "un globo pensil y en equilibrio en el aire tenue y dúctil", al girar "en un año por la circunferencia de un gran círculo, tiene que adquirir *sin motor alguno*" una rotación igual y contraria a la anual.⁶⁴

Por el contrario, si negamos los dos movimientos terrestres, hemos de atribuir al Sol la rotación sobre su eje (demostrada por el movimiento de las manchas) así como un movimiento diario (con las estrellas) y el anual. Pero estos movimientos no bastan. Por ejemplo, si el Sol mantuviese la orientación de su eje constante a lo largo del día, tendría que mostrar en 24 horas un patrón como el estacional. Para evitarlo hay que conferir a su eje un movimiento como el tercero de Copérnico para mantener su eje igualmente orientado no respecto a las fijas, sino respecto al eje terrestre. Y ese movimiento no es autoconservado y exige una causa. Hay pues que atribuir al Sol movimientos que exigen asimismo motores ad hoc que tornan tal postura físicamente inverosímil.⁶⁵ Si el sistema de Copérnico es cierto, todos esos movimientos inexplicados desaparecen. Ante la contundencia de este argumento,⁶⁶ palidece la necesidad de criticar la teoría de los cometas de Brahe, sumariamente despachada en la respuesta a Ingoli, ya que su discusión exigía entrar abiertamente en consideraciones salvajemente conjeturales acerca del cosmos. El problema de los cometas, siendo irresoluble para ambas cosmologías circulares, había sido una tapadera de la discusión cosmológica subyacente. Los datos solares, no obstante, están ahí (incluso en Scheiner) esperando tan sólo una interpretación dinámica inalcanzable para Tycho y los jesuitas.

Así pues, la adopción por parte de los jesuitas de la alternativa tycónica contribuyó a enturbiar la exposición y defensa de las posiciones cosmológicas de Galileo. Tuvo asimismo una parte importante en la posición galileana sobre el problema de los cometas que condujo a la animadversión de los jesuitas del Collegio Romano, y finalmente transformó radicalmente la estructura y objetivo del *Diálogo*. Si el permiso papal para responder a Ingoli y exponer sus argumentos pro-copernicanos entrañaba hablar "*indeterminatamente*" y tratar el copernicanismo como una hipótesis indemostrable frente a los peripatéticos, dejando en paz a los jesuitas y Tycho, se explican los silencios y argumentaciones indirectas de Galileo y la ira del Papa al comprobar que ofrecía solapadamente sólidos argumentos dinámicos contra el reposo de la Tierra. Se entienden asimismo las palabras de V. Viviani imputando todos los males que le acontecieron a la polémica de los cometas y a O. Grassi.⁶⁷

A pesar de todo, el enmascaramiento del plan original de la obra de Galileo y la condena posterior no sirvieron para nada. El desarrollo de la teoría de Copérnico iba en el sentido de unir la astronomía matemática descriptiva con la física dinámica explicativa. La función dinámica solar iniciada por Kepler, que culminó con la gravitación newtoniana, sólo pudo ser apuntada y sugerida por Galileo en uno de los casos históricos más emblemáticos de injerencia en la ciencia de intereses espurios. Cuáles eran, lo explica muy bien el jesuita G. Riccioli:

Si se aceptase la libertad que se toman los copernicanos de interpretar los textos de las escrituras y de eludir los decretos eclesiásticos, se produciría el peligro de que no se detuviese en los límites de la astronomía o de la filosofía natural (Riccioli 1651; Delambre 1821, Vol. I, p. 672.).

Tenía razón el buen Padre: no nos hemos detenido en esos límites.

Notas

† Agradezco las críticas de Susana Gómez, Eloy Rada, Manuel Sellés y Antonio Beltrán.

- ¹ Este es el argumento principal que se expone al comienzo de la segunda carta a M. Welsler en *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari* (1612); *Opere* (1890-1909, Vol. V, pp. 71-260).
- ² *Opere*, XI, p. 161. Parece un tanto forzada la pretensión de M. Biagioli (1993, p. 275) de que en 1618, tras la caída del ptolemaísmo por las fases de Venus y la prohibición del copernicanismo, los cometas "were not immediately seen as objects whose interpretation was to lead into the domain of cosmology"; o la de que "the Jesuits could approach the interpretation of the comets as cosmologically unproblematic". Sobre la importancia de este argumento en el círculo de S. Cobelluzzi, F. Ingoli y otros, véase M. Bucciantini (1995, p. 151 y sig.).
- ³ *De situ et quiete Terrae*, 1616. F. Ingoli era un clérigo que fue nombrado primer secretario de la Congregatio de Propaganda Fidei, por lo que debía ser tratado con mimo.
- ⁴ *De revolutionibus*, L. I, Cap. VIII, p. 27 de la traducción española. Desde una perspectiva heliocéntrica "nosotros podemos decir que, por su gran distancia desde la Tierra, esa parte del aire está privada de aquel movimiento terrestre", pues de lo contrario el fenómeno se mantendría día y noche verticalmente sobre la misma localidad terrestre. Los cometas no son cuerpos celestes regulares cuyo movimiento quepa describir con una teórica (un modelo geométrico), sino fenómenos atmosféricos erráticos.
- ⁵ G. Peurbach, c. 1457 (cf. J. Jarvis 1985, pp. 88-92). A base de suposiciones acerca de la altura de la esfera del fuego (unos 5.000 Km.), estima que el cometa estará por esos pagos, al menos por encima de los 700 Km.

- ⁶ Regiomontano (1531). El pseudo-Regiomontano es el *De cometa*, 1574. Siendo la paralaje de la Luna de casi 1° y estando a 60 radios terrestres, una paralaje seis veces mayor (6°) indica una distancia unas seis veces menor, esto es, casi 10 radios; nueve hasta el suelo. La relación inversa entre paralaje y distancia es aceptable para estos ángulos pequeños.
- ⁷ J. Vögelin (1533). De sus observaciones obtiene una paralaje de unos 35°, cuando el cometa, que se hallaba entonces a 0,76 UA, debería tener una de 11,5 segundos, entonces indetectable. Cf. D.K. Yeomans (1991, p. 31 y sig.).
- ⁸ El cometa dio lugar a más de un centenar de escritos (cf. Doris Hellman 1944), entre ellos el de M. Maestlin (1578).
- ⁹ Cf. R. Westman (1972). La idea común era que el espacio entre la Luna y las estrellas fijas estaba completamente lleno de esferas planetarias. Eso es lo que implica el P.C. Clavio S.J. cuando dice que la nova de 1572 está en la octava esfera porque no está en la atmósfera (por la paralaje nula) y ni él ni nadie "observó ningún otro movimiento aparte de los que vemos en las estrellas fijas"; esto es, si estuviese en otra parte del cielo se movería con la esfera que hay en ese lugar (Clavio 1570; edición de 1611, p. 104.) Proponer una nueva serie de esferas para cada cometa efímero que aparece en los cielos sería ad hoc y llevaría pronto a atestarlos de entramados inútiles dada su corta duración.
- ¹⁰ En el Capítulo I de J. Kepler (1596, pp. 78, 86 y sig.), se decía que según la teoría de M. Maestlin el cometa "completaba su curso en el propio orbe de Venus establecido por Copérnico", lo que según él apoyaba el heliocentrismo. Sin embargo, en la edición de 1621 anotó que el propio Maestlin le había indicado que no era así, pues la pobreza de los datos permitía acomodarlos en diferentes hipótesis, como la del propio Kepler, según la cual los cometas se mueven en línea recta como corresponde a los cuerpos efímeros.
- ¹¹ *De mundi aetherei*, p. 265. Brahe entiende que el espacio entre la Luna y las fijas está lleno de los orbes planetarios aceptados desde Ptolomeo hasta Copérnico. En su discusión de la nova de 1572, también estudia si, siendo un fenómeno generado en los cielos, está en uno de los orbes existentes; pero del hecho de que no se mueva al Este siguiendo los Signos concluye que está más allá de las esferas planetarias: Saturno está a 12.300 radios terrestres, las fijas en torno a 14.000 y la nova a 13.000. Cf. el tratado alemán de 1573, recogido en lo fundamental en *Progymnasmata* de 1602. Los cometas, que se generan entre los orbes planetarios, deberían seguir el movimiento de alguno de ellos. Sin embargo, el de 1577 presenta un movimiento directo a pesar de estar, según él, en la conjunción inferior de una órbita circunsolar un poco más allá de Venus, dado que su elongación máxima es de 60°, algo superior a la de Venus.
- ¹² Señala que su paralaje es unas cuatro veces menor que la de la Luna, por lo que la distancia es unas cuatro veces mayor (lo que es bastante correcto para ángulos pequeños como los implicados).
- ¹³ Carta del 13 de Septiembre de 1588, en T. Brahe (1596), y en (1913-1929, VII, pp. 127-41). Véase especialmente la p. 130, donde apunta al argumento anticopernicano de los cometas: "Accesit et hoc, quod duo etiam Cometae, qui juxta oppositum Solis ferebantur, satis evidenter ostenderint, Terram annuatim revera non convolvi, siquidam huius

commutatio non detraxit quidpiam eorum praedefinito et proportionabili motui, ut Planetis, qui ob [id] retroagi a COPERNICO existimantur, usu venit". Poco después, el 1 de Diciembre de 1590, reitera a Magini (*Opera omnia*, VII, pp. 289-299, 295): "Imo vel ipsi Cometae de quibus dixi (ut hoc obiter nunc quoque indicem) quatenus aliqui eorum circa oppositum Solis plagam incedebant, motum Terrae annum a COPERNICO assertum inficiabantur, nihil enim is eorum destinato cursui detraxit nedum ut eos retroagi aut lentiore gressu tardari nobis ita aspectantibus cogeret, de quibus opportuniore loco latius agere decrevimus". En ambos casos menciona a continuación su idea de que los cielos son liquidísimos y penetrables, sin que haya orbes rígidos.

- 14 *Las Hipótesis de los planetas*, 1987, p. 96, donde la animación voluntaria de los astros se compara con las aves que vuelan por las alturas merced a una fuerza propia.
- 15 Sobre estas corrientes que facilitan la cosmología de Brahe, véase M. Lerner (1992, tercer ensayo, especialmente p. 75 y sig.).
- 16 Para las razones de Clavio contra Bellarmino, véase J.M. Lattis (1994, pp 94-102, especialmente la p. 102). Las dos principales objeciones son el carácter ad hoc (cualquier movimiento es posible, pues ninguno se prohíbe) y la ausencia de un mecanismo físico, lo que impide cualquier predicción causal.
- Esta "libertad" le viene muy bien a Brahe. Por ejemplo, su teórica del cometa de 1577 dice que es circunsolar y gira al revés que los planetas, de modo que su movimiento es directo en la conjunción inferior. Nada explica esta ruptura de la armonía celeste, según la cual todos los astros se mueven siguiendo los Signos. Asimismo, la elongación de 60° con un radio de 0,866 se acompaña de un período sinódico de más de 4 años, lo que rompe la progresión copernicana de los períodos con la distancia, progresión que prediría en este caso un movimiento propio intermedio entre el de Venus y el de la Tierra. Si su hipótesis cometaria fuese incontrovertible, tanto peor para las armonías copernicanas; pero sus teóricas cometarias son más conjeturales y están menos contrastadas con las observaciones que la teoría de Copérnico. Por consiguiente, el problema de la no observación de paralaje anual (retrogradación) en los cometas "exteriores" se resolvería mucho mejor rechazando su teórica (basada en datos pobres e incontrastable en cuerpos efímeros) en lugar de rechazar a Copérnico. El punto débil del sistema de Tycho es la renuncia a una dinámica celeste (ligada a esferas sólidas o al influjo solar), lo que convierte a su sistema del mundo en un perpetuo milagro.
- 17 Carta del 21 de Febrero de 1589 (Brahe, 1596, I, pp. 137-151, especialmente la p. 149).
- 18 "Coelum enim est unicum & sibi simile à Luna ad octavam sphaeram, in quo liberè ascendunt et descendunt Planetæ, prout Solem pulcherrima harmonia in medio ambulantes circumeunt".
- 19 Brahe observó a Marte en la oposición entre Noviembre de 1582 y Abril del año siguiente, y encargó a un ayudante que calculase la paralaje diurna a partir de las observaciones matinales y vespertinas. (La paralaje, de 23" a lo sumo, no era detectable.) Éste, sin embargo, no usó las observaciones sino la teoría copernicana y obtuvo una paralaje mayor que la solar que Brahe dio por buena. El error fue expuesto por Kepler (1609, comienzo del cap. XI, p. 64).

- 20 "Cometas insuper caelitus conspectos & in Solis oppositio versantes, motui Terrae annuo non reddi obnoxios, quamvis haud in tantum distent, ut planè is evanescat, sicut in fixis sit sideribus; Copernianam quoque assumptionem in motu Terrae collabascere; non restabat alia via salvandi Apparentias coelestes, quam haec ipsa, quae super a me generali indicatione prolata est". En el Cap. VIII del *De mundi* se puede ver que su sistema está ingeniado para acomodar el movimiento de los cometas. Explica allí las motivaciones físicas y religiosas contra el movimiento de la Tierra, así como las cometarias, dado que el de 1577 no retrograda hacia la conjunción inferior como Venus y Mercurio, lo que en Copérnico es un efecto del movimiento terrestre; cf. p. 191.
- 21 Quienes niegan la existencia de epiciclos y excéntricas, escribe Galileo a Dini (carta del 23 de Marzo de 1615; *Opere*, V, p. 299), "lo único que niegan es que en el cuerpo celeste se encuentre una estructura de orbes sólidos divididos y separados entre sí los cuales, engranando y rozándose, transporten los cuerpos de los planetas, etc.; estos creo yo que razonan muy bien; mas eso no equivale a eliminar los movimientos hechos por las estrellas en círculos excéntricos a la Tierra o en epiciclos, que son las verdaderas y simples suposiciones de Ptolomeo y los grandes astrónomos, sino que se limita a repudiar los orbes sólidos materiales y distintos introducidos por los fabricantes de teóricas para facilitar la comprensión de los principiantes y los cómputos de los calculistas; sólo esta parte es ficticia y no real, ya que Dios no carece del modo de hacer caminar a las estrellas por los inmensos espacios del cielo por senderos delimitados y ciertos sin estar encadenados o forzados".
- 22 Eso ocurre con los planetas copernicanos, más lentos cuanto más alejados del Sol; pero en esta época la determinación de la distancia de los cometas al Sol es mera fábula.
- 23 La insuficiencia e incertidumbre de los datos permitieron a Maestlin ofrecer su explicación copernicana; a Tycho, la ticomónica; a Galileo, la meteorológica; y a Kepler (1619) la teoría de que los cometas poseen un movimiento rectilíneo que se mezcla con el anual de la Tierra.
- 24 Del 21 de Diciembre de 1613: "il Sole, come strumento e ministro massimo della natura, quasi cuor del mondo", no sólo suministra la luz, "ma il moto ancora a tutti i pianeti che intorno se gli raggirano". En los años treinta y en un medio social poco apto para la especulación cosmológica, a pesar de la apertura de Urbano VIII, estas consideraciones dinámicas desaparecen del *Diálogo* (1632).
- 25 Galileo dio conferencias sobre la nova de 1604 y mantuvo correspondencia sobre ella (véase, v.g., *Opere*, X, p. 134 y sig.), explotando la ausencia de paralaje para ponerla en los cielos, como los cometas. Incluso interpretó la disminución de la nova como aumento de la distancia. En tal caso, el movimiento anual de ésta podría dar lugar a un desplazamiento paraláctico y a una prueba del movimiento terrestre. No fue así y por ello Drake (1978, p. 109 y sig.) conjetura que entre 1605 y 1610 vio mermada su fe copernicana. Pero tras los descubrimientos astronómicos de 1610, Galileo insistió en la comunidad de materiales entre la Tierra, la Luna, el Sol y los cielos, tal como se expresa reiteradamente en las tres cartas sobre las manchas solares de 1612, en la tercera de las cuales menciona las novas y los cometas entre los hechos celestes, no menos que las estrellas fugaces y otros fenómenos atmosféricos, dado que la distinción entre mundo elemental y etéreo carece de sentido, dándose un continuo entre las atmósferas de los cuerpos celestes y la materia etérea o aérea interplanetaria. (Sobre este punto, podrá ver-

- se Solís 2001.) En una palabra, Galileo habría aceptado el carácter celeste y efímero de los cometas. Sin embargo decidió desdecirse de esa opinión cuando en la segunda mitad de la década de 1610 "le llegó la noticia de que los matemáticos del colegio jesuítico de Roma habían adoptado el punto de vista de Tycho y de que los jesuitas consideraban esta explicación de los cometas como el mejor argumento posible contra Copérnico" (S. Drake 1957, p. 221).
- 26 Véanse las pp. xvi-xxv, "Los jesuitas: ciencia y obediencia", de la Introducción a Galileo, 1994.
- 27 La rotación de la Lunar, necesaria para que ofrezca siempre la misma cara a la Tierra a pesar de girar en su epíclico, se vería estorbada por las anfractuosidades y montañas. Por tanto las apariencias mostradas por el telescopio se interpretaban como diferencias de densidad en una esfera perfecta.
- 28 Sobre el impacto de los descubrimientos galileanos sobre Clavio y el Collegio Romano, véase el Cap. VII de J.M. Lattis (1994).
- 29 Para las interpretaciones contemporáneas de este pasaje, cf. Lattis (1994, p. 181).
- 30 Cf. Lattis (1994, pp. 193-95). El discurso de Maelcote puede verse en Galileo (*Opere*, III-1, pp. 1-13).
- 31 Carta de Cesi a Galileo del 7 de Marzo de 1615. En ella anuncia el envío del libro de P. A. Foscarini, *Lettera sopra l'opinione del Copernico* (Nápoles, 1615), "que es una carta de un padre carmelita que defiende la opinión de Copérnico salvando todos los pasajes de las Escrituras, obra que sin duda no podía haber aparecido más oportunamente, a menos que sea nocivo aumentar la rabia de los adversarios, cosa que no creo. El escritor considera copernicanos a todos los señores compañeros, por más que no sea así, pues sólo profesan en común la libertad de filosofar en cuestiones naturales. Ahora predica en Roma. Trataré con Monsr. Dini y con éste y con el P. Torquato de Cupis, jesuita y noble romano, que es del mismo parecer y con otros" (*Opere*, XII, p. 150). Las alegrías copernicanas duraron poco, pues un mes más tarde, el 16 de Mayo, el propio Dini le escribía a Galileo que no era hora de andar con demostraciones en favor de Copérnico, sean matemáticas o escriturísticas, sino de callar (*Ibid.*, p. 181 y sig.). Dini sabía bien cómo estaban las cosas en Roma ante esa caterva de copernicanos reformando la interpretación bíblica. El decreto contra la doctrina copernicana se produjo el 5 de Marzo de 1616.
- 32 Véase el apartado "Copernicans in the Collegio Romano?" en Lattis (1994, pp. 202-205). Sobre las intrigas contra Galileo previas al decreto anticopernicano de 1616, véase M. Bucciantini (1995), especialmente el Capítulo III, donde señala que "l'attacco di Caccini e dei domenicani, e il conseguente decreto del 5 marzo, servirono anche a questo, a chiudere ogni possibile margine di discussione sulla verità del copernicanesimo all'interno del Collegio Romano" (p. 76 y la nota 25).
- 33 Los censores, escribe Cesi a Galileo, "habiendo aprobado todo lo demás, no aceptaron esto en modo alguno" (*Opere*, V, p. 238; XI, p. 428 y sig.).
- 34 "Sin pretender que (...) otros no puedan conferir un sentido más congruente a las palabras del Profeta [el Salmo 18]..., diré que me parece que se halla en la naturaleza una substancia muy espirituosa, tenue y veloz que, difundiendo por el universo, penetra todo sin oposición (...) y parece que los propios sentidos nos demuestran que el Sol es el

principal receptáculo de dicho espíritu". Y más adelante, "He demostrado también mediante continuas observaciones de esas materias tenebrosas [las manchas solares], que el cuerpo del Sol rota necesariamente sobre sí mismo y he apuntado además cuán razonable es creer que de tal rotación dependen los movimientos de los planetas en torno al propio Sol" (*Opere*, V, pp. 301 y 304).

- 35 La postergada respuesta de Galileo al *De situ* (1616) de F. Ingoli circulaba por Roma un año después, en el Otoño de 1624.
- 36 "Esto es, que se han visto cometas en la oposición al Sol, pero no tan distantes como las estrellas fijas que habrían de verse libres de las pasiones de los tres [planetas] superiores, y a pesar de ello no se han visto sometidos a ellas, como dice en el primer libro de las Epístolas, fol. 149" (*Opere*, XI, p. 161).
- 37 Carta del 21 de Mayo de 1612 (*Opere*, XI, p. 300), donde insiste "sobre la resolución de aquella duda sobre los cometas aparecidos en oposición al Sol, que tuvo la fuerza de expulsar la hipótesis copernicana del ánimo del Sr. Tico".
- 38 Carta del 2 de Marzo de 1919 (*Opere*, XII, p. 443): "Los jesuitas han hecho público un Problema que se imprime y sostienen firmemente que está en el cielo; y algunos aparte de los jesuitas corren la voz de que tal cosa echa por tierra el sistema de Copérnico, siendo el más importante de los argumentos en contra".
- 39 *Opere*, V, pp. 397-412, 403 y sig.: "Cometas caelitus conspectos, et in Solis oppositio versantes, motui Terrae annuo minime obnoxios esse, cum tamen esse deberent, quia respecto ipsorum evanescere motum huiusmodi non est necesse, sicut in fixis syderibus, cum cometae praedicti illam maximam fixarum a Terra distantiam non habent".
- 40 Al menos eso pretende S. Drake (1978, p. 291). La tesis procede de Viviani, quien en el *Racconto* (*Opere*, XIX, pp. 615-16) dice que la disputa con Grassi "dio lugar a todas las controversias que nacieron al respecto, no menos que a todos los disgustos que el Señor Galileo recibió, desde aquel momento hasta sus últimos días, con eterna persecución en todas sus acciones y declaraciones". En 1633, G. Naudé, a la sazón bibliotecario de un cardenal en Roma, escribía a P. Gassendi señalando que el motor del ataque a Galileo está en "las maquinaciones del P. Scheiner y otros jesuitas que quieren eliminarlo" (*Opere*, XV, p. 87 y sig.).
- 41 "El cuarto argumento es una invención arbitraria de Tycho basada en algo que, en mi opinión, no observó ni podía haber observado jamás. Me refiero al movimiento de los cometas cuando están en oposición al Sol. Ahora bien, si es cierto, como creo con toda certeza, que sus colas siempre apuntan en dirección contraria al Sol, entonces es imposible que veamos alguno de ellos cuando están en oposición al Sol, ya que en tal caso su cola sería invisible" (*Opere*, VI, p. 554). Brahe observó el cometa, que tenía 1° de largo, entre Octubre y Noviembre de 1585 con los instrumentos grandes instalados en Uraniborg, datos que se publicaron en Brahe (1586).

Galileo también desacredita a Tycho como matemático en *Il saggiaiore*, donde señala que Brahe, en su investigación de las distancias de los cometas por la paralaje, no muestra la debida atención "a los primerísimos elementos de matemáticas". Cf. S. Drake y C.D. O'Malley (1960, p. 180 y sig. y nota 9). Tycho sabe que el método de Regiomontano partiendo de dos altitudes y azimutes no es bueno, aunque lo hace como ejercicio; cf. Brahe (1588, p. 156), y J.L.E. Dreyer (1977, p. 166 y nota 1).

- 42 En su *Responsio ad Ingoli* (*Gesammelte Werke*, Band XX, 1, p. 178), Kepler critica que Brahe negara la proyección del movimiento terrestre a los cometas en la oposición, dado que observa el movimiento aparente y no sabe cómo está realmente compuesto ni cuál es el propio. En realidad parte de la inmovilidad de la Tierra: "quod igitur propiis in Marte inque cometa positionibus effecit, id communi Telluris motui subtrahit, quippè quem nullum esse statuit." Y continúa con su propia doctrina de que los cometas siguen una trayectoria casi rectilínea, que se combina con el movimiento terrestre.
- 43 "Al tenerse a sí mismo por árbitro y director de todos los asuntos astronómicos, sólo encuentra verdadero y correcto aquello que coincide con sus observaciones o imaginaciones; así pues, tras inventar una teoría de los cometas muy implausible, nada vio en los cometas que pudiera apoyar la hipótesis copernicana y prefirió negar y rechazar esta última antes que abandonar su propia quimera" (*Opere*, VI, p. 554).
- 44 Biagioli (1993, Cap. V) explica la posición de Galileo exclusivamente en términos de la lucha por el patrocinio y el favor de mecenas en un contexto cortesano, negando la función cosmológica de los cometas en la lucha entre Copérnico y Brahe. Aunque su exposición del contexto cortesano es sin duda interesante, la negación de las implicaciones cosmológicas de los cometas es demasiado forzada, como trato de mostrar aquí.
- 45 La reacción de Grassi a las acusaciones de seguir a Tycho fue la siguiente: "¿Acaso es un crimen? ¿A quién habría de seguir? ¿A Ptolomeo, cuyos partidarios tienen el cuello amenazado por la espada desenvainada por Marte que se halla más cerca? ¿Acaso a Copérnico? Pero él, que es piadoso, los alejará más bien a todos de sí y rechazará y despreciará su propia hipótesis recientemente condenada. Por consiguiente, Tycho es el único a quien podemos tener por guía en los desconocidos cursos de los astros" (*Opere*, VI, p. 116; las cursivas son mías).
- 46 En su obra de 1612, el Jesuita C. Scheiner había tratado también de vestir el hábito de descubridor de novedades celestes para encontrarse con una contundente respuesta de Galileo (*Istoria*, *Opere*, V, pp. 71-260), superior en observaciones e interpretación. La animadversión de Scheiner a raíz de ello no tuvo fin y probablemente influyó en la *Ratio* (1626) de Grassi con ocasión de su estancia en Roma entre 1624 y el juicio de Galileo en 1633, período en el que escribió su *Rosa ursina* (1626-1630) atacando desmedidamente a Galileo. Véase la opinión de éste más abajo en la nota 62.
- 47 Aparte de la paralaje, Grassi había utilizado el escaso aumento de los cometas con el telescopio como prueba de su lejanía, pensando que el aumento es inverso de la distancia, error con el que se ensañaron Galileo-Guiducci.
- 48 Si el cometa de 1619 fuese el mismo que el de 1577, su período sería de unos 41 años, por lo que en 40 días debería recorrer 1° de su órbita; ahora bien, en esos cuarenta días en la proximidad de la Tierra presentó un movimiento aparente de casi 90° contra la esfera de las fijas, lo que exige un alejamiento posterior desmesurado. Aunque era frecuente construir órbitas ovales, la excentricidad nunca era grande. Ni siquiera a Kepler, que introdujo elipses de pequeña excentricidad para los planetas, se le ocurrió aplicar a los cometas órbitas elípticas muy excéntricas, prefiriendo considerar que se movían en línea recta; cf. Kepler, 1619. La excentricidad de la órbita de los cometas de período corto anda entre 0,5 y 0,9, mientras que la de los planetas entonces conocidos os-

cila entre 0,007 de Venus (prácticamente un círculo) y 0,2 de Mercurio. Todavía en 1681 Newton defendía contra Flamsteed que los cometas se movían en línea recta y eran ajenos al sistema gravitatorio. Hasta el año siguiente no cambió de opinión aplicando la dinámica gravitatoria a los cometas.

- 49 El hecho de que el cometa de 1577 se viese vespertino y se alejase del Sol con movimiento directo (hacia el Este), mientras que el de 1618 se viese matutino y se alejase del Sol con movimiento retrógrado (hacia el Oeste) es una consecuencia trivial de su hipótesis de los cometas como fenómenos ópticos en un vapor ascendente (*Opere*, VI, pp. 92-4).
- 50 Será preciso "añadir alguna otra razón de tal desviación aparente", cosa que "no osaré hacer". Para ello habría que conocer la estructura del mundo, que tan sólo "podemos conjeturar entre sombras", ya que "la prometida por Tycho quedó sin terminar" (*Opere*, VI, p. 98 y sig.).
- 51 C. Scheiner había hecho con las manchas solares lo inverso que ahora hace Galileo: negar que fuesen fenómenos de la fotosfera solar y convertirlas en cuerpos celestes; pero la causa es la misma: la polémica sobre el copernicanismo, esta vez apoyado por las manchas solares. La diferencia estriba en que Galileo no podía aspirar a la ayuda de la policía contra el fraile.
- 52 *Opere*, XIV, p. 49; las cursivas son mías. Diodati le había preguntado el 22 de Abril anterior por "el Diálogo sobre el flujo y reflujo del mar para establecer el nuevo sistema". Ese era el plan pertinente y no una comparación *inconcluyente* de las razones a favor de Ptolomeo y Copérnico, como señala el título de la obra publicada.
- 53 En el *Diálogo* se alude a Tycho por las novas, por datos y mediciones astronómicas (las menciones más abundantes), por los supuestos efectos del movimiento diurno, por el gran radio que Copérnico debe otorgar a la esfera estelar, por las variaciones del Polo, y con ocasión de la crítica a S. Chiaramonti. Nada se dice de su sistema del mundo frente al copernicano.
- 54 Véase, M.L. Altieri Biagi (1995) (su tesis, sin embargo, no es aceptada por Besomi y Helbing en Galileo 1998). En carta a Diodati del 16 de Agosto de 1631, Galileo se quejaba de que la censura no le había permitido mencionar las mareas en el título y sólo le había concedido que hablase de *los dos principales sistemas* suspendiendo el juicio (*Opere*, XIV, p. 289).
- 55 Esta era la estrategia de R. Bellarmino para poder usar la teoría copernicana sin afirmar la verdad de la misma. Véase la carta a P.A. Foscarini del 12 de Abril de 1615: "Vuestra Paternidad y el Sr. Galileo obrarán prudentemente si se contentan con hablar ex suppositione y no en términos absolutos (...) Decir que suponiendo que la Tierra se mueve (...) se salvan las todas las apariencias mejor (...) está muy bien dicho y no entraña ningún peligro, lo que es suficiente para el matemático. Pero pretender que el Sol esté en el centro (...) y que la Tierra gire es algo muy peligroso".
- 56 En el título del *Diálogo* hubo de señalar que las razones a favor de ambos sistemas se proponían inconcluyentemente (*indeterminatamente*), mientras que en el prólogo "Al prudente lector" (que le impusieron los censores) insiste en que defiende la teoría de Copérnico "como pura hipótesis matemática" y expone el plan contradictorio de demostrar primero "que todas las experiencias factibles en la Tierra son medios insufi-

- cientes para deducir su movilidad" y después, que las mareas se explican por el movimiento terrestre. (Puede encontrarse otra conjetura de por qué Galileo no ataca el sistema tiónico en *Diálogo*, 1994, p. 49, nota 51.)
- 57 Apud M.A. Finocchiaro (1989, p. 229 y sig.).
- 58 Para el tipo de conflictos implicados, véase el Cap. VIII de P. Redondi (1983).
- 59 Al final del *Diálogo (Opere)*, p. 487), Sagredo menciona tres "grandes pruebas a favor del sistema copernicano": las paralajes anuales de los planetas, las mareas y lo que se observa en las manchas del Sol. Mientras que el primer argumento está sujeto a la relatividad visual (Tycho lo salva con el movimiento del Sol), los otros dos entrañan consideraciones físicas y dinámicas insuperables para Tycho. H. Margolis (1991) identifica este argumento como la causa de la ira papal, pues las instrucciones habrían incluido no tocar a Tycho.
- 60 *Ibid.*, p. 249 y sig. La cuestión se plantea en la p. 354 con el problema de cómo repartir el reposo, el movimiento diurno y el anual entre la Tierra, las estrellas y el Sol.
- 61 *Ibid.*, p. 372. El argumento se desarrolla básicamente en las pp. 374-382 y, tras una larga digresión sobre un libro de Locher, se retoma en la p. 417 y sig.
- 62 Carta a Micanzio del 9 de Febrero de 1636 (*Opere*, XVI, pp. 390-91). Niega la pretensión de C. Scheiner en *Rosa ursina* de haber descubierto la inclinación antes que él y añade que, en cualquier caso, Scheiner no sacó nada en limpio de sus observaciones, mientras que a él le sirvió para descubrir el secreto del universo (el movimiento terrestre). La "rabia canina" de Scheiner se explica porque sólo Galileo ha observado "tantas y tan grandes novedades, de las cuales se puede decir que ésta es la máxima", mientras que aquél, "habiendo tenido en la mano esta joya tan preciosa, no ha sabido reconocerla".
- 63 La crítica al tercer movimiento había aparecido ya en el apartado 40 de *Il saggiaiore*, donde señala que el tercer movimiento "non è altramente un muoversi, ma un non si muovere ed una quiete", y se reproduce en el *Diálogo*, p. 424 y sig., esta vez aplicado a mostrar que la explicación copernicana del patrón de manchas es trivial mecánicamente.
- 64 *Ibid.*, p. 425 (las cursivas son más). Se trata por tanto de un movimiento "muy natural y sin ninguna causa motriz" (p. 424).
- 65 Cf. el análisis de A.M. Smith, 1985, en especial las pp. 447-50. Para la logomaquia de los hermeneutas, véase la excelente nota 73 de las pp. 309-10 de la edición de Beltrán de Galileo (1994).
- 66 Demasiado contundente. Durante el proceso contra Galileo de 1633, los Barberini maniobraron para no prolongar un juicio que escandalizaba a media Europa. La estrategia (cf. La carta de V. Maculano a F. Barberini del 28 de Abril de 1631) consistió en convencer a Galileo de que aceptase su "error" y confesase a cambio de la promesa de una sentencia benévola (sobre el trato extrajudicial, véase Beltrán 2001). Galileo se acusó de haber expuesto dos argumentos positivos (no *inconsecuentes*) a favor del movimiento de la Tierra, el de las manchas solares y el de las mareas, por vanidad, ignorancia y ligereza (*Opere*, XIX; Documento XXIV, lín. 117-121). Fue condenado a cadena perpetua.

- ⁶⁷ Galileo lo sabía, pues en una carta a Diodati del 25 de Julio de 1634 (*Opere*, XVI, pp. 115-119, especialmente 117), contaba que Grienberger le había dicho a un amigo que los males de Galileo derivaban de no haberse ganado el afecto de los jesuitas, pues de haberlo hecho viviría entre honores y podría escribir de cualquier cosa, incluido el movimiento de la Tierra.

BIBLIOGRAFIA

- Altieri Biagi, M.L.: 1995, 'L'Incipit del Dialogo sopra i massimi sistemi', in *Galileo Galilei e la cultura veneciana*, Venecia, Istituto Veneto di Scieze, Lettere ed Arti, pp. 351-361.
- Beltrán, A.: 2001, 'Tratos extrajudiciales, determinismo procesal y poder', in *Actas del "Eurosymposium Galileo 2001"*, 19-23 de Febrero del 2001 (en prensa).
- Biagioli, M.: 1993, *Galileo Courtier*, The University of Chicago Press.
- Brahe, T.: 1596, *Epistolarum astronomicarum libri*, Uraniborg; ahora también en Brahe (1913-1929, Vols. VI-VIII).
- : 1586, *Diarium astrologicum*, Uraniborg.
- : 1588, *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis*, Uraniborg; Praga, 1603; Frankfurt, 1610, por donde se cita.
- : 1602, *Astronomiae instauratae progymnasmata*, Praga,; Frankfurt, 1610.
- : 1913-1929, *Tychonis Brahe Dani Opera Omnia*, ed. J.L.E. Dreyer, 15 Vols. Copenhague, Gyldendaliana.
- Bucciantini, M.: 1995, *Contro Galileo*, Florencia, Leo Olschki.
- Clavio, C.: 1570, *In sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius*, Roma, Vittelianum (y seis ediciones en vida del autor, la última de las cuales es de 1611, en Vol. 3 de *Opera mathematica*, Mainz, 1612).
- Copérnico, N.: 1543, *De revolutionibus orbium coelestium*, Nuremberg, Johan Petreius; edición y traducción de Carlos Mínguez, *Sobre las revoluciones (de los orbes celestes)*, Madrid, Tecnos, 1989.
- Chiaromonti, S.: 1621, *Antitycho*, Venecia.
- Delambre, J.B.J.: 1821, *Histoire de l'astronomie moderne*, París, Courcier, Librairie pour les Sciences. Edición facsímil de I.B. Cohen, Nueva York, Jonson Reprints, 1969.
- Drake, S.: 1957, *Discoveries and Opinions of Galileo*, Nueva York, Anchor Books.
- : *Galileo at Work. His Scientific Biography*, The University of Chicago Press, 1978.
- Drake, S., y O'Malley, C.D.: 1960, *The Controversy on the Comets of 1618*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press.
- Dreyer, J.L.E.: 1890, *Tycho Brahe*, Edinburgo, Adam and Charles Black; Gloucester, Mass., Peter Smith, 1977, por donde se cita.
- Finocchiaro, M.A.: 1989, *The Galileo Affair*, University of California Press.
- Galilei, G.: 1890-1909, *Le opere di Galileo Galilei*, Edizione Nazionale a cura di A. Favaro, 20 Volúmenes, Florencia, G. Barbèra Editrice. (Hay reimpressiones posteriores.)
- : 1994, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*, edición de Antonio Beltrán Marí, Madrid, Alianza.
- : 1998, *Diálogo...*, edición crítica y comentario de O. Besomi y M. Helbing, 2 Volúmenes, Padua, Antenore.
- Galileo-Kepler: 1984, *El mensaje y el mensajero sideral*, edición de C. Solís, Madrid, Alianza.

- Grassi, O.: 1619, *De tribus cometis anni M.DC.XVIII disputatio astronomica*, Roma, Iacobus Mascardus.
- : 1619, *Libra astronomica ac philosophica*, Perugia, Marco Naccarini.
- : 1626, *Ratio ponderum librae et simbellae*, París, S. Cramoisy.
- Hellman, D.: 1944, *The Comet of 1577. Its Place in the History of Astronomy*, Nueva York, Columbia University Press.
- Jervis, J.L.: 1985, *Cometary Theory in Fifteenth-Century Europe*, Dordrecht, Reidel.
- Kepler, J.: 1596, 1621, *Prodormus...Misterium cosmographicum*, Tubinga; edición y traducción española de E. Rada, *El secreto del universo*, Madrid, Alianza, 1992, por la que se cita.
- : 1609, *Astronomia nova... seu physica coelestis... de motibus stellae Martis*, Praga.
- : 1600, *Apología Tychonis contra Nicolaum Raymarum Ursum*. Publicado por vez primera en Ch. Frisch (ed.), *Joannis Kepleri astronomi opera omnia*, Frankfurt-Erlangen, 1858-1871; Vol. I, 1858, pp. 236-276.
- : 1619, *De cometis libelli tres*, Augsburg.
- : 1937-, *Johannes Kepler Gesammelte Werke*, ed. W. von Dick, M. Caspar y F. Hammer, Munich, Beck.
- Lattis, J.M.: 1994, *Between Copernicus and Galileo*, University of Chicago Press.
- Lerner, M.-P.: 1992, *Tre saggi sulla cosmologia alla fine del Cinquecento*, Nápoles, Bibliopolis.
- : 1997, *Le monde des sphères*, 2 volúmenes, París, Les Belles Lettres.
- Maestlin, M.: 1578, *Observatio et demonstratio cometae aetherei, qui anno 1577 et 1578 constitutus in spohaera Veneris apparuit...*, Tubinga, Gruppenbachius.
- McMullin, E.: 1998, 'Galileo on Science and Scripture', in P. Machamer (ed.): *The Cambridge Companion to Galileo*, Cambridge University Press, pp. 271-347.
- Margolis, H.: 1991, 'Tycho's System and Galileo's *Dialogue*', *Stud. Hist. Phil. Sci.* 22, 259-275.
- Palmieri, P.: 'Galileo did not Steal the Discovery of Venus' Phases', in *Actas del "Eurosymposium Galileo 2001"*, 19-23 de Febrero del 2001 (en prensa).
- Peurbach, G.: c. 1457, *Iudicium super cometa qui anno Domini 1456 per totum fere mensem Junii apparuit*. Véase uno de los manuscritos en A. Lhotsky y K. Ferrari d'Ochieppo, 'Zwei Gutachten Georgs von Peuerbach über Kometen 1456 und 1457', *Mitteilungen des Institut für Österreichische Geschichtsforschung* lxxviii, 1960, 266-290.
- Ptolomeo, C.: 1987, *Las Hipótesis de los planetas*, edición completa de E. Pérez Sedeño, Madrid, Alianza.
- Redondi, P.: 1983, *Galileo eretico*, Turín, Einaudi. Traducción de A. Beltrán, *Galileo herético*, Madrid, Alianza, 1990.
- Regiomontanus, J.: 1531, *De comete magnitudine, longitudineque ac de loco eius vero, problemata XVI*, editado póstumamente por J. Schöner en Nuremberg, F. Peypus. Ahora en J. Jervis (1985, pp. 170-193).
- : 1574, *De cometis*, atribuido a Regiomontano; en Apéndice a T. Hagecium, *Dialexis*, Frankfurt. Cf. J. Jervis (1985, pp. 114-120 y 195-196).
- Riccioli, G.: 1651, *Almagestum novum*, Bolonia, Ex Typ. haeredis V. Benatij.
- Scheiner, C.: 1612, *Tres epistolae de maculis solaribus scriptae ad Marcum Velsorum*, Augsburg.
- : 1626-1630, *Rosa Vrsina sive, Sol ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius*, Brescia, apud A. Phaenum typographicum ducalem.
- Smith, A. Mark: 1985, 'Galileo's Proof for the Earth Motion from the Movement of Sunspots', *Isis* 76, 543-51.
- Solis, C.: 'La cosmología oculta de Galileo', in *Actas del "Eurosymposium Galileo 2001"*, 19-23 de Febrero del 2001 (en prensa).

- Vögelin, J.: 1533, *Significatio cometae qui anno 1532 apparuit*, Viena.
- Westman, R.: 1972, 'The Comet and the Cosmos: Kepler, Maestlin, and the Copernican Hypothesis', *Colloquia Copernicana*, Vol. 1, Wroclaw, Ossolineum, pp. 7-30.
- Yeomans, D.K.: 1991, *Comets*, Nueva York, Wiley.

Carlos Solís fue profesor de Historia y Filosofía de la Ciencia en la Universidad Autónoma de Madrid. Durante dos años realizó trabajos postdoctorales en Princeton con T. Kuhn. Actualmente es catedrático de Historia de la Ciencia en la UNED. Ha estudiado la revolución científica, la ingeniería alejandrina, el ciclo hidrológico, la sociología de la ciencia y su impacto en la historia y la filosofía de la ciencia, temas sobre los que ha publicado artículos y libros.