



Contra el escepticismo: la teoría de las hipótesis de Johannes Kepler

Diego Pelegrin

Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. E-mail: diegopelegrin@hotmail.com

RESUMEN. A lo largo del siglo XVI se había extendido entre los grupos humanistas luteranos liderados por Melanchton, y en particular entre los astrónomos pertenecientes a dichos grupos, una visión escéptica relativa al *status* de las hipótesis astronómicas. Las hipótesis tendían a ser concebidas como meros dispositivos orientados a salvar las apariencias (instrumentos de cálculo), más que como entidades destinadas a describir la estructura real del universo. Hacia fines del siglo, Johannes Kepler atacará violentamente esa forma de escepticismo. En su *Apologia pro Tychone contra Ursum*, el joven Kepler despliega una estrategia orientada a derrumbar los fundamentos sobre los que se sostiene el escepticismo, lo cual lo conduce a introducir una serie de innovadoras ideas concernientes a la naturaleza de las hipótesis astronómicas. Considero que por debajo de la estrategia desplegada por Kepler subyace una novedosa concepción de la naturaleza de las hipótesis astronómicas.

Palabras-clave: filosofía de la ciencia, historia de la ciencia, historia de la astronomía, hipótesis geométricas, hipótesis astronómicas, realismo.

Against skepticism: Johannes Kepler's theory of hypothesis

ABSTRACT. During the 16th century, a skeptical approach on the status of astronomical hypothesis was widely spread among Lutheran communities and particularly among the astronomers belonging to those communities. Astronomical hypotheses were conceived as mere devices to save appearances (calculation tools), much more than entities to describe the real structure of the universe. Towards the end of century, Johannes Kepler hardly attacks this kind of skepticism. In his *Apologia pro Tychone contra Ursum*, the young Kepler introduces a set of fresh ideas concerning the nature of astronomical hypothesis as part of a strategy deployed against skepticism. I suggest that a new theory of hypothesis underlies Kepler's strategy.

Keywords: philosophy of science, history of science, history of astronomy, geometrical hypothesis, astronomical hypothesis, kepler.

Introducción

A lo largo del siglo XVI se había extendido entre los astrónomos y, en particular, entre los astrónomos de extracción luterana, una visión escéptica relativa al *status* de las hipótesis astronómicas (BARKER; GOLDSTEIN, 1988; JARDINE, 1979; 1988; WESTMAN, 1972; 1975). El problema de la equivalencia observacional de hipótesis contradictorias entre sí, había conducido a los astrónomos a dudar de la capacidad de las hipótesis astronómicas para describir la estructura real del universo. La publicación del *De Revolutionibus orbium coelestium* (1543) de Copérnico, en la medida en que intensificaba el problema de la equivalencia observacional, no había hecho más que acentuar la tendencia al escepticismo.

Hacia fines del siglo, Johannes Kepler se propone combatir a los escépticos desde una posición francamente realista. Su estrategia de combate se orienta a neutralizar el argumento

fundamental del escepticismo: la equivalencia observacional de hipótesis contradictorias entre sí. En el marco de su estrategia Kepler introduce dos interesantes innovaciones: i) la posibilidad de que una hipótesis falsa contenga un elemento de verdad en virtud del cual se explica el éxito de la hipótesis y ii) la distinción entre lo que considera dos tipos de hipótesis 'de naturaleza muy diferente': las 'hipótesis astronómicas' y las 'hipótesis geométricas'.

En lo que sigue analizaré el significado y algunas consecuencias epistemológicas de las innovaciones de Kepler. Mi exposición estará basada principal aunque no exclusivamente en la *Apologia pro Tychone contra Ursum*¹, un manuscrito que Kepler comenzó a elaborar en 1600 y abandonó inconcluso en 1601, luego de la muerte de Tycho Brahe².

¹ Tomaré como referencia la edición de la *Apologia pro Tychone contra Ursum* de N. Jardine (1988).

² Para un exhaustivo estudio del origen y el significado general de la *Apologia* ver Jardine (1988) y Jardine y Segonds (2008).

Sobre la naturaleza de las hipótesis astronómicas

En el primer capítulo de su *Mysterium Cosmographicum* (1596) el joven Kepler se enfrenta a la siguiente cuestión: Puesto que i) tanto las hipótesis de Ptolomeo como las de Copérnico dan adecuada cuenta de los fenómenos celestes y que ii) las hipótesis ptolemaicas y las copernicanas no pueden ser ambas verdaderas, resulta que iii) o bien las hipótesis de Ptolomeo o bien las de Copérnico son falsas y iv) las verdaderas apariencias se siguen de hipótesis falsas (cf. KEPLER, 1994 [1596], p. 76). Se trata, claro está, de una de las tantas formas que adopta el problema de la equivalencia observacional de hipótesis que son físicamente contradictorias entre sí. No se trata, por cierto, de un problema menor. Si fuera cierto que ‘lo verdadero puede seguirse sistemáticamente de lo falso’, si fuera cierto que hipótesis falsas pueden dar adecuada cuenta de los fenómenos celestes, los escépticos tendrían un argumento incontestable contra toda posibilidad de afirmar la verdad o incluso la verosimilitud de cualquier hipótesis astronómica y, consecuentemente, las hipótesis no deberían ser consideradas más que como meros artificios destinados a ‘salvar las apariencias’.

Kepler propone la siguiente solución:

De las hipótesis que dan cuenta de las causas permanentes de las apariencias y que están conformes con la observación, Copérnico no niega nada, antes bien las asume y explica todas. Pues, aunque parece que cambió muchas cosas en las hipótesis usuales, de hecho esto no es así. Pues puede ocurrir que la misma conclusión acontezca con dos supuestos de distinta especie debido a que ambos están contenidos bajo un mismo género y el asunto de que se trata es consecuencia directa del género. Así Ptolomeo no demostró el nacimiento y oceso de los astros mediante un término medio equivalente tal como: ‘la Tierra está en el centro inmóvil’, ni Copérnico demuestra esto mismo mediante la premisa intermedia ‘porque la tierra gira a cierta distancia del centro’. Pues a ambos basta decir (como lo hicieron uno y otro) que esto ocurriría así porque entre el cielo y la tierra medía alguna diferencia de movimientos... Por tanto Ptolomeo, si demostró algunos fenómenos, no lo hizo mediante algún término medio falso y accidental. Únicamente contravino la ley de *kat'auto* [verdad esencial] en tanto que creyó que se producía en virtud de la especie lo que ocurre en virtud del género. (KEPLER, 1994, p. 76-77, cursivas en el original).

En este pasaje Kepler afirma que las hipótesis de Ptolomeo y las de Copérnico son ‘observacionalmente equivalentes’ porque son ‘cinéticamente equivalentes’. Por lo tanto, es preciso interpretar el ‘género’ común al que pertenecen

ambas hipótesis como una hipótesis sobre ‘movimiento relativo’ (JARDINE, 1979, p. 158). Es bueno recordar que hacia fines del siglo XVI no estaba definida la noción de ‘movimiento relativo’ (cf. PALTER, 1975).

Unos años más tarde, en la *Apologia*, Kepler vuelve sobre el mismo problema. “¿Acaso aquello que es verdadero se sigue del mismo modo de aquello que es verdadero y de aquello que es falso?” [...], se pregunta; “¡Lejos de eso!” [...], responde (KEPLER en: JARDINE, 1988, p. 91)³. Y agrega que muchas de las ocurrencias celestes no suceden ni por el movimiento del cielo ni tampoco por el movimiento de la tierra, sino más bien porque ocurre un grado de separación de movimientos entre la tierra y el cielo (KEPLER en: JARDINE, 1988, p. 142; JARDINE, 1979, p. 163). Por lo tanto, asegura Kepler, las apariencias son demostradas

[...] por dos hipótesis, en la medida en que estas [hipótesis] caen bajo un mismo género, y no en la medida en que difieren. Puesto que ambas son una para el propósito de la demostración, para el propósito de la demostración no son ciertamente proposiciones contradictorias. Y aunque una contradicción física sea inherente a ellas, ésta es completamente irrelevante para la demostración. (KEPLER en: JARDINE, 1988, p. 91)⁴.

Sinteticemos la solución que propone Kepler: aun cuando en conjunto sean contradictorias, las hipótesis de Ptolomeo y las de Copérnico son comunes en tanto y en cuanto hacen referencia al mismo ‘movimiento relativo’.

Destaquemos un aspecto fundamental de la solución. Kepler parece sugerir que aun cuando las hipótesis de Ptolomeo sean en conjunto falsas (La tierra no está en el centro inmóvil), contienen un elemento de verdad (la referencia a una separación de movimientos entre cielo y tierra). Y es en virtud de ese contenido verdadero compartido con las hipótesis copernicanas (ambas hacen referencia al mismo movimiento relativo) y no en virtud de lo que en ellas hay de falso, que las hipótesis ptolemaicas permiten salvar determinados fenómenos celestes.

Aunque elegante e innovadora, la solución de Kepler no resuelve completamente el problema de la equivalencia observacional. En efecto, ¿qué sucede cuando se trata de analizar la cuestión de la equivalencia

³ “Ex falso igitur aequum ac ex vero verum siquitur? Minime gentium.”

⁴ “[...] per duas hypotheses, quatenus illae sunt sub uno genere, non quatenus inter se differunt. Cum ergo causa demonstrationis unum sint, causa demonstrationis etiam non erunt contradictoria. Ac etsi illis adhaereat contradictio physica, tamen demonstrationem jam nihil attinet.”

observacional, no ya de las hipótesis de Ptolomeo y Copérnico, sino de las hipótesis de la concéntrica con epiciclo y de la excéntrica utilizadas para representar el hecho de que un planeta demora más tiempo en recorrer una mitad del círculo de la eclíptica que la otra? Una vez más, se trata de hipótesis que si bien dan perfecta cuenta del fenómeno en cuestión, son físicamente contradictorias y no pueden ser ambas verdaderas. En esta ocasión no es posible recurrir a la solución del movimiento relativo: la hipótesis del epiciclo y la de la excéntrica suponen un mismo sistema de referencia centrado en la tierra y la misma disposición de los astros, con lo cual todo recurso a la postulación de una 'separación de movimientos' está bloqueado. Por lo tanto, en este otro caso, ¿se sigue lo verdadero a la vez de lo verdadero y de lo falso? '¡Lejos de eso!', vuelve a responder Kepler y agrega:

Ofrezco la misma solución que [en el caso anterior]. Que lo que hace demorar al planeta en un semicírculo [de la eclíptica] más tiempo que en el otro es enunciado [por ambas hipótesis], tanto por la que postula una excéntrica como por la que postula una concéntrica con epiciclo. En efecto, una y otra introducen esta proposición general: que la parte más larga del círculo planetario se encuentra sobre esa mitad del círculo [de la eclíptica]. Como este término medio adecuado y propio de la demostración está presente en su generalidad en ambas hipótesis, aquello que cada hipótesis dice específicamente, haya o no contradicción, permanece irrelevante para los fines de la demostración. Sin duda, nosotros no atribuimos ojos y la facultad humana de razonar a los planetas de modo que puedan marcar tal o cual punto con la ayuda de un compás (...) De aquí que, ni una ni otra suposición merezca el título de 'hipótesis astronómica', sino más bien lo que ambas tienen en común, a saber: que se asume y postula que hay una porción mensurada y determinada del círculo que atraviesa el planeta que está sobre una mitad del círculo [de la eclíptica]. Esta es, finalmente digo, una hipótesis correcta que permite demostrar la duración de la permanencia del planeta en ese semi-círculo. (KEPLER en: JARDINE, 1988, p. 91-92, el resaltado es de Kepler)⁵.

La solución a este nuevo problema es sumamente críptica. Kepler sostiene que las hipótesis de la excéntrica y la de la concéntrica con epiciclo permiten demostrar cierto aspecto de la órbita del planeta (la

duración desigual de su permanencia en una u otra mitad del círculo de la eclíptica) solo en la medida en que ambas introducen una tercera hipótesis común a ambas (que hay una parte más larga de la órbita del planeta en una determinada mitad de la eclíptica). Esa parece ser la solución que propone Kepler: que aun cuando ambas hipótesis tengan sus particularidades, y aun cuando globalmente puedan ser contradictorias entre sí, en lo que respecta a las especificidades de la demostración, ambas hipótesis son una en la medida en que introducen una misma tercera hipótesis correcta.

Pero, cabe que nos preguntemos: ¿qué son exactamente las hipótesis de la excéntrica y la de la concéntrica con epiciclo? Es en respuesta a esta pregunta que Kepler introduce su innovación. En el pasaje recién citado, sugiere, no sin gran ironía, que no son los planetas sino los astrónomos los que dibujan epiciclos y excéntricas sobre los cielos, de lo cual concluye que ninguna de estas dos hipótesis merece ser considerada 'astronómica'. Por lo tanto, podemos conjeturar que en la perspectiva de Kepler los modelos planetarios que utilizan la concéntrica con epiciclo y los que hacen uso de la excéntrica no son más que formas geométricas diferentes de expresar una misma hipótesis astronómica subyacente: no son más que diferentes representaciones de una misma hipótesis astronómica. En palabras de Kepler:

Así, si un astrónomo afirma que el trayecto de la luna describe una forma oval, es una hipótesis astronómica. Pero cuando muestra por medio de qué círculos una forma oval de ese tipo puede ser construida, emplea hipótesis geométricas. (KEPLER en: JARDINE, 1988, p. 98)⁶.

Hecha la distinción, el paso siguiente de Kepler es asociar cada tipo de hipótesis a diferentes aspectos de la práctica astronómica:

En conjunto –afirma Kepler–, hay tres cosas en astronomía: hipótesis geométricas; hipótesis astronómicas; y los movimientos aparentes de los astros en sí mismos. En consecuencia, hay dos tareas distintivas para el astrónomo: la una, que pertenece realmente a la astronomía, es la de establecer hipótesis astronómicas de modo que los movimientos aparentes se sigan de ellas; la otra, que pertenece a la geometría, es la de establecer hipótesis geométricas de cualquier tipo (ya que a menudo puede haber varios tipos en geometría) de modo que de ellas aquellas hipótesis astronómicas, esto es, el movimiento verdadero de los planetas sin ser adulterado por la distorsión del sentido de la visión, a la vez se sigan y puedan ser resueltas. (KEPLER en: JARDINE, 1988, p. 98)⁷.

⁵ "Eadem enim respondeo, quae supra. Id quo conficitur, moras in alterutro semicirculo longiores fieri, ab utroque dicitur, et ab eo qui eccentricum ponit, et ab eo qui concentricum cum Epicyclo. Nam uterque generale hos assert, majorem circuli planetarii portionem esse in illo semicirculo. Hoc genuinum demonstrationis et coaequatum medium cum insit in utraque hypothesi generaliter, nihil jam demonstrationem attinebunt, quae uterque dicit in specie, sive pugnet illa, sive non. Neque sane planetis oculos et discursum intellectus humanum tribuimus, tu sibi circino vel hoc vel illud punctum signent... Non est igitur digna nomine 'hypotheseos astronomicarum' vel haec vel illa suppositio, sed id potius, quod utrique communiter inest, dum scilicet assumitur et supponitur carta et dimensa portio circuli, quem planeta decurrit, quae sit in uno circuli Zodiaci semisse. Haec inquam tandem est hypothesis justa, qua longitudo morae planetae in illo semicirculo demonstratur."

⁶ "Ita si quis astronomus dicat, viam lunae ovalem exprimere formam, hypothesis est astronomica, cum ostendit, quibus circulis hujusmodi ovalis figura confici possit, hypothesis utitur Geometricis."

⁷ "Summa, tria sunt in astronomia, Hypotheses Geometricae, Hypotheses

Algunos años más tarde, en el marco de los *Epitome Astronomiae Copernicanae* (1618), vuelve a formularla en términos apenas diferentes. Veamos el modo en que lo hace.

En el libro primero de los *Epitome*, Kepler insiste en diferenciar las tareas de la astronomía. De las cinco partes en las que divide el quehacer astronómico, nos interesa destacar únicamente dos. La primera está referida a las observaciones y Kepler la denomina –curiosamente– histórica. Se trata del registro de todas las observaciones que den cuenta del aspecto del mundo, de lo que cambia en el mundo (ya sea diariamente, anualmente o en períodos aún mayores).

La segunda, la *óptica*, hace referencia a las hipótesis. En esta parte, el esfuerzo se orienta “[...] a penetrar en las causas” de las apariencias, del “sumamente diverso aspecto exterior [del mundo]” (KEPLER, 2004, p. 202):

Cuando alguien se sirve del poder de su inteligencia – asegura Kepler –, enseguida salva la gran diversidad de las apariencias y produce una única forma, siempre semejante a sí misma, de los movimientos (o figura de los cuerpos); en cuanto a sus demostraciones, [produce] toda clase de métodos que se acomoden a las leyes y teoremas de la geometría y la óptica, pues tales métodos se encuentran subordinados a la geometría. Por tanto, al reflexionar de este modo acerca de la forma de los movimientos, se alcanza la naturaleza misma de las cosas: lo diferente se aproxima a lo diferente. Así, pues, cuando en esta difícil y ciega indagación de las causas se llega a los planes de la naturaleza, es necesario alejarse en algunos puntos de las opiniones propias, incluso si éstas salvan las apariencias celestes. El uso obliga a que llamemos hipótesis a aquella opinión de los especialistas más célebres con que se explican las causas de las apariencias celestes (KEPLER, 2004, p. 203).

Finalmente, aclara que existen “[...] tres formas de hipótesis: la de Ptolomeo, la de Copérnico y la de Tycho Brahe” (KEPLER, 2004, p. 203). Notemos que, pese a que la distinción se mantiene, en esta oportunidad Kepler no denomina ‘hipótesis’ a los diversos dispositivos geométricos utilizados para ‘salvar las apariencias’.

Este es el modo en que Kepler formula sus innovaciones. Sin duda constituyen elementos fundamentales de su modo de comprender la práctica de la astronomía. Sin duda, también, son muchos los problemas que le plantean al análisis epistemológico.

Conclusiones

Quisiera destacar algunas cuestiones que me parecen importantes respecto a las innovaciones de Kepler. Tomemos, en primer lugar, la cuestión de la verdad o falsedad de las hipótesis astronómicas. Kepler sugiere que aun cuando una hipótesis sea globalmente falsa puede contener un elemento de verdad, y es en virtud de ese contenido verdadero que una hipótesis falsa puede dar cuenta de determinados fenómenos celestes. Así, el éxito de las hipótesis de Ptolomeo relativas al movimiento aparente del Sol se explica en que esas hipótesis al igual que las de Copérnico hacen referencia a la hipótesis de la ‘separación de movimientos’ entre Tierra y Sol. Esto es, a la hipótesis del ‘movimiento relativo’. Una hipótesis que, por cierto, hace referencia más a las relaciones que establecen los cuerpos celestes entre sí que a la situación particular de esos cuerpos. ¿Acaso no está diciendo Kepler que el contenido de verdad y el éxito de las hipótesis de Ptolomeo radica en que describen correctamente la estructura de las relaciones entre Tierra y Sol aun cuando falle en describir la situación particular de los cuerpos? ¿Acaso no está diciendo, también, que ese contenido verdadero se mantiene en el pasaje de las hipótesis de Ptolomeo a las de Copérnico? Difícil no reconocer en esta idea de Kepler algunos refinados argumentos del realismo moderno.

Tomemos, ahora, la distinción entre hipótesis geométricas y astronómicas. Es claro que la distinción de Kepler implica a su vez una distinción de objetos y objetivos. Más exactamente, cada tipo de hipótesis tiene un objeto y un objetivo bien diferenciado. El objeto de las hipótesis geométricas es el conjunto de los datos observacionales, las apariencias. Y su objetivo es no sólo salvar las apariencias, sino también producir una ‘única forma’ siempre ‘semejante a sí misma’ de los movimientos aparentes de los astros. El objeto de las hipótesis astronómicas es ‘la naturaleza misma de las cosas’, ‘los planes de la naturaleza’, ‘las trayectorias genuinas’ de los cuerpos celestes, ‘el movimiento verdadero de los planetas sin ser adulterado por la distorsión del sentido de la visión’. Y su objetivo es describir la estructura física real del Universo de la cual se puedan derivar todos los fenómenos observables.

Acá aparece un elemento importante. Tengamos presente que para Kepler las hipótesis geométricas, a diferencia de las hipótesis astronómicas, no tienen correlato físico. Dice Kepler que estas hipótesis deben ser construidas mediante formas ‘únicas’ siempre ‘semejantes a sí mismas’... Es decir, por

Astronomicae, et ipsi apparentes stellarum motus; propterea et duo distincta astronomi officia, alterum vere astronomicum, Hypotheses astronomicas tales constituere, ex quibus apparentes motus sequantur; alterum Geometricum, hypotheses Geometricas cujuscunque formae (variae namque saepe in Geometria esse possunt) tales constituere, ex quibus hypotheses illae priores astronomicae, hoc est, veri planetarum motus, non adulterati visus commutatione, et sequantur et calculentur.”

medio de movimientos circulares y uniformes.⁸ Esto es fundamental puesto que muestra que para Kepler los principios de circularidad y uniformidad del movimiento no constituyen aspectos físicos o metafísicos del universo, sino reglas relativas a la construcción de las hipótesis geométricas. Es inútil insistir en la relación entre la concepción de las hipótesis que Kepler formula en el año 1600 y el descubrimiento pocos años después de sus dos primeras leyes.

Por otra parte, la distinción entre hipótesis geométricas y astronómicas implica además una distinción metodológica. Las hipótesis geométricas y las hipótesis astronómicas no pueden ser elaboradas siguiendo el mismo método constructivo. Lamentablemente no es mucho lo que dice Kepler respecto al método de construcción de hipótesis, sean astronómicas o geométricas. Creo que por hipótesis geométrica Kepler está pensando en un tipo particular de hipótesis que se construye mediante la superposición de dispositivos geométricos (círculo, excéntrica, sistema de epiciclo sobre deferente, ecuante) sobre un conjunto de datos observacionales. No veo que haya otra manera de interpretar lo que Kepler entiende por hipótesis geométrica.⁹

⁸ "[...] poner por escrito las trayectorias aparentes de los planetas y el registro de sus movimientos es la tarea especial de la parte práctica y mecánica de la astronomía; descubrir sus trayectorias genuinas es la tarea de la astronomía contemplativa; mientras que decir por medio de qué círculos y líneas imágenes correctas de esas trayectorias pueden ser representadas en papel concierne al tribunal inferior de los geómetras." (KEPLER en: JARDINE, 1988, p. 156)*

* "[...] vias planetarum apparentes, et historiam motuum libris promere, astronomiae potissimum Mechanicae et practicae partem esse: vias vero veras et genuinas invenire, opus esse astronomiae Contemplativae: at dicere, quibus circulis et lineis depingantur in papyro imagines justae verorum illorum motuum, ad inferiora Geometrarum subsellia pertinere."

⁹ Un ejemplo aclarará esta cuestión. Tomemos la hipótesis de la eclíptica, la hipótesis destinada a representar el movimiento aparente anual del sol (medio). Supongamos que no nos encontramos en latitudes cercanas a los polos. Cada día, si las condiciones climáticas así lo permiten, podemos observar que el sol sale por algún lugar situado en torno al este, asciende en el cielo hasta alcanzar su punto más elevado (mediodía) y luego desciende hasta ponerse en algún lugar situado en torno al oeste. Si suponemos que el sol recorre diariamente un círculo paralelo al ecuador celeste con velocidad constante y en sentido este-oeste, es decir, si suponemos que el sol tiene un movimiento análogo al movimiento de las estrellas fijas, podemos obtener una primera aproximación a los fenómenos de salida, ascenso, puesta y trayectoria diurna del sol. Sin embargo, esta primera aproximación no resulta del todo adecuada o, en todo caso, no resulta suficiente. El movimiento aparente del sol difiere en algunos aspectos importantes del movimiento aparente de las estrellas fijas. En primer lugar, en su recorrido diario, el sol se retrasa aproximadamente 1" por día respecto a las estrellas fijas. Si determinamos qué grupo de estrellas se encuentra un día determinado justo detrás del sol en el momento de su salida, podremos advertir que a medida que transcurren los días esas estrellas se van adelantando al sol, el cual saldrá por delante de otros grupos de estrellas. Al cabo de un año, le sacaran una vuelta completa y el sol volverá a salir por delante de esas mismas estrellas. Además, a diferencia de las estrellas fijas, que salen y se ponen siempre por los mismos puntos del horizonte, el sol va variando su punto de salida y puesta a lo largo del año, realizando una especie de movimiento de oscilación de ciclo anual en torno al punto equinoccial. A fin de 'salvar' el movimiento aparente del sol, los astrónomos antiguos supusieron que, además de un movimiento diurno, análogo al movimiento de las estrellas fijas, el sol tenía un segundo movimiento. Un movimiento anual mucho más lento y en sentido contrario a su rotación diurna, como si se moviera entre las estrellas fijas. Según esta hipótesis, a lo largo del año el sol describe un círculo con velocidad constante que se encuentra inclinado aproximadamente 23° respecto del ecuador celeste. Si proyectáramos la trayectoria anual del sol sobre el fondo de la esfera de las estrellas fijas, obtendríamos el círculo de la eclíptica. Siguiendo esta hipótesis, el movimiento aparente del sol puede ser perfectamente salvado. Pero, ¿de dónde proviene esta hipótesis? ¿Qué es exactamente el círculo de la eclíptica? Para responder estas preguntas nos valdremos de un experimento propuesto por Kuhn (cf. 1957, p. 22-23). Un día cualquiera, determinemos el grupo de estrellas que se encuentran justo detrás del sol en el

El problema de la construcción de las hipótesis astronómicas es de mucha mayor complejidad. El objeto de estas hipótesis no son los fenómenos sensibles y por lo tanto no pueden ser construidas por el método de superposición geométrica. Kepler afirma que las hipótesis astronómicas, los verdaderos movimientos de los cuerpos celestes, se derivan de las geométricas por medio de una 'difícil y ciega indagación', ¿pero de qué modo? ¿Cómo pasar del mundo de las hipótesis geométricas al de las hipótesis astronómicas? Es poco lo que Kepler dice al respecto. A juzgar por los dos ejemplos que menciona en la *Apología* (la órbita oval de la luna, la excéntrica y el epiciclo para representar cierto aspecto de la trayectoria del planeta), Kepler está pensando en el modo más sencillo de pasar de un tipo de hipótesis al otro. Me refiero al método que podría denominar proyectivo. Dado un dispositivo geométrico construido a partir de una serie de datos observacionales proyectarlo sobre el cielo. La trayectoria así trazada puede ser considerada una hipótesis astronómica. Si la aparición de nueva evidencia muestra que el trayecto descrito no se ajusta a los fenómenos observados, se pueden realizar distintos ajustes en los dispositivos geométricos para ajustarlos a los nuevos datos observacionales. De este modo se produce una retroalimentación entre hipótesis geométricas–fenómenos–hipótesis astronómicas que lleva a que las órbitas trazadas por el método proyectivo se ajusten cada vez mejor a la evidencia empírica. Creo que esta es a grandes rasgos la metodología que dominó la labor de la astronomía matemática hasta los tiempos de Copérnico.

Una última cuestión. La distinción entre hipótesis geométricas e hipótesis astronómicas permite comprender cierta tendencia filosófica de los astrónomos del pasado que ha sorprendido y acaso horrorizado a los filósofos del presente. Me refiero a la convivencia de inclinaciones realistas e instrumentalistas en un mismo autor e incluso en un mismo texto. La teoría de las hipótesis de Kepler hace comprensible esta situación. Es perfectamente legítimo que un astrónomo se declare realista

momento del ocaso y fijemos un punto sobre ellas. A lo largo del año, repitamos esto mismo unas cuantas noches hasta que el grupo de estrellas ubicado detrás del sol en el momento de su puesta vuelva a ser el mismo. Ahora unamos los puntos seleccionados del cielo por medio de una línea imaginaria. El resultado será un círculo que está algo inclinado con respecto al círculo del ecuador celeste. Pues bien, ese círculo inclinado es el círculo de la eclíptica. Si al círculo así obtenido lo achicamos arbitrariamente manteniéndolo en el mismo plano, obtendremos una órbita posible para el sol. Agreguemos que si al unir los puntos determinados para formar la eclíptica lo hacemos respetando el orden en que fueron fijados, no sólo habremos obtenido la trayectoria anual del sol (proyectada sobre la esfera de las estrellas fijas) sino también el sentido de su movimiento y el tiempo que le lleva recorrerla. La hipótesis de la eclíptica muestra que las hipótesis geométricas *no son otra cosa que la superposición de elementos geométricos sobre un conjunto de datos observacionales*. Por supuesto, no siempre es posible realizar el pasaje de lo puramente observacional a la hipótesis que lo representa de un modo tan directo. Sin embargo, el principio de *superposición geométrica* –me permitirá denominarlo así– se mantiene.

respecto a las hipótesis astronómicas pero escéptico e incluso antirrealista (instrumentalista) respecto a las hipótesis geométricas, es decir afirma la realidad (o la realidad aproximada) de las trayectorias proyectadas sobre el cielo pero que niegue o que descrea que los dispositivos geométricos tengan algún tipo de referente físico. No veo nada extraño ni reprochable en ello. Exceptuando la posibilidad de ser realista o escéptico respecto a los dispositivos y antirrealista respecto a las trayectorias, el resto de las posibles combinaciones son todas legítimas.

Ahora bien, y con esto termino, por muy exitoso que hubiera resultado el método proyectivo para construir y ajustar una representación del mundo, acarrea un riesgo fundamental. Bien podría suceder lo que le sucedió a cierto conocido de Kepler que cierto día observaba unos bueyes pastar a través de una ventana. No advirtiendo que una araña se había posado frente a la ventana y engañado por su línea de visión, exclamó: "¡Milagro, un buey de muchas patas!" (KEPLER en: JARDINE, 1988, p. 100)¹⁰. ¿Acaso el monstruo al que hacía referencia Copérnico en las primeras páginas del *De revolutionibus*?

Referencias

- BARKER, P.; GOLDSTEIN, B. Realism and instrumentalism in sixteenth century astronomy: a reappraisal. **Perspectives on Science**, v. 6, n. 3, p. 233-264, 1998.
- JARDINE, N. The forging of modern realism: Clavius and Kepler against the sceptics. **Studies in the History and Philosophy of Science**, v. 10, n. 2, p. 141-143, 1979.
- JARDINE, N. **The birth of history and philosophy of science**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- JARDINE, N.; SEGONDS, A. **La guerre des astronomes: la querelle au sujet de l'origine du système géo-héliocentrique à la fin du XVI^e siècle**. Paris: Belles Lettres, 2008.
- KEPLER, J. **El secreto del universo [Mysterium cosmographicum]**. Barcelona: Altaya, 1994 [1596].
- KEPLER, J. **Sobre los principios de la astronomía** [Epitome Astronomiae Copernicanae. Liber primus]. **Revista de Filosofía**, XLII, v. 106-107, p. 199-207, Mayo-Diciembre, 2004.
- KUHN, Th. **The Copernican Revolution**. Cambridge: Harvard University Press, 1957.
- PALTER, R. Some episodes in the history of Copernicanism. **Vistas in Astronomy**, v. 17, p. 47-61, 1975.
- WESTMAN, R. Kepler's theory of hypothesis and the 'realist dilemma'. **Studies in the History and Philosophy of Science**, v. 3, n. 3, p. 233-264, 1972.
- WESTMAN, R. The melanchthon circle, rhetoric, and the Wittenberg interpretation of the copernican theory. **Isis**, v. 66, n. 2, p. 164-193, 1975.

Received on March 23, 2015.

Accepted on July 15, 2015.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

¹⁰ "[...] miraculum bovem multipedem."