

Amán Rosales Rodríguez

Hipótesis y explicación científica en Johannes Kepler

Summary: *Some issues are of permanent interest for both history and philosophy of science: What does it mean to give an hypothetical explanation in science?, what counts and what not as a valid hypothesis?, what is the difference between a well-founded conjecture and an arbitrary assumption? The aim of this paper is to show how these questions were tackled during the great Scientific Revolution. The keplerian conception of hypotheses will serve as example for the exposition.*

Resumen: *Algunas cuestiones son de interés permanente tanto para la historia como para la filosofía de la ciencia: ¿qué significa ofrecer una explicación hipotética en ciencia?, ¿qué cuenta y qué no como una hipótesis válida?, ¿cuál es la diferencia entre una conjetura bien fundamentada y una suposición arbitraria? El objetivo de este trabajo es mostrar cómo fueron abordadas estas preguntas durante la gran Revolución Científica. La concepción kepleriana acerca de las hipótesis servirá de ejemplo para la exposición.*

Kepler dijo: 'Mi más grande deseo es conservar, dentro de mi medianía, al Dios que encuentro por doquier en el exterior, también interiormente'. El noble hombre no se sintió consciente de que, justamente en ese momento, lo Divino en él estaba en la unión más precisa con lo Divino del universo. ()*

J.W. v.Goethe

La investigación moderna de la naturaleza ha nacido como un pitagorismo empírico. Esta tarea ya la había visto Leonardo da Vinci -es el mérito de Kepler el haberla resuelto de primero. El motivo psicológico de su investigar fue la convicción filosófica acerca del orden matemático del universo, y él pudo comprobarlo cuando descubrió, mediante una magnífica inducción, las leyes del movimiento de los planetas. ()*

W.Windelband

Quotidie morior, fateorque: sed inter Olympi/Dum tenet assiduas me mea cura vias:/Non pedibus terram contingo:sed ante Tonantem/Nectare, divina pascor et ambrosia. ()*

J.Kepler

Cuando un término se convierte en elemento imprescindible del vocabulario filosófico-científico contemporáneo, resulta fácil creer que siempre se ha contado con su significado preciso. Naturalmente, se puede discutir acerca de nociones como las de 'teoría', 'experimento' o 'ley científica' desde diferentes puntos de vista (realista, positivista, instrumentalista, convencionalista, etc.), y ello tiñe, a su vez, la apreciación general del vocablo en el contexto de una explicación científica. Pero, con todo, las discusiones parecen suponer una cierta base semántica mínima que rara vez se hace explícita. Se omite considerar muchas veces la historia del término bajo discusión.

Por lo anterior es que una incursión, siquiera breve como la que aquí se intentará, en los orígenes renacentistas de la moderna noción de 'hipótesis' -en concreto en su formulación kepleriana-, puede servir para ubicarse mejor en las discusiones contemporáneas. Piénsese en las raíces históricas de las ya clásicas "conjeturas" popperianas, o en la defensa de la "adecuación empírica" como criterio básico para una teoría o hipótesis en la perspectiva neoinstrumentalista de van Fraassen; o, en fin, en los últimos argumentos del realismo científico (Bashkar, Hacking, Aronson, Harré, etc.) a favor del naturalismo implícito de las teorías científicas.

Es posible afirmar que, si se retrocede algunos siglos y se considera la conformación histórica de ciertos conceptos, pueden evaluarse mejor los aportes temáticos más recientes (que en todo caso nunca van a ser siempre también los más originales) a la filosofía contemporánea de la ciencia. En ese sentido, los años de gestación y desarrollo de la gran Revolución Científica de los siglos XVI, XVII y parte del XVIII, ofrecen ocasiones privilegiadas para iniciar la historia (parcial) de la noción moderna de hipótesis. Hay que recordar que en la filosofía y matemática griegas la palabra *hypothesis* denotaba, antes que una tesis asumida como válida (incluso previa verificación o falsación), más bien una creencia o supuesto inconsciente que subyace (como axioma o postulado) a alguna prueba o explicación (por ejemplo en geometría. Cf. el *locus classicus* de esta versión de hipótesis en Platón, *Rep.* 510c).

En tanto no se cuente con amplios estudios sistemáticos, que traizen la evolución de ciertos conceptos metacientíficos fundamentales, la relevancia de ciertas controversias en la historia de la ciencia puede quedar en la penumbra para el investigador. La inquietud había sido planteada hace ya varios lustros por Laudan: "¿Cuánto más claramente entenderíamos la historia del método, si conociésemos precisamente bajo qué circunstancias se han desarrollado nociones como las de ley, inducción, hipótesis, refutación y experimento?"¹

Valga lo dicho en párrafos precedentes como una justificación del presente ensayo. En lo que sigue la exposición se centrará en los siguientes aspectos: I- Una breve descripción y un somero

comentario sobre los orígenes y consecuencias -especialmente para la metodología kepleriana- de la controversia astronómica de los siglos XVI y XVII. II- Una introducción a los rasgos más característicos de la concepción kepleriana acerca de los tipos de hipótesis, y su función en las explicaciones científicas. III- Una recapitulación, con base en diversas posiciones y apreciaciones críticas, de los más significativos aportes keplerianos a la filosofía de la ciencia, y en particular al tema de las hipótesis y su significado para la ciencia.

No está de más una última aclaración: las reflexiones que siguen se concentran casi exclusivamente en los *aspectos metodológicos*. Sobre todo en relación con Kepler lo que contará para la presentación será el *procedimiento* propuesto, la *metaciencia* implícita o el *ideal programático*, y no los *hechos*, resultados o descubrimientos de la ciencia kepleriana.² Para efectos de cómoda orientación pueden citarse los años de 1543 (se publica el *De revolutionibus orbium coelestium* copernicano) y de 1687 (aparece la primera edición de los *Philosophiae naturalis principia mathematica* newtonianos) como ejes claves de inicio y cierre de la Revolución Científica.

I

En el contexto de la historia de las ideas, la visión kepleriana sobre las hipótesis debe ubicarse en el vasto panorama de la discusión astronómica de los siglos XVI-XVII. En medio de la controversia estaba, por supuesto, la teoría *heliostática* copernicana, tal y como había quedado finalmente expresada en el *De revolutionibus* (en el mismo año de la muerte del astrónomo polaco, 1543).

La acogida general dispensada a la teoría copernicana puede subdividirse en varios bandos. Por un lado, se pueden distinguir las reacciones religiosas, tanto católicas como protestantes.³ De otro lado, puede estudiarse su gradual y difícil asimilación dentro del esquema cosmológico aristotélico, por entonces todavía reinante (pero a la larga derrocado por la nueva ciencia). Igualmente, los cálculos copernicanos pueden ser vistos y

valorados en su aplicación estrictamente geométrica-astronómica.⁴ Finalmente, y lo que más interesa destacar en este trabajo, la teoría copernicana representó una *encrucijada epistemológica*, crucial para el nacimiento de la ciencia moderna.

Con el correr del tiempo y la ayuda de científicos como Kepler y Galileo, las ideas del conservador Copérnico exigieron un replanteamiento radical de prejuicios filosóficos heredados. Se trataba de creencias y supuestos epistemológicos y metodológicos, dominantes en la práctica científica de la época, respecto del significado y alcances de las hipótesis y explicaciones astronómicas.

Fue Copérnico quien montó el escenario para las discusiones metodológicas por venir después de su muerte. Lo que más llama la atención en su caso es el compromiso respecto de lo que debe ser y contener una explicación científica. En su opinión, una teoría astronómica debe ofrecer una descripción verdadera de una realidad física. Por lo tanto, el éxito del cálculo eficiente que da cuenta -por medio de soluciones imaginarias o convenientes ficciones geométricas- de las anomalías observacionales, deja de tener importancia, o por lo menos se relativiza su valor como un primer estadio de la explicación física. La actitud realista de Copérnico resulta tanto más admirable si se toma en cuenta la atmósfera intelectual, de escepticismo científico, recibido por el siglo XVI de sus predecesores. Dicha atmósfera estuvo marcada por la influencia de dos factores estrechamente relacionados.

En primer lugar, hay que llamar la atención sobre las discusiones medievales (tardías) en torno al carácter ficticio de las hipótesis científicas. En estas, según el parecer de distinguidos autores de corte nominalista del siglo XVI, se trata de diseñar constructos sobre los movimientos celestes, pero sin comprometerse acerca de su realidad física. Así, para autores como Buridán, Oresme y Alberto de Sajonia, las ficciones astronómicas se formulaban *secundum imaginationem*, y se renunciaba a compromisos existenciales.

El énfasis pesimista sobre la incertidumbre y la probabilidad, parece haber sido una de las consecuencias más dramáticas de la gran condena de

1277 a tesis aristotélicas. Con el descrédito teológico del gran sistema físico de la Antigüedad, no surgió a la vez una alternativa capaz de rivalizar en el terreno de la realidad con las ideas del Filósofo. En palabras de Grant: "Ya no se creyó más en forma generalizada que la certidumbre pudiera adquirirse acerca de las causas y leyes naturales. Ahora era una cuestión de escoger la más probable entre un número de posibilidades".⁵

En segundo lugar, las discusiones astronómicas en tiempos de Copérnico y Kepler estaban determinadas por otra vertiente de argumentos de origen más antiguo, aunque siempre ligada a la filosofía peripatética. Se trataba de la célebre distinción entre el tipo de explicación que merecía ya sea el ámbito de la física celeste (tal y como había sido establecida por la teoría aristotélica de las esferas concéntricas y etéreas), o el ámbito de la astronomía matemática (de la cual fue Tolomeo su más célebre representante). De este modo, la hipótesis geocéntrica tolemaica habría constituido un esfuerzo más, posteriormente el de mayor influencia, dentro de la tradición de 'salvar los fenómenos' (*sōzein ta phainomena, apparentias o apparentes salvare*). El principio tendría su origen en la cita de Simplicio (malinterpretando a Platón): "¿Por medio de qué hipótesis, basadas en movimientos uniformes y circulares (regulares), pueden ser salvadas [o puede darse cuenta de] las aparentes anomalías no uniformes de los movimientos planetarios?".⁶

Según la interpretación 'ortodoxa' dominante del tema, debida a Pierre Duhem, sería con los filósofos-astrónomos alejandrinos que se inaugura propiamente la tendencia *instrumentalista* (contraria a la *realista* aristotélica) en la historia de la ciencia. Aunque la versión duhemiana ha sido vigorosamente cuestionada en los últimos años (tanto en lo que se refiere al presunto papel desempeñado por Platón como 'padre espiritual' del instrumentalismo, como en lo relativo a las verdaderas intenciones explicativas de los alejandrinos), lo cierto es que hasta Copérnico habría de mantenerse una rígida separación entre lo *físico-real* y lo *ficticio-astronómico*. Para el clérigo polaco, como lo ha hecho notar Krafft, la distinción se volvió del todo "irrelevante", ya que "él

conectó, por primera vez desde Aristóteles, la astronomía física, que explica la realidad, con la 'astronomía matemática', que describe las apariencias".⁷

En 1596, cincuenta y tres años después de la publicación del *De revolutionibus*, Kepler sabía que su obra de juventud, el *Mysterium cosmographicum*, vería la luz en un *Zeitgeist* saturado de interpretaciones escépticas, probabilistas, pragmáticas como las del llamado Círculo de Wittenberg,⁸ o 'instrumentalistas' como la de Andreas Osiander (en la versión duhemiana). Es así, en el marco mayoritariamente escéptico de la astronomía renacentista, como hay que entender la contribución metodológica kepleriana por presentar a continuación.

II

Fundamental para entender la novedad del aporte kepleriano es la defensa que se hace, en la *Apologia Tychonis contra Ursus* (1600/01), del carácter físico de la astronomía. Como su nombre lo indica, la intención de Kepler era defender la prioridad y originalidad del sistema mixto de Tycho Brahe, frente a su apropiación y reinterpretación escéptica por parte de Nicolai Reymers Baer (Raimarus Ursus) en su *Tractatus de hypothesis astronomicis* (1597).

La defensa de Kepler, animada por el propio Brahe, no dejó de significar un embarazoso compromiso personal para Kepler, quien había manifestado unos años antes su admiración por la propuesta geoheliocéntrica de Ursus en la obra de este último, *Fundamentum astronomicum* (1588). Sin embargo, las claras afirmaciones de Kepler en la *Apología* no dejan lugar para conciliaciones, en especial cuando se trata de discutir sobre la condición epistemológica de las explicaciones astronómicas. Antes de comentar en detalle el punto de vista kepleriano, conviene echar una mirada a un ejemplo del ficcionismo escéptico de Ursus. Después de todo, este autor expresa en lo básico un sentir generalizado en el naciente siglo XVII.

Escribe Ursus en su *Fundamentum*: "Una hipótesis o suposición ficticia es una descripción imaginaria de ciertos círculos imaginarios en un

modelo imaginario del universo, [es una descripción] capaz de acomodar observaciones de los movimientos celestes y que se inventa, asume e introduce para conservar y salvar los movimientos de los cuerpos celestes, y para expresarlos en forma cuantitativa. Digo una descripción imaginaria o un modelo imaginario del universo, no una verdadera y genuina que no podemos conocer. Las hipótesis que inventamos no son más que ficciones [fabrications] que imaginamos y construimos respecto del sistema del universo(...). La función de las hipótesis es investigar, hallar y sacar la verdad buscada a partir de suposiciones falsas o fingidas. Así les está permitido y otorgado a los astrónomos, como una cosa concedida a la astronomía, que se deban inventar hipótesis, ya sean verdaderas o falsas y fingidas, de una clase tal que puedan dar cuenta de los fenómenos y apariencias de los movimientos celestes, dando como resultado un método para calcularlos y así alcanzar la meta y objetivo de este arte [es decir, de la astronomía]".⁹

Prácticamente no hay una sólo afirmación de Ursus que no haya sido cuestionada de una u otra forma por Kepler. Las objeciones del astrónomo alemán a la idea rectora de Ursus, en el sentido de que las hipótesis astronómicas no son más que recursos para el cálculo, herramientas conceptuales para la predicción de anomalías, se basa en su creencia básica que las hipótesis científicas deben ofrecer *una descripción verdadera del universo*. Kepler concibe como tarea del astrónomo no sólo el dar cuenta de las regularidades o irregularidades cinemáticas, sino y fundamentalmente explicar mediante *los mecanismos causales subyacentes* los verdaderos movimientos planetarios.

En realidad, Kepler comprendió muy temprano en su desarrollo intelectual que una comparación superficial de los sistemas tolemaico y copernicano sólo revelaría sus equivalencias observacionales. La comparación de los datos empíricos respecto de los movimientos relativos descritos en cada sistema, ha de asumirse únicamente como el comienzo de una investigación física propiamente dicha. Solamente indagando en las causas de los fenómenos será posible contrarrestar la duda escéptica y formular, al mismo

tiempo, un criterio adecuado para decidir racionalmente entre hipótesis o teorías rivales.

A diferencia de posturas escéptico-ficcionistas, Kepler insiste en que el tema de la "verdadera forma" de los fenómenos no es ajeno a los problemas astronómicos. Encuentra inadmisibles la defensa escéptica de una presunta neutralidad veritativa en las premisas de demostraciones científicas: "Así consideramos como verdadero todo aquello que ha sido establecido como tal en nuestras conclusiones. Además, para que la verdad sea legítimamente inferida, las premisas de un silogismo, es decir, las hipótesis, deben ser verdaderas. Pues solamente alcanzaremos nuestra meta: evidenciarle la verdad al lector, si ambas premisas son verdaderas en todo respecto y se les hace producir la conclusión por la regla del silogismo (...) [aquellas] hipótesis falsas que producen juntas la verdad por casualidad no retendrán, en el curso de una demostración en la que han sido aplicadas a diferentes problemas, este hábito de producir la verdad, sino que se traicionarán a sí mismas".¹⁰

En el pasaje anterior, Kepler asume tácitamente que las conclusiones inferidas de hipótesis astronómicas legítimas, deben fundarse en la verdad de los supuestos físicos que las apoyan. Las ficciones escépticas, indiferentes o reacias a la refutación, se revelarán tarde o temprano como soluciones *ad hoc*. Incluso, en el mismo lugar y contrastando las demostraciones de Tolomeo, Tycho y Copérnico, insiste Kepler en que el último se caracterizó por permitir en ellas "consideraciones físicas" para su evaluación. Tanto Copérnico como Tycho buscan predecir el movimiento futuro de los astros, pero Tycho evita "postular la inmensidad de las estrellas fijas y otras cosas que Copérnico admite en su hipótesis".

En un texto de la *Apología* de resonancia sorprendentemente moderna, Kepler ataca el escepticismo ursuniano respecto de la posibilidad de conocer las causas físicas. Las hipótesis astronómicas deberían contentarse con describir de modo simple y eficaz las regularidades observadas. Para Kepler, el fenomenismo escéptico está totalmente fuera de lugar, pues piénsese "qué será de la medicina en la que ningún doctor percibe jamás la causa oculta interior de una enfermedad,

excepto por los signos corporales externos y los síntomas que impresionan los sentidos, nada más que como el astrónomo infiere, de las posiciones visibles de las estrellas, la forma de sus movimientos".¹¹

La insistencia realista de Kepler tiene que ver con el simple pero decisivo hecho de que para él, tanto como para Copérnico, cuyos pasos desea seguir, la investigación astronómica tiene que manifestarse sobre la verdad de la información empírica acumulada. En este sentido, tanto Ernst Cassirer como Jürgen Mittelstrass aciertan al calibrar la importancia de Kepler. El segundo de estos autores ha llamado la atención sobre la *equivalencia revolucionaria* de la práctica científica con la metodología científica de Kepler. Cassirer va más lejos al considerar que con Kepler se introduce, por primera vez en la historia, el concepto de 'hipótesis científica'.¹² Sin embargo, antes de consagrar un poco más de espacio (en la siguiente sección) a la apreciación crítica del aporte kepleriano, es necesario regresar a los propios textos del astrónomo. Allí se encontrará la importante distinción entre dos tipos de hipótesis.

Kepler plantea con claridad en la *Apología* la diferencia entre dos clases de hipótesis: "Si un astrónomo dice que la órbita de la luna describe una forma ovalada, eso es una hipótesis astronómica. Cuando él muestra por medio de cuáles movimientos circulares puede producirse tal órbita ovalada, [entonces formula una] hipótesis geométrica (...) En consecuencia hay dos tareas distintas para el astrónomo: una, verdaderamente astronómica, que consiste en establecer hipótesis astronómicas tales que los movimientos aparentes se sigan de ellas; la otra, que pertenece a la geometría, consiste en establecer hipótesis geométricas de la clase que sea (...) de modo que de ellas las hipótesis astronómicas; es decir, los verdaderos movimientos de los planetas (incorruptos por la distorsión del sentido de la vista), se puedan seguir y ser calculados".¹³

El mismo criterio realista lo aplica Kepler a la evaluación de la empresa tolemaica: "Tolomeo construyó una hipótesis astronómica cuando dijo que el movimiento de los planetas disminuye en el apogeo y acelera en el perigeo, pero cuando introdujo el *punctum aequans* [punto ecuante]

lo hizo como geómetra para efectos del cálculo para descubrir la razón del por qué el movimiento del planeta disminuye en velocidad y en qué momento".¹⁴

En opinión de Kepler, respecto de toda la parafernalia de recursos para el cálculo astronómico, no puede haber una discusión epistemológica seria que pueda conducir a una mejor comprensión de los fenómenos. Las hipótesis geométricas no están interesadas en "explicar la naturaleza" real de los movimientos planetarios, o de sus registradas anomalías. Precisamente -pero este es punto muy debatido¹⁵- la multiplicación de hipótesis *ad hoc* y el descuido concomitante de la *simplicidad* es un rasgo que, para Kepler también pone en desventaja a la posición tolemaica frente a la copernicana. En ésta, insiste Kepler, la eliminación de los epiciclos y la explicación de las retrogradaciones planetarias mediante círculos uniformes no compuestos, serían una expresión del interés y esfuerzo copernicanos por superar, con explicaciones de inspiración física, la limitada propuesta ficcionista.

Las hipótesis astronómicas, arguye Kepler, tienen toda la intención de presentar un cuadro verdadero de los movimientos planetarios. En esta forma, la polémica que levanta Kepler es tanto contra el punto de vista ursuniano, como contra otras posiciones de inspiración escéptica de la época. Especialmente inadecuado parecía el fenomenismo o realismo ingenuo de Francesco Patrizi en su *Pancosmia* (1591).

Aparentemente confundido por la variedad de modelos astronómicos, todos con igual pretensión de 'salvar los fenómenos', Patrizi -un platónico entusiasta- opta por derribar la barrera entre lo real y lo aparente. Patrizi habría mantenido que "la verdadera trayectoria de un planeta está determinada, simplemente, por lo que observamos inmediatamente con nuestros sentidos".¹⁶ El astrónomo, por lo tanto, no debe manifestarse acerca de la diferencia entre una descripción de lo observado y una explicación causal de las regularidades.

Patrizi, afirma Kepler, "separa los movimientos planetarios verdaderos de los accidentales, las fuentes verdaderas de la fantasía de una visión y conserva [así] la simplicidad y también ordena la

regularidad en las revoluciones [planetarias]".¹⁷ Eso no basta evidentemente para Kepler, quien, sin embargo, es lo suficientemente cauto como para evitar manifestarse sobre el carácter último de la hipótesis astronómicas. Esto es importante recalcarlo al tomar en cuenta el interés creciente de Kepler en la indagación de las causas físicas de los fenómenos, un punto que queda claramente expuesto en la *Astronomiae pars optica* (1604).

En dicha obra, Kepler afirma la necesidad de tomar en cuenta en astronomía, tanto las interpretaciones causales (las hipótesis astronómicas de la *Apologia*) como las meramente descriptivas (las hipótesis geométricas). Si bien las dos formas de interpretación proporcionan, en conjunto, una visión física, integral de los fenómenos, sólo las hipótesis astronómicas tienen que ver con órbitas y centros de referencia reales de los movimientos planetarios. No obstante, el programa kepleriano de fundar la astronomía sobre causas físicas y no sobre *factia* geométricas, tropieza con los límites naturales del conocimiento humano. Un punto que en la *Astronomia nova* (1609) sale a flote con la necesidad expresa de reconocer la probabilidad de las explicaciones físicas. Según Kepler: "de modo similar a los filósofos naturales, yo añadí lo probable a lo necesario y de estos temas en su conjunto extraigo una conclusión probable".¹⁸ Nótese que el 'probabilismo' kepleriano tiene su inspiración en un realismo moderado (en tanto que punto de partida metodológico), y no en un escepticismo científico como en el caso de varios de sus contemporáneos.

Pese a la cautela del propio Kepler respecto de las conclusiones en ciencia, no es de extrañar que su proyecto realista se considerara fuera de lugar en un ambiente empapado del pesimismo escéptico-ficcionista que ya antes se había plantado frente a Copérnico. La influencia de dicho ambiente pesa incluso sobre Michael Mästlin, el antiguo maestro de Kepler y defensor del copernicanismo. En 1616 le escribe Mästlin a Kepler: "Respecto del movimiento de la luna usted escribe que ha localizado todas las desigualdades en causas físicas; no entiendo muy bien esto. Yo creo, más bien, que uno debería dejar fuera de consideración las causas físicas, y explicar los

asuntos astronómicos de acuerdo con el método astronómico con la ayuda de causas e hipótesis astronómicas [las hipótesis propiamente geométricas de Kepler], no físicas".¹⁹

La respuesta de Kepler a su maestro no podía ser más clara: "Llamo físicas a mis hipótesis por dos razones (...) Mi objetivo es asumir sólo aquellas cosas de las que no dudo que son reales y por consiguiente físicas (...) Cuando descarto la ecéntrica perfecta y el epiciclo, lo hago porque son suposiciones puramente geométricas, a las que no corresponde ningún cuerpo existente en el cielo. La segunda razón por la que llamo físicas a mis hipótesis es esta (...) pruebo que la irregularidad del movimiento [de los planetas-agregado de Holton-] corresponde a la naturaleza de la esfera planetaria; es decir, física".²⁰

La concepción kepleriana sobre la función de las hipótesis en las investigaciones científicas, y en particular las astronómicas, está orientada por lo que Gerald Holton ha llamado dos criterios básicos de realidad en la metodología de Kepler. El primero está relacionado con lo que habría sido uno de los objetivos rectores de la ciencia kepleriana. En su formulación más audaz, se trataba para Kepler nada menos que de "ofrecer una filosofía o física de los fenómenos celestiales en lugar de la teología o metafísica de Aristóteles".²¹

Respecto de lo anterior téngase en cuenta que, aun cuando no fructificara el objetivo inicial de explicar mecánica y globalmente el conjunto de los movimientos planetarios, Kepler se resiste a abandonar del todo el ideal de una imagen unificada del cosmos con base en armonías metafísico-matemáticas. Es dicho ideal, de raigambre platónica-pitágorica, el que impulsa la búsqueda kepleriana de las *verae causae* físicas y mecánicas de los fenómenos. La noción de 'mundo', que guía según Holton el primer criterio kepleriano de realidad, acentúa que "*el mundo físicamente real, el que define la naturaleza de las cosas, es el mundo de los fenómenos explicables por principios mecánicos*".²²

El segundo criterio, con que Kepler aborda el tema de la realidad en sus explicaciones científicas, tuvo consecuencias más importantes para el desarrollo de la ciencia. De hecho es el criterio más coherente con los principios platónicos-pita-

góricos y neoplatónicos adoptados desde muy temprano por Kepler. En palabras de Holton: "*el mundo físicamente real es el mundo de las armonías expresadas matemáticamente que el ser humano puede descubrir en el caos de los sucesos*".²³

Del criterio de las armonías matemáticas fácilmente podría derivarse una imagen apriorística de Kepler. No obstante, esa no es toda la verdad. El ideal metafísico-matemático por descubrir en los fenómenos debe sobrellevar, según Kepler, un "baño de realidad". En la medida en que las armonías que se cree haber detectado no coincidan con los datos empíricos, no podrán ser admitidas sin más y un proceso de correcciones y acomodos deberá tener lugar. Tal es el sesgo empirista tan *sui generis* de Kepler el metafísico.

El antiescepticismo realista kepleriano recibe su caudal de diversas fuentes. Fundamental y muy conocido es el elemento triple: metafísica/matemática/religión. Su combinación e influencia no es desconocida para otros autores de primer rango de la gran Revolución Científica. En Kepler, la tripleta da sentido y garantiza la magnífica *simplicidad* universal, manifestación indiscutible del poder divino sobre la creación. La complementariedad y armonía físico-metáfísica/matemática, y en parte también religiosa, queda bellamente plasmada en la teoría kepleriana de los cinco poliedros regulares. Una gran parte del sentido que estas tripletas o conjuntos conceptuales tienen para la postulación de hipótesis astronómicas, se explica al tomar en consideración el papel desempeñado por la noción de 'armonía' en las reflexiones keplerianas. Con ello se introduce una segunda fuente para la inspiración del programa científico-metodológico de Kepler.

Lo anterior ha sido resaltado por Robert Westman, quien ha puesto en evidencia la importante noción de 'armonía' y su influencia en el proyecto kepleriano. Se trata de la antiquísima idea de la armonía subyacente entre lo visible y lo invisible, la apariencia y la realidad, la imagen y el arquetipo, etc. Westman llama "*armonía microcosmística*" la "reproducción de estructura entre ámbitos ontológicamente distintos, el invisible y el visible, o, en términos cristianos, entre el Creador y la creación".²⁴ El origen más familiar de la idea

puede remontarse hasta la *methexis* platónica, la participación ontológica entre ideas y apariencias. Acorde con tal armonía es la correspondencia que se da entre el microcosmos y el macrocosmos, tanto como el lugar intermedio o mediador que ocupa la criatura humana en el conjunto de la *scala naturae*.²⁵

Según Westman, Kepler hizo uso constante del marco de “armonía microcosmística para propósitos metafísicos, epistemológicos y metodológicos”. Las etapas seguidas por Kepler parecen haber sido las siguientes: “El orden corporal, visible (especialmente el mundo celestial) es un reflejo de cantidades arquetípicas invisibles en la mente de Dios. En segundo lugar, el hombre, un microcosmos del creador, puede acercarse de la mejor manera a una comprensión del plan mundial de Dios, mediante la formación de hipótesis acerca de los principios ordenadores usados por la Deidad [nótese la influencia del *Timeo* platónico]. No obstante, puesto que el hombre es finito, su conocimiento del mundo debe ser, por necesidad, siempre conjetural. En tercer lugar, la estructura exacta y correcta del mundo ha sido demostrada cuando hemos descubierto las causas de nuestras hipótesis”.²⁶

Puede afirmarse que la búsqueda de armonías matemáticas funciona como un auténtico acicate, metafísico y religioso, dentro de la metodología kepleriana. Se trataría, nada menos, que de aplicar los criterios de *orden, belleza y simplicidad*; los mismos que Dios ha seguido para la creación, en la tarea humana de indagar ‘hipotéticamente’ en las causas reales de las apariencias. No sólo eso: la responsabilidad del astrónomo, su integridad como siervo de Dios, exige considerar el *apoyo empírico* observacional que se deriva del estudio de la naturaleza, como complemento de sus inclinaciones metafísicas y su vocación matemática. De este modo, Kepler puede defender en la *Apología* tres pasos en la formulación de hipótesis: el planteamiento propiamente dicho; es decir, la conjetura que describe la naturaleza asumida como real de los fenómenos; la aplicación del instrumental matemático, por ejemplo a las trayectorias planetarias, y la comparación empírica del contenido de las hipótesis con el ya mencionado apoyo observacional acumulado. En el

contexto de las discusiones contemporáneas sobre verificación, corroboración o falsación de teorías, la propuesta empírico-metafísico de Kepler no parece haber perdido en lo esencial actualidad.

El espíritu de integridad que debe permear la investigación astronómica, queda reflejada en el siguiente pasaje del *Epitome astronomiae Copernicanae* (1617/21) -de esta ‘obra menor’ de Kepler se ha dicho que fue, entre 1630 y 1650, el “tratado de astronomía más ampliamente leído en Europa”²⁷. La obra fue colocada por el Vaticano en 1619 en el *Index librorum Prohibitorum*: “A los astrónomos no se les debe otorgar permiso excesivo para que conciban cualquier cosa que les plazca sin razón; al contrario, es necesario para tí establecer las causas probables de las hipótesis que recomiendes como las verdaderas causas de las apariencias. De ahí que primero debas establecer los principios de tu astronomía en una ciencia más alta, a saber la física o la metafísica; aunque no debes descuidar aquellos argumentos geométricos, físicos y metafísicos que te proporciona la separación misma de las disciplinas...”²⁸

Una tercera fuente de inspiración para la metodología kepleriana proviene, por supuesto, del ámbito de la religión. El punto ya se ha insinuado en el transcurso del ensayo. No es de ninguna forma casual que Kepler estime su labor como un modo, quizá el más excelso concedido a los mortales, de participar de la visión divina del universo. Así se expresa en una carta de 1599: “Aquellas leyes [que gobiernan el mundo material -agregado de Holton-] están dentro del poder de comprensión de la mente humana. Dios quiso que las percibiéramos cuando nos creó a su imagen para que podamos compartir sus pensamientos(...) Nuestro conocimiento [de números y cantidades -agregado de Holton-] es del mismo tipo que el de Dios, al menos en cuanto podemos entender algo de ello en esta vida mortal”.²⁹

Más adelante, en la misma carta, Kepler continúa elogiando al espíritu humano, único capaz, por haber sido modelado según el Espíritu divino, de penetrar la esencia (matemática) de la naturaleza. Así, como lo ha recalcado Heisenberg, Kepler no sólo considera la naturaleza como la Obra de Dios, sino que tiene por un “sinsentido”

explorar el mundo material sin incluir al propio Creador en la empresa³⁰. Por lo tanto la ciencia es, para Kepler, una forma de alabanza al poder infinito de Dios. Asimismo, la búsqueda de la verdad, la indagación en las causas reales que operan detrás de las apariencias, es una vía de acceso (no importa cuán limitada o imperfecta) a un conocimiento que no puede ser sino *absoluto*. La cita en latín que encabeza este trabajo (redactada por Kepler para la primera edición del *Mysterium*) expresa el gozo de quien logra vislumbrar, siquiera, los alcances permitidos de tal conocimiento.

III

Las siguientes serían algunas de las más importantes conclusiones que pueden ofrecerse, a modo de resumen y valoración crítica, al cierre de este ensayo:

1. En 1569 el astrónomo Petrus Ramus había lanzado, en su *Scholae mathematicae*, el reto de construir una 'astronomía sin hipótesis' (*astrologia sine hypothesisibus*). Con ello habría de entenderse una astronomía libre de supuestos físicos (como las esferas sólidas eudoxianas), y basada únicamente en la información observacional (dentro de la tradición egipcio-babilónica). Kepler, quien ya había escrito en la *Apologia*, refiriéndose a Ursus, que "todo el conjunto de sus errores se debe a su necia comprensión del término hipótesis, que para él significa lo mismo que ficción",³¹ no pudo sino considerar que la propuesta de Ramus armonizaba con la ursuniana. Kepler entendió que la repulsa de Ramus tenía efecto para hipótesis ficticias, falsas, y no para aquellas que corresponden con la realidad. Así, Kepler demanda una astronomía asentada sobre hipótesis legítimas, físicas, y no sobre suposiciones arbitrarias, meramente geométricas.

2. Es cierto que la metodología kepleriana está orientada por elevados principios metafísico-religiosos que dejan, *a priori*, su impronta sobre la investigación empírico-astronómica. Sin embargo, como Hatfield lo ha hecho notar, Kepler *qua* metafísico tuvo una cualidad especial: "él estaba dispuesto a someter a prueba sus conjeturas metafísicas, y a rechazarlas si no encajaban con los datos astronómicos".³² La mezcla de lo meta-

físico y lo empírico puede tener un insatisfactorio sabor pre-kantiano. No obstante, no ha sido otro que Popper quien ha reivindicado la 'modernidad' de Kepler. Según Popper, Kepler estuvo dispuesto a convertir sus hipótesis metafísicas en científicas, para así someterlas al tribunal de la experiencia y aprender, si fuera el caso, de los errores cometidos³³.

3. La desaparición de la frontera entre una física celeste y una terrenal tuvo, en relación con el aporte que para ello brindó la metodología realista kepleriana, dos consecuencias para la forja del nuevo espíritu científico. En palabras de Blake: "Los hombres fueron conducidos progresivamente a reconocer (1) que el método de la hipótesis, hasta ese momento desarrollado principalmente en conexión con la astronomía, era también el verdadero método de la física y en absoluto de toda ciencia natural; (2) que las conclusiones alcanzadas por los astrónomos deben, si han de ser válidas, formar junto con las conclusiones de las otras ciencias físicas un único sistema coherente, con una única base y con la misma clase y el mismo grado de certidumbre".³⁴

4. Los juicios de Goethe y Windelband que también encabezan esta investigación, destacan dos aspectos diferentes pero complementarios de la personalidad kepleriana: *la inspiración teológica* y *la vocación científica*. De hecho, sería más correcto hablar en Kepler de una amalgama más bien que de una mera complementariedad de tendencias y motivos. Se trata de *la convergencia entre lo abstracto y lo concreto* que explicaría, como lo ha sugerido Holton, "la aparente complejidad y el desorden en sus escritos y compromisos". Dicha convergencia se da gracias a la superposición de "tres temas básicos o modelos cosmológicos", a saber: "*el universo como máquina física, el universo como armonía matemática, y el universo como orden teológico central*".³⁵

El intento de síntesis de elementos *teóricos* (metafísicos, matemáticos y religiosos) y *empíricos* (datos observacionales) es una meta implícita en la concepción kepleriana acerca de las hipótesis y su función en las explicaciones científicas. La suerte corrida por esta idea es un capítulo más en la historia de la ciencia poskepleriana.

Notas

(*). Citas según Hemlebe, p.28, 145-6.

1. Laurens Laudan, "Theories of Scientific Method from Plato to Mach. A Bibliographical Review", *History of Science*, 7 (1968), p.8.

2. Tres obras relativamente breves ofrecen una magnífica introducción (con distinto grado de dificultad) al desarrollo científico kepleriano. Johannes Hemleben. *Johannes Kepler*. Reinbeck b.Hamburg: Rowohlt, 1971. Owen Gingerich. "Kepler, Johannes". En: Ch.C.Gillispie (ed.). *Dictionary of Scientific Biography. Vol.VII*. New York: Charles Scribner's Sons, 1971. Fritz Krafft, "The New Celestial Physics of Johannes Kepler". En: S.Unguru (ed.) *Physics, Cosmology and Astronomy, 1300-1700: Tension and Accommodation*. Dordrecht: Kluwer, 1991, 185-227.

3. Sobre este tema sigue siendo útil Thomas S.Kuhn. *The Copernican Revolution*. Cambridge/Mass: Harvard U.Press, 1970.

4. Tal y como lo hizo Derek J. de S. Price, "Contra-Copernicus: A Critical Re-estimation of the Mathematical Planetary Theory of Ptolemy, Copernicus and Kepler". En: M.Clagett (ed). *Critical Problems in the History of Science*. Madison: The U.of Wisconsin Press, 1969, 197-218.

5. Edward Grant. *Physical Science in the Middle Ages*. Cambridge: Cambridge U.Press, 1977, p.86. Sobre otras implicaciones de la condena a Aristóteles cf. de David C. Lindberg. *The Beginnings of Western Science*. Chicago/London: The U. of Chicago Press, 1992, Chap.10.

6. Cit. según Krafft, op.cit., p.189.

7. *Ibid*, p.191. Apenas habría espacio en este ensayo para citar bibliografía sobre el fascinante tema de 'salvar los fenómenos'. Se mencionan dos obras básicas: Pierre Duhem. *To Save the Phenomena* (English trans. by E.Doland and Ch. Maschler). Chicago/London: U. of Chicago Press, 1969, y de Jürgen Mittelstrass. *Die Rettung der Phänomene. Ursprung und Geschichte eines antiken Forschungsprinzips*. Berlin: W de Gruyter, 1962. El lector interesado podrá rastrear la influencia duhemiana en autores como Sambursky, Blake, Coleman, Santillana, entre otros. Alternativas a la 'ortodoxia' duhemiana las ofrecen, por ejemplo, Fritz Krafft, "Der Mattematikos un der Physikos. Bemerkungen zu der angeblichen Platonischen Aufgabe, die Phänomene zu retten". En: F.Krafft, K. Goldammer, A.Wettley. *Alte Probleme- Neue Ansätze*. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag GMBH, 1965, 5-24. Del mismo autor, "Physikalische Realität oder mathematische Hypothese? Andreas Osiander un die Erneue-

rung der atiken Astronomie durch Nicholaus Copernicus", *Philosophia Naturalis*, 14 (1973), 243-275. De E.J. Aiton, "Celestial Spheres and Circles", *History of Science*, 19 (1981), 75-114, y de Alan Musgrave, "The Myth of Astronomical Instrumentalism". En: G. Munévar (ed.) *Beyond Reason*. Dordrecht: Kluwer, 1991, 243-280. En fin, para una ubicación completa en los problemas astronómicos de la Antigüedad, de Kurt von Fritz. *Grundprobleme der Geschichte der antiken Wissenschaft*. Berlin: W. de Gruyter, 1971, espec.7: "Die Entwicklung der antiken Astronomie", 132-197.

8. Véase sobre el tema, de Robert S.Westman, "The Melancton Circle, Rheticus and the Wittenberg Interpretation of the Copernican Theory", *Isis*, 66 (1975), 165-193.

9. Cit. según Rom Harré. *The Philosophies of Science. An Introductory Survey*. Oxford:Oxford U.Press, 2nd.ed, 1985, p.82-83.

10. Cit. según Nicholas Jardine, "The Forging of Modern Realism: Clavius and Kepler Against the Sceptics", *Studies in History and Philosophy of Science*, 10 (1979), p.161. Jardine editó el texto completo de la *Apologia* kepleriana en su *The Birth of History and Philosophy of Science*. Cambridge: Cambridge U.Press, 1984.

11. Cit. según Ernan McMullin, "Conceptions of Science in the Scientific Revolution". En: D.C. Lindberg and R.S. Westman (eds.). *Reappraisals of the Scientific Revolution*. Cambridge:Cambridge U.Press, 1990, p.60.

12. Ambas apreciaciones se comentan en Jürgen Mittelstrass, "Methodological Elements of Keplerian Astronomy", *Studies in History and Philosophy of Science*, 3 (1972), 203-232.

13. Cit. según Robert S.Westman, "Kepler's Theory of Hypothesis and the 'Realist Dilema'", *Studies in History and Philosophy of Science*, 3 (1972), p.240.

14. *Ibid*, p.240.

15. Véase al respecto el ensayo de Price (nota 4).

16. Cit. según Westman (nota 13), p.241.

17. *Ibid.*, p.241.

18. *Ibid.*, p.247.

19. Cit. según Gerald Holton. *Thematic Origins of Scientific Thought. Kepler to Einstein*. Rev.ed. Cambridge/Mass: Harvard U.Press, 1988, p.60.

20. *Ibid.*, p.62.

21. *Ibid.*, p.60.

22. *Ibid.*, p.62.

23. *Ibid.*, p.62

24. *Op.cit.*, (nota 13), p.249.

25. Sobre el tema cf. la obra clásica de Arthur O.Lovejoy. *The Great Chain of Being*. Cambridge/Mass: Harvard U.Press, 1964.

26. *Op.cit.* (nota 13), p.251.
 27. J.L.Russell, citado por Gingerich, *op.cit.* (nota 2), p.302.
 28. Cit. según Westman, *op.cit.* (nota 13), p.261.
 29. Cit. según Holton, *op.cit.*, p.69.
 30. Werner Heisenberg. *Das Naturbild der heutigen Physik*. Reinbeck b. Hamburg: Rowohlt, 1955, p.53.
 31. Cit. según Ralph M.Blake, "Theories of Hypothesis among Renaissance Astronomers". En:R.M. Blake, C.J. Ducasse and E.H. Madden. *Theories of Scientific*

Method: The Renaissance through the Nineteenth Century. Seattle/London: The U.of Washington Press, 1960, p.43. Cf. asimismo Aiton, *op.cit.* (nota 7), p.102.

32. Gary Hatfield, "Metaphysics and the New Science". En: Lindberg/Westman, *op.cit.*, p.110.

33. Cf. de Karl R.Popper, "Kepler: Seine Metaphysik des Sonnensystems un seine empirische Kritik". En: A.Bohnen und A.Musgrave (hrsg.). *Wege der Vernunft*. Tübingen: Mohr, 1991, 11-16.

34. *Op.cit.*, (nota 31), p.48.

35. *Op.cit.*, (nota 19), p.70.

... and its implications for the subject. Likewise it is established a connection between culture and aesthetics. Also Kant's theory of genius is examined from the point of view of artistic creation. Lastly, an appendix is added which deals with some aspects of Kantian aesthetics in relation to language.

Resumen: "El sujeto en la estética kantiana" constituye la segunda parte de un ensayo que explora la construcción del sentimiento de lo sublime y la relación con el sujeto. Asimismo, se establece un punto de contacto entre la cultura y la estética. También se examina la teoría del genio de Kant desde la perspectiva de la creación artística. Finalmente, se agrega un apéndice que trata sobre algunos aspectos de la estética kantiana relacionados con los lenguajes.

I. Las condiciones del sujeto para el sentimiento de lo sublime

En la *Crítica de lo sublime* (*Analytik des Erhabenen*)² Kant se aparta del tratamiento empírico que utilizara en sus *Observaciones sobre el sentimiento de lo bello y lo sublime*, en donde las categorías estéticas estaban determinadas por el carácter, el sexo y la raza. En la *Crítica del Juicio* se da un vuelco dramático con relación al texto anterior, al considerarse que una estética tan parcial y relativa no es capaz de legitimar de un modo hipódico la aspiración a la universalidad del gusto. La tesis kantiana se

... que consisten en explicar los hechos de gusto en el sujeto.

La exposición trascendental kantiana, se basa en el análisis y la confrontación de lo bello con lo sublime. Por una parte, lo bello y lo sublime presentan rasgos comunes. Ambos pueden ser entendidos con independencia de las inclinaciones utilitarias; también los asociamos sobre lo bello y lo sublime no presuponen esquemas de un concepto y por último, ambas categorías estéticas fundan su validez universal en la razón del hombre. Por otra parte, hay una diferencia mayor. Así, el "genio" del cuadro de las catástrofes naturales se diferencia de la "geniosidad" del cuadro de las catástrofes humanas.

Amán Rosales Rodríguez
 Escuela de Estudios Generales
 Escuela de Filosofía
 Universidad de Costa Rica

Ciencas más con la cantidad que con la calidad; y lo sublime, más con la cantidad que con la calidad. Asimismo, en la belleza natural es la forma del objeto quien la determina, pero a toda forma implica limitación. En cambio, en la experiencia de lo sublime desaparece la forma y se produce una estimación que va acompañada con la acción de voluntad. Este carácter híbrido puede ser de negatividad o fuerza. El primero suscita lo sublime "matemático", que quiere decir lo grande más allá de cualquier comparación (por ejemplo, el cielo estrellado, la inmensidad del océano) y el segundo, es propio a lo sublime "dinámico", que se manifiesta como un objeto capaz de sobrepasar fácilmente a un sujeto cuando se le enfrenta como algo temible (por ejemplo, erupciones volcánicas, tormentas, terremotos). Sin embargo, es la contemplación para que sea posible pasar de uno a otro estado que el sujeto lo perciba desde cierta distancia, es decir, desahorazado del verdadero peligro.