

Una lectura contemporánea de *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* de Kant

GASTON GIRIBET¹

Resumen

Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels [Historia natural universal y teoría de los cielos] es, no sólo una de las obras más maduras del período precrítico de la biografía intelectual de Kant, sino uno de los libros más importantes que el prodigio de Königsberg haya escrito en toda su vida. Lejos de agotarse en meditaciones cosmológicas y una paráfrasis cualitativa de la teoría newtoniana de la gravitación, *Historia natural universal y teoría de los cielos* incluye una teoría para la extensión de la substancia, una metafísica de las leyes de la naturaleza, consideraciones sobre teología, sobre ética y, como sostendrán algunos, hasta sobre antropología. Aquí, ofrecemos una lectura original de *Historia natural universal y teoría de los cielos* deteniéndonos en algunos puntos cuya importancia ha sido desapercibida en algunos comentarios de esta. Nuestro análisis hace foco en el contexto histórico-científico en que el libro de Kant fue escrito. La influencia que pensadores como Swedenborg y Wright tuvieron sobre Kant, y la estrecha relación que la teoría cosmológica de Kant guarda con las especulaciones de otros filósofos naturales de finales del siglo XVIII, como Michell y Laplace, permiten vislumbrar el panorama científico de su época: cuáles eran las preguntas de la filosofía natural y de la metafísica de las ciencias de la naturaleza en el momento en que *Historia natural universal y teoría de los cielos* fue terminado (1755). Asimismo, ofrecemos también una lectura de las intuiciones cosmológicas de Kant desde el punto de vista de la física actual.

Palabras clave: Kant, Cosmología, Período precrítico, Metafísica de las leyes de la naturaleza.

A Contemporary Reading of Kant's *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*

Abstract

Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels [Universal Natural History and Theory of the Heavens] is not only one of the most mature works of the pre-critical period of Kant's intellectual biography, but also one of the most important books that the Königsberg prodigy has ever written in all his life. Far from

¹ New York University. Contacto: giribet@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5467-8429>.

exhausting itself in cosmological meditations and a qualitative paraphrase of the Newtonian theory of gravitation, *Universal Natural History and Theory of the Heavens* includes a theory of the extension of substance, a metaphysics of the laws of nature, considerations on theology, on ethics and, as some will maintain, even on anthropology. Here, we offer an original reading of *Universal Natural History and Theory of the Heavens*, stopping at several points whose importance has gone unnoticed in some of studies. Our analysis focuses on the historical-scientific context in which Kant's book was written. The influence that thinkers such as Swedenborg and Wright had on Kant, and the close relationship that Kant's cosmological theory has with the speculations of other natural philosophers of the late 18th century, such as Michell and Laplace, allow us to glimpse the scientific panorama of his time: what were the questions of natural philosophy and of the metaphysics of the natural sciences at the time when *Universal Natural History and Theory of the Heavens* was completed (1755). Likewise, we also offer a reading of Kant's cosmological intuitions from the point of view of current physics.

Keywords: Kant, Cosmology, Precritical period, Metaphysical of natural laws.

1. Introducción

Kant estaba en lo cierto: la Vía Láctea, esa franja turneriana que, irreverente, taja el cielo nocturno, no se trata sino del Sol incansablemente repetido. En el detalle, su textura lechosa se disuelve en cientos de miles de millones de puntos; cada uno de esos puntos, una estrella; cada una de esas estrellas, un sol en la distancia. Hoy hemos aprendido que en torno a esas estrellas también orbitan mundos; otros júpiter, otras tierras; planetas ajenos que orbitan soles ajenos. Así, nuestro sistema solar se convierte en tan solo uno de los tantos sistemas estelares que componen nuestra galaxia. Cada uno de esos conjuntos individuales se formó a partir de un desordenado torbellino original, un huracán inmenso en el que fueron formándose grumos que más tarde fueron rocas y gas, y más tarde fueron mundos. También en esto acertaba Kant. Una fuerza invisible une a todos esos sistemas, sometiendo el movimiento de todo orbe a la presencia de todos los otros. La gravedad actúa severa y persistente a través del vacío, conectando todas las substancias con una intensidad que merma con el cuadrado de la distancia, y así hasta el infinito. Las substancias de mayor extensión, las estrellas, mantienen su forma gracias a una guerra de fuerzas que se desata en su interior: mientras su propia gravedad tiende a comprimirlas, una fuerza expansiva nace de sus entrañas y equilibra sus

cuerpos. Violentas reacciones termonucleares ocurren en su interior, otorgándoles a las estrellas la presión que les salva del colapso. La teoría kantiana de la materia anticipaba esta verdad.

Todas las estrellas de la galaxia, manteniendo sus caracteres, pero difiriendo entre ellas en detalles sutiles, giran en torno a un centro común en el que, como intuía Kant, existe un enorme astro. Laplace entendió la razón por la que ese astro permanece invisible a nuestros ojos: “los cuerpos más grandes en el universo podrían ser invisibles debido a sus propias magnitudes” (II [1796], 1799, pp. 1–6), sugería el marqués. Su invisibilidad es inmanente. Los astros de tales dimensiones, que hoy llamamos agujeros negros supermasivos, generan un campo gravitatorio tan intenso que ni siquiera la luz puede salir de ellos.

Kant entendió también que las nebulosas distantes no eran sino otras galaxias, otras copias de nuestra Vía Láctea. También los imaginados seres de los planetas que orbitan los soles de esas otras galaxias verían a su propia galaxia como una franja difusa pintada en el cielo, porque es así como un espiral se ve desde dentro del espiral. Habrá en esos otros espiralados conjuntos de estrellas otros sistemas solares, con soles en el centro y planetas orbitándolos, planetas rocosos y planetas gaseosos, planetas enormes y otros pequeños. Habrá estrellas gigantes, gigantes y azules; las habrá rojas; las habrá blancas y enanas; las habrá oscuras y hasta invisibles.

La *Historia natural universal* de Kant describe una forma y una historia del universo que se parecen mucho a las que hoy sabemos que éste tiene y tuvo. El origen de los astros, la manera en la que se distribuyen, la universalidad de las leyes que gobiernan su física; todo ello, un acierto de la intuición genial de Kant y de otros filósofos naturales del siglo XVIII. Pero quizá haya más: la filosofía natural de Kant y la metafísica que la envuelve proponen una imagen más completa del mundo, una cosmogonía que no sólo piensa el cielo, sino que se involucra tanto con la constitución de la materia como con la naturaleza emergente del espacio y el tiempo. Quizá podríamos preguntarnos, entonces, si también esas ideas fundamentales de la cosmología kantiana se encuentran en consonancia con la imagen del espacio y el tiempo que nos propone la física actual. La respuesta a tal pregunta es afirmativa; pero tratar todos esos temas, dada su variedad y extensión, sería imposible en un único trabajo. Aquí, nos concentraremos en la cosmología, en la teoría kantiana del cielo y en la metafísica que lo envuelve.

2. Una cosmología kantiana

2.1. Desde una metafísica cosmológica

Del análisis del contenido del primer libro escrito por Kant, *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*, su libro sobre las ‘fuerzas vivas’, de 1749, deriva una serie de conclusiones importantes para entender la cosmología que expondría pocos años después, en su libro de 1755. Por un lado, aparece ya en ese primer libro la teoría de Newton de la gravitación universal como elemento fundamental de su filosofía natural. En el período en el que ese libro fue escrito —presumiblemente, entre 1744 y 1747— la referencia a una ley que decae como el cuadrado de la distancia, ley que organiza toda la física kantiana, no podía sino referir a la teoría de Newton (Carpenter, 2000; Giribet, 2023; Schönfeld, 2000; Veneroni, 2018, 2021). Se ha señalado muchas veces la importancia que la teoría de Newton tendría a lo largo de toda la obra de Kant; esto se ve expresado ya en su primer libro. La ley newtoniana de la inversa del cuadrado de la distancia aparece en la obra de Kant no sólo a lo largo del tiempo sino también a lo ancho del temario que ésta cubre, de la filosofía natural a la filosofía trascendental. La fuerza de atracción gravitatoria le sirve a Kant como ejemplo de una de las leyes fundamentales de la naturaleza, que junto con las fuerzas que dotan a la materia de su impenetrabilidad y capacidad de expansión, vienen a conectar las substancias, a explicar las propiedades de la materia, y, así, terminan por componer el mundo. Según la física de Kant, la fuerza gravitatoria de Newton, en competencia con las fuerzas internas de la materia, dotan a las substancias de su extensión y les otorga su propiedad de impenetrabilidad, que es lo que habilita a la materia a constituirse como fenómeno.

De todos modos, en este trabajo pretendemos ir más allá del limitado escenario en el que las substancias —los cuerpos— que nos rodean interaccionan entre sí y con nosotros. Junto con Kant, nos aventuraremos a especular sobre cómo las mismas fuerzas, la de la gravitación universal y la de expansión de la materia, componen el cosmos en su totalidad, desde nuestro sistema solar hasta los confines del universo observable. El alma [*Seele*], las galaxias, el universo [*Weltbaut*] aparecen en una descripción unificada de la naturaleza. Es eso lo que un conocimiento ‘universal’ de las leyes de la física significaría para Kant. Las mismas leyes fundamentales de la mecánica gobernándolo todo. En relación con esto, y a efectos de ponderar la importancia que la universalidad de las leyes físicas tendría más tarde, en

tiempos de la filosofía trascendental, reparemos en el siguiente fragmento de los *Prolegómenos*:

Si vamos aún más lejos, a saber, a las doctrinas básicas de la astronomía física, se manifiesta una ley física que se extiende sobre toda la naturaleza material, la ley de atracción recíproca, cuya regla [...] parece yacer como necesari[a] en la naturaleza misma de las cosas y, por lo tanto, *a priori* (Kant, 2016, pp. 184–185; cf. 1999).

Kant había descrito su empresa cosmológica en el prefacio de su libro de 1755 de la siguiente manera:

He elegido un proyecto que, tanto por su dificultad inherente como por su relación con la religión, es capaz de influir en el lector para que adopte un prejuicio desfavorable desde el principio. Descubrir el sistema que conecta las grandes partes de la creación en toda la extensión del infinito, derivar la formación de los propios cuerpos celestes y el origen de su movimiento a partir del primer estado de la naturaleza a través de leyes mecánicas: ideas como estas podrían parecer ir mucho más allá de los poderes de la razón humana. [...] Me he atrevido a emprender un viaje peligroso sobre la base de una ligera suposición y ya veo las estribaciones de nuevas tierras. Aquellos que tengan el coraje de continuar la exploración, pisarán esas tierras y tendrán el placer de otorgarles su propio nombre (citado en Watkins, 2015, p. 194).

Este tipo de teoría unificada, en la que las leyes que rigen el movimiento de los astros distantes resultan las mismas que las que son razón de la dinámica de los cuerpos cercanos y de nuestra percepción de ellos era esencial para Kant. Era eso lo que un conocimiento universal de las leyes del mundo significaría. Una teoría unificada de tales características, por otro lado, no era rara en los tiempos en los que Kant escribe su *Historia natural universal*. Si el siglo XVII había sido aquel en el surgieron las primeras teorías unificadas de la física, resumidas estas en la afirmación newtoniana de que todo orbitar es caer, el siglo XVIII venía a llevar esa búsqueda de una descripción matemática global de la naturaleza mucho más allá. El siglo XVIII fue el que vio nacer al demonio de Laplace, esa entidad capaz de conocer el futuro por tan solo haber sabido, en un dado instante inicial, la posición y la velocidad exactas de todos los componentes del mundo. El

determinismo de Laplace,² o el de otros, como Bosković, descansaba en la certeza de que el continuo actuar de leyes naturales era, no sólo necesario, sino también suficiente para describir exacta y completamente la historia del universo. Toda distinción substancial entre pasado y futuro queda así disuelta, y es por eso por lo que la discusión cosmológica en los siglos XVII y XVIII resultaba inescindible de problemas metafísicos tales como el problema del libre albedrío o el de la injerencia episódica de Dios en la historia del mundo.³ También se entrelaza con esto la pregunta genealógica acerca del surgir de las leyes naturales, que, en cuanto pregunta sobre el origen, desemboca en aquella sobre la finitud del tiempo. Por su parte, la pregunta sobre la (in)finitud del espacio también adquiere nuevas formas hacia mediados del siglo XVII, y lo hace a partir de la discusión sobre la necesidad y contingencia de las leyes naturales: la necesidad de que las leyes sean, y la necesidad de que las leyes sean aquellas que son. Así, la pregunta sobre la unicidad del mundo y la plausibilidad de realización de otros mundos —con otras leyes— se vuelve ineludible. Esto exigió un refinamiento de la ontología, siendo la prueba más notable de ello la forma elevada que el debate acerca del poder de elección de Dios adquiere a partir de mediados del siglo XVII. La discusión sobre la contingencia de la dimensionalidad del espacio en la *Teodicea* representa un claro ejemplo de esto. El contenido metafísico de las ciencias de la naturaleza se volvió, incluso desde antes de la indeleble contribución de Leibniz en esta materia, inseparable de la discusión sobre la forma del espacio. Las preguntas sobre la conectividad, la continuidad, la dimensionalidad y la finitud del espacio cobraron, a partir de entonces, formas que jamás serían abandonadas del todo en la física futura.

2.2. Hacia una cosmología metafísica

A comienzos del período precrítico Kant mostraba abrazar la piadosa idea de que la metafísica bastaría para develar, no sólo los aspectos cualitativos de las leyes de la naturaleza, sino también las causas subyacentes de estas. Hacia 1755, su física se volvería más sólida y, al menos en apariencia, menos dependiente de muchos de sus suposiciones metafísicas. Esto no se debe a que la física kantiana hacia mediados del período precrítico resultara

² Pierre-Simon, marqués de Laplace (1749–1827) fue un ingeniero, político, matemático, físico, filósofo y astrónomo francés, considerado uno de los más grandes científicos de todos los tiempos.

³ Se abre aquí la posibilidad de una tesis sobre la que sería interesante profundizar, la de si no es posible identificar en la obra de mediados del período precrítico una suerte de panteísmo germinal, una doctrina según la cual Dios afirma su perfección mediante un acto de auto-prescendencia.

incompatible en sentido alguno con las especulaciones metafísicas de su juventud, sino que responde a una maduración de sus conocimientos científicos, lo que le permitió prescindir de ciertos presupuestos injustificados.

Aun así, como decíamos, su cosmología se mantendría en concordancia, aunque por momentos indiferente, con los fundamentos metafísicos presentes en su primer libro, *Ideas de la verdadera valoración de las fuerzas vivas*. Schönfeld (2000) sostiene que, con *Historia natural universal*, al igual que con su *Monadología física* (1756), Kant buscaba unificar la ciencia y la metafísica en una filosofía sistemática de la naturaleza.

2.3. Historia natural universal y teoría de los cielos

En 1755 aparece el libro de Kant sobre el cosmos, *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, escrito presumiblemente durante los dos años anteriores (cf. *Kants Werke, Akademie-Textausgabe*, 1902–1955, I, pp. 215–368). En castellano, el título completo sería *Historia natural universal y teoría de los cielos o un intento de explicar el origen constitucional y mecánico del universo sobre los principios newtonianos*. La primera traducción al castellano del que tengamos conocimiento fue publicada en 1946.

Fechado el 14 de marzo de 1755, el libro aparece de manera anónima. Fue editado por Johann Friedrich Petersen, quien sufrió el infortunio de quebrar al poco tiempo de que el libro de Kant fuera impreso. Esto fue muy desafortunado para Kant, dado que los ejemplares de libro fueron confiscados junto con los activos de la casa editorial, lo que llevó a que su libro de cosmología se mantuviese prácticamente desconocido por, al menos, cuatro décadas.

Al momento de terminar su libro, Kant se decidía a acabar sus estudios universitarios y se disponía a recibir una licencia para dictar clases como *privatdozent* en la Universidad de Königsberg. El 12 de junio de 1755 recibe el doctorado en filosofía, y el 27 de septiembre recibe la *venia legendi* para enseñar. Se disponía, pues, a regresar a su *alma mater* y emprender su carrera académica luego de casi una década de trabajar como tutor. Es por esto por lo que podemos decir que su libro de cosmología es escrito en un momento decisivo de su vida y de su carrera, un momento que marcaría un punto de inflexión también en su filosofía.

A *Historia natural universal* le habían precedido otros textos de filosofía natural, ensayos brevísimos en los que Kant estudia aspectos de geología a escala planetaria: la rotación de la Tierra (1754) y su edad según una perspectiva científica (1754). En 1755 también aparece su disertación sobre el fuego, *Meditationum quarundam de igne succincta delineatio*, que puede considerarse su tesis doctoral, supervisada por Teske. Su estudio de terremotos y las causas físicas de estos vendrían de la misma época,⁴ circa 1756, aunque continuaría con sus investigaciones de geología y geografía física más adelante. También de 1756 es su *Monadologia Physica*, o bien, *Metaphysicæ cum geometrica iunctæ usus in philosophia naturali, cuius specimen I. continet monadologiam physicam*.

Los temas tratados por Kant eran de gran actualidad. Durante la segunda mitad del siglo XVIII se sucedieron importantes descubrimientos de geología y astronomía, y se lograron formulaciones abarcadoras de los fenómenos naturales. Son de ese período las primeras meditaciones sesudas sobre la composición química de los cuerpos celestes, que nacen de la aceptación amplia de la idea de que los astros se componen de materia ordinaria. Esta hipótesis permitió el aventurarse a inferir las propiedades físicas de los astros distantes —*e.g.*, sus densidades— en términos de la física aprendida en los laboratorios. También datan de ese período grandes avances en el entendimiento de la composición del interior terrestre, los intentos por explicar la dinámica tectónica en términos mecánicos, el estudio de los vientos como fluidos de gran superficie, las especulaciones sobre volcanes en otros astros. Las preguntas sobre el microcosmos, entre las que cabe resaltar la especulación acerca de la estructura íntima de la materia y el debate sobre la composición corpuscular de la luz, acompañaron esa renovadora mirada física del macrocosmos.

Es probable que hacia 1753–1755 Kant haya abrazado la idea de que la publicación de un texto de cosmología de una audacia como la de su *Historia natural universal* le allanaría el camino hacia una posición más encumbrada en la academia. Su libro, en el que la formación de los astros del sistema solar, la composición y habitabilidad de los planetas distantes, la existencia de otros sistemas solares en otras galaxias, y la evolución del

⁴ El 1 de noviembre de 1755 tuvo lugar el gran terremoto de Lisboa, episodio decisivo para muchos y en muchos aspectos, y en especial para aquellos que habían dedicado tiempo al estudio de la incipiente disciplina geofísica. Kant dedicó un estudio a este episodio, que publicó en 1756.

universo son tratados en un esquema unificado consistente con la teoría universal de la gravitación y con las propiedades conocidas de la materia, podría sin lugar a duda haber llamado la atención del claustro si no se hubiesen sucedido los hechos aciagos que llevaron a su olvido.

Historia natural universal y teoría de los cielos recién se haría ampliamente conocido hacia fines de la década de 1790; más precisamente, en 1797, momento de su primera edición oficial. Dos reediciones aparecieron poco más tarde, en 1798 y 1808 —el libro no se tradujo al inglés sino hasta 1900—. La edición de 1797 aparece tan solo un año después de la publicación de la *Exposition du système du monde* de Laplace. Se ha especulado varias veces con que el interés tardío por la obra de cosmología de Kant pudo haber sido provocado por la aparición del celebrado libro de Laplace (Shea, 1986).

La comparación entre los tratados de cosmología de Laplace y de Kant resulta interesante. Muestra tanto diferencias como coincidencias en muchas apreciaciones sobre la estructura del universo y, en particular, sobre la formación y composición de los astros. Las concepciones teológicas y filosóficas de ambos autores también quedan expuestas en sendos escritos⁵. Además del caso de Laplace, puede resultar provechoso comparar los temas de investigación de Kant hacia 1754–1756 con los de otros notables científicos del siglo XVIII. Un caso particularmente interesante es el de John Michell. Al igual que Kant y Laplace, Michell se abocó a la piadosa tarea de inferir la composición de los astros distantes a partir de las propiedades físicas que nos son familiares en la Tierra. Esta fortísima hipótesis epistemológica, educada a la luz de la llama aún encendida por los eventos científicos del siglo anterior, vendría a renovar de manera irreversible la forma en la que se pensaría el cosmos.

3. Hacia una teoría de los cielos

3.1. Una teoría de los cielos en el siglo XVIII

Como adelantábamos, *Historia natural universal y teoría de los cielos* no se publicó en inglés sino hasta comienzos del siglo XX, cuando William Hastie

⁵ A menudo se cita la anécdota de Laplace afirmando, ante la pregunta de Napoleón acerca el lugar que ocupaba el Creador en su modelo cosmológico, que la hipótesis de Dios no le era necesaria. Por su parte, para Kant la existencia de Dios se manifiesta en el mundo, no debido a su intervención en él, sino precisamente por la perfección que exhibe una obra que no necesita de dicha intervención para que emerja tal armonía.

lo tradujo⁶ en 1900. Hoy existen al menos otras tres traducciones al inglés. Existen también traducciones al castellano, como la que hiciera Pedro Merton a partir de la edición alemana de Meiner, Leipzig, y que apareciera en 1946 (Kant, 1946). Nosotros emplearemos la traducción al inglés que hiciera Olaf Reinhardt (Watkins, 2015) y presentaremos nuestra propia traducción al castellano de varios fragmentos importantes a partir de esta.

Aunque circuló de manera limitada antes de su publicación de 1797, su libro de cosmología no alcanzó repercusión a la altura de las expectativas de Kant. Aun así, los expertos han señalado en reiteradas oportunidades que se trata de un texto notablemente más maduro que los otros escritos científicos que Kant produjo en su juventud. Cassirer lo elogió, diciendo que en *Historia natural universal* se encuentra “una mirada intelectual libre y el juicio maduro sobre la totalidad de los problemas científicos” (2018, p. 50).

El carácter científico de los temas tratados en su libro de cosmología no sería suficiente para que Kant abandonara su estilo cualitativo. Kant no era un matemático brillante, y ni siquiera podría decirse que la física se encontraba entre sus habilidades más destacables. Su maestría radicaba en su intuición. A eso se debe la carencia de detalles cuantitativos en *Historia natural universal*, más allá de algunas estimaciones generales y no necesariamente bien justificadas. Esto contrasta con la precisión que sí encontramos en otros filósofos naturales de esos días dedicados a temas similares; por ejemplo, en Laplace y Michell. En el libro de Kant abundan las analogías y las estimaciones heurísticas informales. Aun así, muchos de sus argumentos resultan válidos y muchas de sus conclusiones terminaron siendo correctas. Un ejemplo notable es su explicación cualitativa del origen del sistema solar mediante un mecanismo de aglutinación de masa a partir de una materia original en acreción, *i.e.*, la llamada hipótesis nebular. También sus especulaciones acerca de la naturaleza de las nebulosas resultan adecuadas, incluso desde una perspectiva actual. Otras de las afirmaciones que aparecen en su libro han sido descartadas, lo que a nadie debe sorprender dada la ‘dificultad inherente’ del tema. El libro trata del comienzo del sistema solar, de la estructura y movimiento de la Vía Láctea, de la densidad de los planetas, de la disposición y movimiento de estos, de la posibilidad de otros mundos, de la longevidad de la Tierra y la composición del Sol, de la infinitud del

⁶ La traducción original de Hastie incluye solo partes del libro. La tercera parte se publicaría en inglés más tarde.

espacio, del final del mundo. El contenido es casi tan maravilloso como lo es el hecho de que muchas de sus conclusiones hayan sido acertadas.

Otro tema que aparece en varias partes del libro es la discusión acerca de la correcta interpretación de los rasgos de la perfección de Dios identificados en las leyes del universo. Sobre esto último, escribe Friedman:

Las opiniones de Kant sobre la físico-teología [se] expresan en la *Historia universal y teoría de los cielos* de 1755 y más tarde, en una forma más completa y desarrollada, en *La única base posible para una prueba de la existencia de Dios* de 1763. La idea básica de Kant es que el orden y la armonía manifestados en el universo material no surgen ni de una intervención divina especial ni de un arreglo divino especial mediante el cual Dios adapta el mundo a fines útiles a través de su sabiduría providencial. Más bien, el orden y la armonía del universo material pueden explicarse completamente por las leyes fundamentales de las interacciones materiales [...] que determinan una evolución ordenada de la estructura del universo a partir de un caos primordial. Sin embargo, esta explicación puramente mecanicista es en sí misma la mejor prueba de un origen divino del universo; porque es Dios, y sólo Dios, quien ha establecido estas leyes fundamentales de interacción (1992, p. 11).

Historia natural universal concluye con una serie de especulaciones acerca de la posibilidad de habitar otros mundos y ver otros cielos, sobre la posibilidad de existencia de seres en astros lejanos, y sobre las posibles formas de vida allí.

3.2. La constitución sistemática del universo

Al momento de escribir su *Historia natural universal* Kant se encontraba fuertemente influenciado por la cosmología de Thomas Wright, autor de la *Original Theory or New Hypothesis of the Universe* (1750), obra que también impactaría a otros racionalistas que se dedicarían al estudio del cosmos durante la segunda mitad del siglo XVIII, como Herschel y Laplace. Wright fue el primero en reconocer las nebulosas como galaxias distantes, similares a nuestra Vía Láctea. Esos otros mundos de naturaleza aparentemente similar al nuestro, esos tantos otros conjuntos de soles, invitaban a pensar en la universalidad de las reglas naturales, en una visión unificada de todo lo que existe bajo el ajustado funcionar de esas mismas leyes universales, severas, precisas, continuas, sempiternas. Los nombres importantes que aparecen en el tratado de Kant, nombres de filósofos, físicos, naturalistas y astrónomos de

cuyas observaciones se valió, dejan asentada una exquisita lista de influencias de las cuales sus meditaciones abrevaban. Descuellan los nombres de Maupertuis⁷ y Halley, pero sin duda es Newton el director de tan delicado concierto. Tal como lo expresó Schönfeld, *Historia natural universal* es el trabajo en el que Kant declara definitivamente su adhesión al sistema newtoniano de mundo.

Kant tuvo la pretensión de una cosmología en la que la ley universal de la gravitación y las leyes que rigen las fuerzas internas de la materia determinarían la forma de todo el mundo, entendiendo por mundo todo nuestro tridimensional, infinito y conexo cosmos en el que las sustancias se afectan mutuamente a distancias siderales. Este concierto de fuerzas compone un universo que evoluciona, que se va formando a partir de un caldo primordial. La materia en acreción forma torbellinos gigantes de desordenada substancia que va aglutinando grumos. En millones de años esos grumos serán mundos, serán planetas orbitando soles. Los cometas y los planetas que orbiten en torno a esos soles a grandes distancias de ellos serán ligeros y, en función de esas distancias, comenzarán a sublevarse y a liberarse del plano orbital que heredaran del disco informe que les donó su substancia.

Con esto, Kant elaboraba sobre la hipótesis nebular acerca del origen de nuestro sistema solar, hipótesis que ya otros, como Swedenborg, habían contemplado poco antes. Mas es legítimo decir que Kant logró una sofisticación notable de esa idea, algo a lo que más tarde aportaría también Laplace.

Para valorar el aporte de Kant en esta materia, cabe revisar la historia de la hipótesis nebular; es decir, la teoría de que nuestro sistema solar —y acaso todos los sistemas estelares— se formó a partir de una distribución difusa de substancia. Los antecedentes históricos de ideas reminiscentes se remontan a la antigüedad, y sin demasiado esfuerzo llegaríamos hasta Demócrito, quien desarrolló la teoría de que el mundo se había originado en una vasta región en la que los átomos giraban formando un gran remolino. Según ese modelo geocéntrico del universo, la vorticalidad llevó a la materia más ligera a alejarse de la Tierra y formar los astros. En todo caso, fue

⁷ Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698–1759) fue un matemático, filósofo y escritor francés. Fue director de la *Académie des Sciences* y presidente de la Academia de Ciencias de Prusia, por invitación de Federico el Grande.

Emanuel Swedenborg⁸ quien, en su *Prodromus Principiorum Rerum Naturalium*, de 1734, propuso por primera vez la forma moderna de una hipótesis tal, según la cual todos los astros del sistema solar formaron parte alguna vez de un sol primigenio, seminal y nebuloso, y luego fueron individuándose hasta llegar a ser los planetas y lunas que hoy conocemos.

Kant conocía la teoría de Swedenborg y elaboró sobre ella en su libro de 1755. Hacia 1778, el conde de Buffon⁹ consideró una variación vesánica del origen del sistema solar y, junto a otros naturalistas del siglo XVIII, desafió la genealogía que el arzobispo Ussher¹⁰ había propuesto para el origen de la Tierra basándose en una exégesis de las sagradas escrituras. Si el siglo XX fue aquel en el que aprendimos que mirar al cielo es mirar al pasado, fue en el siglo XVIII cuando aprendimos que mirar al cielo es mirar la Tierra: los astros, incluso los más distantes, no son sino grandes cúmulos de materia constituidos por sustancias comunes cuya física está sujeta a las mismas leyes con las que nos es dado experimentar aquí en la Tierra. Así, por ejemplo, la velocidad de enfriamiento del hierro probado en los laboratorios nos diría sobre los tiempos geológicos del enfriamiento de nuestro planeta, y la volatilidad que medimos para los gases nos hablaría de la composición de Saturno. Sólo esta forma de pensar el universo haría posible saber algo de lo inmensamente distante. El escrutinio de la descomposición espectral de la luz proveniente de las estrellas lejanas nos permitiría estar ahí sin estarlo.

La hipótesis nebular de Swedenborg y Kant fue modificada por Laplace en 1796. La historia de los avances teóricos y observacionales logrados en los siglos XIX y XX que llevaron a la ampliamente aceptada teoría actual del modelo nebular solar no son materia en la que necesitemos detenernos. No obstante, quizá sí merezca la pena decir que incluso cien años después de la formulación de la hipótesis de Swedenborg y Kant, el tema se debatía en los claustros. A mediados del siglo XIX, algunos renombrados científicos aún se oponían a la idea de que nuestro sistema solar se hubiera formado de una nebulosa original. James Clerk Maxwell,¹¹ por ejemplo,

⁸ Emanuel Swedenborg (1688–1772) fue un teólogo, filósofo y científico sueco, cuyos escritos se encuentran teñidos de misticismo.

⁹ Georges-Louis Leclerc (1707–1788), conde de Buffon, fue un naturalista, matemático, astrónomo y erudito francés. Los más de treinta volúmenes de su *Histoire Naturelle* influyeron en las siguientes generaciones de naturalistas franceses.

¹⁰ James Ussher (1581–1656) fue el arzobispo de la Iglesia de Irlanda. Fue un prolífico escritor, erudito y líder de la iglesia.

¹¹ James Clerk Maxwell (1831–1879) fue un físico escocés conocido por la formulación de la teoría electromagnética, *i.e.*, la teoría clásica de campos que permite aunar en un único marco teórico los

argumentaba contra ello; también lo hacía con encono Sir David Brewster. No fue sino hasta 1969 que una teoría satisfactoria compatible con la versión laplaciana de la hipótesis nebular fue finalmente obtenida y el consenso alcanzado. Esto muestra la osadía de las meditaciones cosmológicas de Kant hacia 1755. Más de doscientos años serían necesarios para que su idea sobre el origen de los sistemas estelares fuera aceptada.

3.3. Contenido de la Historia natural universal de Kant

Epiluguemos el libro de cosmología de Kant (1755a) para entender cómo este viene a articular su metafísica presente en su primer libro (1749) con lo que más tarde serían sus trabajos sobre filosofía natural en la época crítica (1786).

Declara el autor en el prefacio que pretende “descubrir el sistema que conecta las grandes partes de la creación en toda la extensión del infinito” (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 194). Se propone “derivar la formación de los propios cuerpos celestes y el origen de su movimiento a partir del primer estado de la naturaleza a través de leyes mecánicas” (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 194).

El libro comienza con una digresión teológico-metafísica acerca de la injerencia de Dios en el mundo. Adelantándose al debate que podría suscitar una visión mecanicista y autosuficiente de la naturaleza, Kant (1755a) oficia de abogado del diablo:

Si el universo [*Weltbau*] con todo su orden y belleza es simplemente un efecto de la materia dejada a sus leyes generales de movimiento, si el ciego mecanismo de los poderes de la naturaleza sabe cómo desenvolverse de manera tan magnificante y con tal perfección, [entonces] la naturaleza [sería] suficiente en sí misma, el gobierno divino [sería] superfluo (citado en Watkins, 2015, p. 194),

pre-argumentaría. Nos dice que, en tal caso, “una filosofía impía pisotea la fe, que entrega a esa filosofía una luz brillante para iluminarla” (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 194). Es precisamente en el acuerdo entre su

efectos eléctricos, magnéticos y ópticos. Esta teoría es considerada la segunda gran unificación de la física, siendo la primera la unificación de los fenómenos gravitatorios realizada por Isaac Newton. Su estudio de la radiación electromagnética y de la termodinámica le valieron el lugar de uno de los científicos más importantes de la historia.

sistema y la religión donde Kant encuentra la confianza para sostener su modelo de mundo. Escribe:

Si las leyes universales de causalidad de la materia son también un resultado del plan más elevado, entonces presumiblemente no pueden tener otro propósito que el que se esfuerza por cumplir por sí mismas ese plan que la sabiduría suprema se ha propuesto (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 195).

Para Kant, el rasgo de perfección de la obra de Dios es precisamente ese funcionar mecánico, preciso, perfecto, según unas leyes suficientes que no requieren de su intervención. “[Sólo] la materia básica en sí, cuyas propiedades y fuerzas subyacen a todos los cambios, es una consecuencia directa de la existencia divina”, escribe (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 263). Kant habla del universo empleando palabras como ‘edificio’ [*Gebäude*] y ‘arquitecto’ [*Werkmeister*]: “La teoría que hemos propuesto nos abre una perspectiva sobre el campo infinito de la creación y presenta un indicio de la obra de Dios que es apropiado para la infinitud del gran arquitecto” (citado en Watkins, 2015, p. 222).

Incluso la misma evolución del cosmos es parte de ese mecanismo de arquitectura refinada. No tuvo necesidad Dios de echar a funcionar el gnomónico mecanismo¹² en su estado actual, sino que el estado actual del mundo se alcanza a partir de un caos original precisamente por gracia de esas perfectas leyes que determinaron su evolución hacia la magnificencia que hoy le reconocemos:

Veo que la materia se forma de acuerdo con las leyes de atracción establecidas y modifica su movimiento a través de la repulsión. Sin la ayuda de inventos arbitrarios, disfruto del placer de ver la creación de un todo bien ordenado gracias a las leyes de movimiento establecidas, que se parece tanto al sistema del mundo que tenemos ante nuestros ojos que no puedo evitar considerarlo igual a este (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 197).

¹² Kant (1755a) reserva las siguientes palabras para describir la obra de Newton en relación con su físico-teología: “Newton, ese gran admirador de las cualidades de Dios desde la perfección de su mundo, que combinó los conocimientos más profundos sobre la excelencia de la naturaleza con la mayor reverencia hacia la revelación de la omnipotencia divina” (citado en Watkins, 2015, p. 269).

Vemos aquí que no sólo la fuerza gravitatoria es necesaria para la física kantiana, sino también lo son las fuerzas internas de la materia, que dotan a esta de su volatilidad, de sus presiones internas, de su impenetrabilidad y de su tendencia expansiva. A lo largo de *Historia natural universal* la discusión de la composición de la materia cobra un peso importante. La densidad de los planetas, la tendencia de la materia a organizarse a partir de una densa masa primigenia, y muchos otros asuntos le exigen a Kant inmiscuirse en la cuestión de la hechura de las substancias:

No negaré que la teoría de Lucrecio o la de sus predecesores, Epicuro, Leucipo y Demócrito, tiene mucho en común con la mía. Como esos filósofos, postulo un primer estado de la naturaleza como una dispersión universal del material original de todos los cuerpos del mundo, o átomos, como ellos los llaman. Epicuro postuló una pesadez que provoca la caída de estas partículas elementales y esto no parece ser muy diferente a la atracción newtoniana, la cual acepto; también les concedió una cierta desviación del movimiento en línea recta de su caída, aunque tenía nociones absurdas de sus causas y efectos: esta desviación corresponde en cierta medida al cambio en la caída recta que atribuimos a la fuerza repulsiva de las partículas (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 198).

Kant se confiesa atomista, aunque evita dar detalles de una teoría microscópica de la materia. Abordaría la cuestión de la materia en más detalle recién al año siguiente, en su *Monadología física* (1756). Más tarde, en *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* (1786), su teoría sobre la constitución íntima de la materia se volvería más precisa, aunque manteniendo algunos de los rasgos de la audaz idea que ya bosquejaba en 1756. Kant postula la existencia de al menos dos fuerzas fundamentales de la naturaleza: la fuerza gravitatoria, tendiente a la agrupación de la materia y la unión de los cuerpos, y otra fuerza que viene a avivar el movimiento de los átomos. Al hablar de esta segunda fuerza, Kant refiere a las ‘nociones absurdas’ que Epicuro tenía al respecto, refiriéndose sin duda al *clinamen*, esa substancia hipotética que, según el celeberrimo samio, venía a zamarrear a los átomos en el aire, propinándoles su movimiento browniano, otorgándoles no sólo su vida sino también su indeterminado devenir. Pero no hay lugar en la física kantiana para devenires inciertos ni para átomos díscolos que siguen trayectorias indeterminables. En contra de la desviación “sin ninguna razón” que Epicuro consideraba para los átomos, Kant (1755a) escribe: “En mi teoría

[...] encuentro que la materia está ligada a ciertas leyes necesarias. En su completa disolución y dispersión, veo que un todo hermoso y ordenado se desarrolla de forma bastante natural” (citado en Watkins, 2015, pp. 198–199). Para Kant (1755a), la materia “[n]o está en libertad de desviarse de este plan de perfección” (citado en Watkins, 2015, p. 199). Ese perfecto plan es el que ordena a cada componente del mundo a ceñirse a las leyes naturales: “La materia, que es el material original de todas las cosas, está así sujeta a ciertas leyes, y si se deja libremente a [merced de] estas leyes, necesariamente debe producir bellas combinaciones” (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 199). Ese plan es, para Kant (1755a), causa y razón de la perfección: “[Un] Dios existe precisamente porque la naturaleza no puede comportarse de otra manera que no sea de una manera regular y ordenada, incluso en el caos” (citado en Watkins, 2015, p. 199).

3.4. Los *Principia*: Paráfrasis y extrapolación

La fuerza de la gravitación universal de Newton, *i.e.*, la ley de la inversa del cuadrado de la distancia, explica las trayectorias de los astros en el cielo: secciones cónicas cuya forma y dinámica son compatibles con las tres leyes de Kepler. Dos de estas leyes convierten a la de la inversa del cuadrado en una ley *necesaria*. Newton lo demostraba de manera apodíctica en el Libro 1 de sus *Principia*. Es precisamente debido a ello que, más tarde, en el período crítico, Kant parecería seducido por la idea de poder incorporar la ley de la gravitación universal como un *a priori*. Este riesgoso movimiento, que se perfila en los *Prolegómenos a toda metafísica futura que pueda ser presentada como ciencia* (1783), nunca llegó a concretarse del todo, sino simplemente aparece en la obra crítica de Kant como una insinuación. Incorporar las fuerzas fundamentales como leyes *a priori* o, tal como lo interpretara Friedman (1992), como leyes con un *status* mixto, demanda un giro inteligente que Kant emprende al intentar designar al entendimiento como mediador entre el espacio y la fuerza, entre las verdades geométricas y las leyes concordantes con estas. Pero regresemos a 1755 y a la extrapolación que Kant hacía entonces de la teoría newtoniana. En una paráfrasis de los *Principia* de Newton, con tono propedéutico, Kant escribe:

[Una] fuerza tiene que impulsar continuamente al planeta a través de toda su órbita hasta el punto central del Sol. Entonces, esta fuerza descendente, que se aplica a todo el sistema planetario y se dirige hacia el Sol, es un fenómeno establecido de la

naturaleza, y la ley por la cual esta fuerza se extiende desde el centro hasta los confines del espacio ha sido igualmente probada de manera confiable. Siempre disminuye en proporción inversa al cuadrado del aumento en la distancia desde el centro. Esta regla fluye de una manera igualmente infalible a partir del tiempo requerido por los planetas para sus órbitas a diferentes distancias. Estos tiempos son siempre las raíces cuadradas del cubo de las distancias medias al Sol, de las cuales podemos deducir que la fuerza que atrae a estos cuerpos celestes al centro de sus revoluciones debe disminuir en proporción inversa al cuadrado de la distancia (citado en Watkins, 2015, p. 213).

Preparando el terreno para proponer la universalidad de su sistema, agrega:

Precisamente la misma ley que se aplica entre los planetas en la medida en que orbitan alrededor del Sol, también se encuentra en los sistemas pequeños, a saber, los constituidos por lunas que orbitan alrededor de sus planetas principales. Las duraciones de sus órbitas son proporcionales a las distancias exactamente de la misma manera (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 213).

La ley de la gravitación es una ley fundamental para la cosmología kantiana. Para Kant, esa ley está incorporada a la esencia misma de la materia, y esa convicción lo llevaba a concluir que la gravedad debería ser ilimitada. “El Sol no limita la extensión de su fuerza de atracción a la región estrecha del sistema planetario. A todas las apariencias, lo extiende hasta el infinito” (1755a; citado en Watkins, 2015, p. 217), escribe. La creencia de que la ley de la gravitación de Newton tenía un alcance infinito y de que los astros extendían sus influjos hasta los confines remotos del cosmos no era poco frecuente entre los astrónomos de la época. Estribaba en esa creencia la idea de que era posible obtener un modelo cosmológico en el que el universo apareciera como una gran composición de todas sus partes:

Entonces, ¿esa relación sistemática que consideramos antes en todas las partes por separado ahora se extenderá al todo y abarcará el universo entero, todo en la naturaleza, en un solo sistema a través de la combinación de atracción y fuerza centrífuga? Yo digo sí; si sólo hubiera galaxias separadas que, entre ellas, no tuvieran conexión unificada con el infinito, se podría mantener a estos sistemas a salvo de la destrucción con la que los amenaza la atracción recíproca interna. Sin embargo, esto requeriría una determinación medida con tanta precisión en las

distancias equilibradas de acuerdo con la atracción, que incluso el más mínimo desorden provocaría la destrucción del universo y lo llevaría al colapso en largos períodos que, en última instancia, aún tendrían que llegar a un final. Una constitución mundial que no podría sostenerse sin un milagro no tiene el carácter de permanencia que es una característica de la elección de Dios; por lo tanto, es mucho más apropiado si tuviéramos que hacer un sistema de toda la creación, uno que relacione todos los mundos y órdenes de mundos que llenan la totalidad del espacio infinito a un solo punto central (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 264).

Una fuerza de dominio infinito interconecta todos los soles distantes. Sólo ante la presencia dominante de un astro central en cuyas inmediaciones se ubican mundos nos es permitido hablar de que esos mundos orbitan *su* sol. Mas sepamos que se trata de una ilusión. En realidad, todos los mundos sienten *todos* los soles y, de alguna manera, los orbitan. A su vez, los soles danzan en conjunto y forman galaxias, que forman cúmulos, que se distribuyen en filamentos de aspecto neuronal. Kant sabía de las galaxias; las sabía lejanas en distancia, y las intuía próximas en naturaleza. Sobre la nuestra, supo decir:

Cualquiera que mire el cielo lleno de estrellas en una noche despejada será consciente de la banda brillante que, por la gran cantidad de estrellas que se concentran allí más que en otros lugares y por el hecho de que en las enormes distancias ya no pueden ser visto como estrellas individuales, exhibe una luz uniforme, a la que se le ha dado el nombre de Vía Láctea (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 216).

Kant entendía que la Vía Láctea, esa estructura lechosa que surca el firmamento, no era sino la danza de muchos millones de soles, en torno a los que giran planetas, en torno a los que giran lunas. “Todos los soles del firmamento tienen movimientos orbitales alrededor de un punto central universal o alrededor de muchos”, escribía (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 217). Esa franja en el cielo sería un teselado compuesto por sistemas solares. Su ancho aparente se expresaría, también, como una sublevación de soles ante el infructuoso intento de las fuerzas por someterlos a un plano ecuatorial de escalas inimaginables. Esto conforma lo que Kant llama *Systematische Verfassung des Weltbaues*; es decir, la constitución sistemática del universo.

Pero las enormes distancias no son el infinito. De ser infinita la acción de las leyes, habría otras galaxias más allá de la nuestra. Kant también habló de ellas. Con timidez, las llamó ‘otras vías lácteas’. Afirmó que era natural pensar que las nebulosas, esos objetos del cielo de aspecto difuso, son también conjuntos de estrellas y no estrellas individuales de una enormidad inusual, tal como lo sugerirían el tamaño aparente que tienen y la distancia a la que inferimos que se encuentran. Escribe sobre esto:

Es mucho más natural y concebible que [las nebulosas] no sean estrellas únicas de tal tamaño, sino sistemas de muchas estrellas, cuya distancia de nosotros las exhibe como si estuvieran en un espacio tan estrecho que la luz, que es imperceptible desde cada una individualmente, se vuelve un pálido uniforme que reluce con su inconmensurable número (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 221).

También escribe:

Todas las estrellas fijas que el ojo descubre en la profundidad hueca de los cielos y que parecen demostrar una especie de extravagancia, son soles y puntos centrales de sistemas similares. La analogía, pues, no deja lugar a dudas aquí de que estos se formaron y generaron de la misma manera que en la que nos encontramos, a partir de las partes más pequeñas de materia elemental que llenaban el espacio vacío, esa extensión infinita de presencia divina. [...] Ahora bien, si las estrellas fijas constituyen un sistema cuya extensión está determinada por las esferas atractivas del cuerpo en el centro, ¿no habrán surgido más sistemas solares y, por así decirlo, más caminos en el campo ilimitado del espacio? (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, pp. 260–261).

Mostraba así Kant su certeza de que la Vía Láctea era un gran conjunto de estrellas, y le sumaba a ello su especulación acerca de que muchas de esas estrellas formarían sistemas solares individuales.

Ya en 1610 Galileo había logrado resolver con su telescopio las estrellas individuales que constituyen la Vía Láctea. Teniendo esto en cuenta, quizá la idea de que formamos parte de un conjunto compuesto por millones de sistemas estelares como el nuestro no resulte tan sorprendente. Mas la idea de que las nebulosas distantes sean también galaxias sí es de una osadía que es importante ponderar.

Dijimos ya que fue Thomas Wright el primero en identificar las nebulosas como galaxias distantes. Eso ocurrió hacia 1750, unos pocos años antes de que Kant escribiera su *Historia natural universal*. Sin embargo, hasta la década de 1920 era ampliamente extendida entre astrónomos la idea de que la Vía Láctea contenía la totalidad de estrellas del universo. Así fue al menos hasta el 26 de abril de 1920, cuando tuvo lugar el llamado ‘gran debate’. Se llevó a cabo en el Museo Smithsonian de Historia Natural y tuvo como protagonistas a los astrónomos Harlow Shapley y Heber Curtis. Mientras Shapley sostenía que las nebulosas distantes eran objetos estelares relativamente pequeños que poblaban la periferia de la Vía Láctea, Curtis defendía la idea de que esas nebulosas eran, en realidad, galaxias independientes. Esto último implicaba que debían esas ser enormes y distantes. La controversia se cerró más tarde con las observaciones de Edwin Hubble, que dejaban en claro que la Vía Láctea era sólo una de las muchas estructuras que comparten su fisonomía.

Esto deja en claro cuán genial resultaba aquella intuición de Kant acerca de la estructura replicada e infinita del mundo, en la que muchas vías lácteas concurren y se entrelazan tendiendo invisibles hilos newtonianos que cumplen con tejer el cosmos.

Nuestra galaxia, enorme estructura que no es sino una más de muchas. Nuestro sol, uno de los cientos de miles de millones de soles que la componen. Si en un acto de justicia poética nos fuera dado asignarle una estrella a cada alma que haya existido, aun quedarían en nuestra galaxia decenas de miles de millones de estrellas sin alma. Espiral gigantesca con un diámetro visible de cientos de miles de años luz, escoltada por galaxias satélites que acompañan su viaje. La Vía Láctea es parte del llamado grupo local de galaxias, que a su vez es parte del supercúmulo de Virgo, que, junto a otros cientos de miles de galaxias, componen el supercúmulo Laniakea. Esto viene a confirmar una cosmología similar a la que Kant ya intuía en su *Historia natural universal*.

Más allá de su osadía y de sus aciertos, Kant no abandonaría su cautela. Siendo consciente del carácter especulativo de muchas de sus afirmaciones, y tal como lo hiciera en tantas otras oportunidades, afirmaría su preferencia por presentar sus pensamientos sobre el origen y constitución del mundo “en forma de hipótesis” (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 227).

3.4. Un retorno al problema de la materia

Entre los trebejos de los que dispone la cosmología kantiana, hay más fuerzas que la fuerza gravitatoria. Como dijimos, están también las fuerzas de la materia, que dotan a esta de su naturaleza expansiva, de su impenetrabilidad, de su volatilidad. Dice Kant (1755a) al respecto:

La naturaleza, sin embargo, tiene todavía otras fuerzas reservadas que se expresan principalmente cuando la materia se disuelve en sus partículas, fuerzas por las cuales pueden repelerse entre sí y, por su conflicto con la fuerza de atracción, producir ese movimiento, es decir, por así decirlo, una vida continua en la naturaleza (citado en Watkins, 2015, pp. 228–229).

Esta concurrencia de fuerzas sería desplegada en su *Monadología física* (1756) y, *mutatis mutandis*, en su posterior *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* (1786) con mayor detalle y generalidad. Sobre las fuerzas de la materia, escribe:

A través de esta fuerza repulsiva, que se revela en la elasticidad de los vapores, en la emisión de cuerpos de olor fuerte y en la dispersión de toda la materia espirituosa, y que es un fenómeno indiscutible de la naturaleza, se desvían los elementos que descienden a sus puntos de atracción, desde la línea recta de su movimiento hacia un lado, y el descendente vertical finalmente cambia a movimientos orbitales que abarcan el punto central del descenso (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 229).

Si bien en *Historia natural universal*, el interés está mayormente puesto en el cielo, debemos recordar que para Kant y sus contemporáneos el cielo se rige por una física idéntica a la de nuestro entorno, aun cuando las escalas sean tan diferentes. Así, por ejemplo, Kant describe el movimiento browniano de la materia con la firme convicción de que una física idéntica aplicará en los otros orbes del sistema solar, cuyas diferencias con la Tierra se explicarían por la contingencia o por la dinámica, mas no por la validez de leyes distintas allí.¹³ Es por eso por lo que su conocimiento de las propiedades

¹³ Kant presenta teorías similares sobre la elasticidad de la materia y sobre la volatilidad de ciertas sustancias con relación a muchos fenómenos y muy diversos. Algunos de esos fenómenos se encuentran en la Tierra; por ejemplo, su disertación sobre el fuego (Kant, 2015 [1755b]) incluye una discusión sobre las fuerzas de agregación de la materia similares a las expuestas en su libro de

de las substancias comunes lo habilita a hablar de la acreción de substancia que forma los astros, y de las distintas composiciones de los mundos. Incluso, Kant ensaya una hipótesis acerca de la razón por la que los planetas más lejanos al Sol tienen composiciones tan volátiles en comparación a la de los planetas como el nuestro: “Los planetas no tienen por qué tener, todos, la misma densidad”, señala Kant con razón (1755a; citado en Watkins, 2015, p. 233), y se aboca a discurrir acerca de la relación entre densidad y masa de los seis planetas conocidos del sistema solar.

La pregunta sobre la densidad de los astros sería de una tremenda importancia en la física de finales del siglo XVIII, aunque su importancia no se haría evidente sino hasta el siglo XX.

3.5. Contingencia de la cantidad de mundos¹⁴

Mencionamos arriba al pasar que, en sus digresiones sobre la composición de los planetas, Kant refería a los seis que eran conocidos en su tiempo. No obstante, Kant aceptaba abiertamente la posibilidad de que existiesen más planetas en el sistema solar. De hecho, afirma que sus consideraciones abarcan “desde Mercurio a Saturno, o tal vez, más allá de él si es que existen más planetas” (2015, pp. 233–234).

Urano, el séptimo planeta del sistema solar, y el tercero en tamaño, no sería formalmente descubierto sino hasta el 13 de marzo de 1781, día en el que Herschel anunció su hallazgo. El planeta es visible a ojo desnudo, pero su lento movimiento y su baja luminosidad aparente llevaron a que no se lo identificara como planeta sino hasta finales del siglo XVIII. Algo similar ocurrió con el octavo planeta, Neptuno, descubierto en septiembre de 1846 tras una búsqueda bien fundamentada: los vaivenes de Urano delataban su presencia. Urano fue el único planeta descubierto durante la vida de Kant, con la excepción notable del pequeño planetóide Ceres,¹⁵ descubierto el primer

cosmología. También en el caso de fenómenos de escala intermedia (e.g., fenómenos atmosféricos), Kant (1764) exponía ideas en las mismas líneas. No hay duda de que Kant consideraba que las leyes que gobernaban los estados de agregación de la materia eran de validez universal, las mismas leyes en las distintas escalas físicas y en escenarios físicos muy diferentes.

¹⁴ La palabra ‘mundo’ [*Welt*] en este contexto cosmológico adquiere un significado distinto al que recibe en otras obras de Kant. Por ejemplo, no refiere aquí a la posibilidad de ‘otros mundos’ en el sentido metafísico del que se habla en *Ideas de la verdadera valoración de las fuerzas vivas* (1749), sino a otros sistemas planetarios y estelares en nuestro universo.

¹⁵ Ceres es un planeta enano de nuestro sistema solar. Ubicado en el cinturón de asteroides, entre Marte y Júpiter, Ceres es el asteroide más grande (unos 950 kilómetros de diámetro) de los que existen entre el Sol y Neptuno. Debido a su gran masa (aproximadamente el 1,2% de la masa de la Luna), alcanzó el

día de 1801 —hace miles de millones de años, un Júpiter celoso expulsó del sistema solar a aquellos cuerpos que aspiraban a ser planetas y rehusaban fundirse con sus hermanos mayores. Mas uno luchó hasta quedarse: Ceres huyó de los gigantes y se refugió tras las rocas, en el cinturón de asteroides, entre Marte y Júpiter—.

El descubrimiento de nuevos planetas ha tenido siempre una enorme importancia para la filosofía natural. Esto se debe a que la existencia de nuevas masas orbitando el Sol nos permite evaluar hipótesis de contingencia o de necesidad de ello, e incluso nos permite descartar teorías sobre las leyes que rigen el orden del cosmos. Un ejemplo conocido es el modelo expuesto por Kepler en su *Mysterium cosmographicum* (1597), según el cual la cantidad y distribución de intersticios entre las órbitas planetarias estaba en concordancia con la posibilidad de inserción de sólidos platónicos entre las esferas celestes. Esta teoría es refutada por la existencia de un séptimo planeta. Un segundo ejemplo es el de la llamada ley de Titius-Bode, que merece ser comentado debido a que involucra a Hegel: la ley de Titius-Bode fue un modelo, posteriormente refutado, acerca de la disposición de los distintos planetas en el sistema solar.¹⁶ Se escribía como una fórmula matemática recursiva para la distancia entre el n -ésimo planeta y el Sol, aceptando ya la posibilidad de que muchos de ellos existieran. Si bien esta ley acertó correctamente las órbitas de Urano y de Ceres, se mostró falsa cuando, en 1846, Neptuno apareció, díscolo, donde quiso estar, desobedeciendo totalmente esa ley.

Hacia 1801, Hegel escribió su *Dissertatio philosophica de orbitis planetarum*, donde criticaba la búsqueda de nuevos planetas basada en la ley de Titius-Bode. Ese mismo año Ceres era descubierto en el quinto lugar de la serie. Esta historia suele referirse erróneamente como un error de Hegel; pero no es que haya él negado la existencia de otros planetas, tal como se suele afirmar, sino que su crítica se dirigía, con acierto, al método con el que esos nuevos mundos estaban siendo buscados:

equilibrio hidrostático y a eso debe su esfericidad. Ceres fue descubierto el 1 de enero de 1801 por el astrónomo italiano Giuseppe Piazzi, sacerdote católico de la Academia de Palermo, Sicilia.

¹⁶ La ley fue formulada por Johann Titius (1766) y por Johann Bode (1772). Fórmulas similares habían sido consideradas por David Gregory (1715) y por Christian Wolff (1724).

[A]lgunas observaciones sobre las relaciones de los desplazamientos planetarios, que parecen ser sólo una cuestión de la experiencia. [...] [N]uestra búsqueda de las leyes de la naturaleza, y nuestro conocimiento de ellas, se basa en nada más que la creencia de que la naturaleza está formada por la razón y que estamos convencidos de la identidad de todas las leyes naturales. Siempre que aquellos que buscan leyes a través de la experiencia y la inducción se encuentran con algo que parece ser una ley, se regocijan con su hallazgo y la identidad de la naturaleza y la razón que hay allí, y cuando otras apariencias son difíciles de acomodar, sienten algunas dudas acerca de los experimentos anteriores e intentan por todos los medios de establecer armonía entre los hallazgos. Nuestro tema, las órbitas de los planetas, ofrece un ejemplo de esto: Si bien los desplazamientos [las posiciones respecto del Sol] de los planetas sugieren una progresión aritmética en la que, desafortunadamente, ningún planeta de la naturaleza corresponde al quinto lugar de la serie, se supone que realmente existe entre Marte y Júpiter, sin que lo sepamos, un planeta que se mueve a través del espacio exterior. Ahora se está buscando con impaciencia (Hegel, III [2009, p. 166]).

El descubrimiento de Ceres constituye una desafortunada casualidad para la *Dissertatio* de Hegel. Estaba él en lo cierto¹⁷ al sospechar de la mera contingencia de la fórmula de Titius-Bode. La aparición del planetóide en el sitio donde la falaz fórmula criticada por Hegel predecía la existencia del quinto planeta más cercano al Sol pareció quitarle su razón. Hegel murió quince años antes del descubrimiento oficial del planeta Neptuno, el primero que se atrevió a violar la fórmula de Titius-Bode. Es así que el descubrimiento de Neptuno, además de su evidente importancia científica, tuvo un contenido epistemológico nada despreciable, en cuanto vino a echar por tierra falaces interpretaciones de hechos contingentes y exponer la dialéctica de un caso en el que tales interpretaciones parecían incluso haberse confirmado.¹⁸

¹⁷ Aunque Hegel estaba en lo cierto acerca de la fórmula de Titius-Bode, la teoría que él mismo sugiere al final de su *Dissertatio* basándose en relaciones pitagóricas es también errónea y carece de toda justificación científica, incluso para el conocimiento científico de su época. La teoría de Hegel acerca de la ubicación de los planetas es una hipótesis *ad hoc* basada en observaciones del *Τίμαιος* de Platón, y en algún sentido puede ser comparada a la teoría que el joven Kepler expone en su *Mysterium cosmographicum*.

¹⁸ Acerca de esto, cabe atender a lo que Kant escribe sobre la posibilidad de que ciertas leyes naturales aparentes no sean verdaderas leyes —leyes necesarias— sino mera contingencia. En el prólogo a la segunda edición de la *Crítica de la razón pura*, Kant escribe: “los investigadores de la naturaleza [c]omprendieron que la razón solo entiende lo que ella misma produce según su plan; que ella debe tomar la delantera con principios de sus juicios según leyes constantes, y debe obligar a la naturaleza a responder a sus preguntas, mas no debe solo dejarse conducir por ella como si fuera llevada del cabestro; pues de otro modo observaciones contingentes, hechas sin ningún plan previamente trazado, no se articulan en una ley necesaria, que es, empero, lo que la razón busca y necesita” (*KrV*, B XIII; cf. Kant, 2014, p. 19).

Decíamos antes que el descubrimiento de Neptuno, al igual que el de Urano, podría haberse anticipado largamente. En efecto, los dibujos realizados por Galileo el 28 de diciembre de 1612 y el 27 de enero de 1613, fieles trasuntos de lo que habrían sido algunas de sus primeras observaciones a través del telescopio, contienen unos puntitos intrigantes que coinciden con lo que, según sabemos ahora, habría sido la posición del por entonces desconocido Neptuno en aquellos días. Neptuno se encontraba en conjunción con Júpiter en el cielo nocturno de esas fechas. En ambas ocasiones, Galileo parece haber confundido a Neptuno con una estrella fija,¹⁹ y es por esto por lo que no se le atribuye a él su descubrimiento. Más de doscientos años debían pasar para que supiéramos de Neptuno. Estudios de historiadores sugieren que Galileo había incluso advertido el sutil movimiento de aquella estrella. Estuvo él, entonces, a muy poco de descubrir el octavo planeta.

3.6. La pregunta por el fin y la cuestión del espacio infinito

Uno de los temas más interesantes que Kant trata en su libro de historia universal y teoría de los cielos de 1755, aunque no se detiene demasiado en ello, es la pregunta por el fin. Deriva ésta de su modelo evolutivo del cosmos. Si el universo fluye según sus leyes hacia la magnificencia que hoy le reconocemos, habiendo partido de un caos inicial, tan antiguo y tan distinto, es inevitable preguntarse a dónde nos llevará ese devenir cósmico. Esta pregunta se entrelaza con la cuestión de la finitud del tiempo, sobre la que Kant (1755a) escribe:

Todo lo que es finito, que tiene un comienzo y un origen, tiene en sí mismo la cualidad de su naturaleza limitada; debe pasar y tener un final. La duración de una estructura mundial [*Weltgebäude*] tiene, gracias a la excelencia de su disposición, una constancia que se acerca a una duración infinita en términos de nuestros conceptos. Quizás mil, quizás un millón de siglos no lo destruyan, pero debido a que la vanidad que se adhiere a las naturalezas finitas está trabajando constantemente en su destrucción, la eternidad contendrá todos los periodos posibles y, por decadencia gradual, traerá el tiempo de su destrucción (citado en Watkins, 2015, p. 269).

¹⁹ Su lento andar por el cielo le sirve a Neptuno de camuflaje; es fácil confundirlo con una estrella. De todos modos, mejor camuflaje encontró Neptuno cuando, a partir de 1613, se ocultó detrás de Júpiter. Púdico ante la popularidad que el telescopio iba tomando en Europa, Neptuno no reapareció en el cielo sino hasta 1707.

Y como si pretendiese aliviar el tono atribulado de sus propias palabras, agrega:

Sin embargo, no debemos lamentar el fin de una estructura mundial [*Weltgebäude*] como la verdadera pérdida de la naturaleza. La naturaleza muestra su generosidad en una especie de extravagancia que, aunque algunas partes rinden homenaje a la fugacidad, se mantiene independientemente a través de innumerables creaciones nuevas en la extensión mundial de su perfección. Qué incontable masa de flores e insectos no destruye un solo día frío; pero, ¡qué poco los echamos de menos, aunque son espléndidas obras de arte de la naturaleza y pruebas de la omnipotencia divina! En otro lugar, esta pérdida se reemplaza nuevamente con abundancia. Los seres humanos, que parecen ser la obra maestra de la creación, no están excluidos de esta ley (citado en Watkins, 2015, p. 270).

Esa pregunta sobre el devenir cósmico también se entrelaza con aquella sobre la infinitud del espacio:

Todo lo que es finito, que tiene sus límites y una relación determinada con una unidad, está igualmente distante del infinito. Ahora bien, sería una tontería postular a la deidad como activa en una parte infinitamente pequeña de su capacidad creativa y considerar su fuerza infinita [...] La eternidad es insuficiente para captar las manifestaciones del ser superior si no se relaciona con la infinitud del espacio (citado en Watkins, 2015, p. 263).

Estas consideraciones de Kant acerca de la infinitud del espacio contrastan, por supuesto, con las que uno encuentra en el análisis que él hace de ese mismo problema en la dialéctica trascendental de la *Crítica de la razón pura*, al tratar las antinomias de la razón. Allí, Kant sostendrá que no es posible afirmar que el universo es infinito, tanto en lo que respecta al tiempo y al espacio, ya que el concepto de infinitud es empíricamente imposible y, por lo tanto, es absolutamente imposible también con respecto al mundo entendido como objeto de la experiencia (*KrV*, A520/B548; cf. Kant, 2014). Este contraste en la teoría cosmológica universal kantiana del período precrítico y la cuestión de la totalidad del mundo en las antinomias ha sido revisado por muchos estudiosos. En su libro *Kant's Cosmology: From the Pre-Critical System to the Antinomy of Pure Reason*, Brigitte Falkenburg (2020) discute *in extenso* la conexión entre la filosofía natural de Kant de la

década de 1750 y la filosofía del período crítico. En la opinión de Falkenburg, fue un supuesto colapso del proyecto precrítico por establecer una cosmología universal lo que lleva a Kant a la construcción de su filosofía crítica. Sin que esto implique que adherimos completamente a la perspectiva propuesta por Falkenburg, la cual desatiende ciertas continuidades entre el período precrítico y el crítico, nos interesa señalar que ella parece coincidir en que la obra del período crítico es deudora del proyecto precrítico.

Kant aborda en su libro otras cuestiones específicas sobre la física de los astros. Habla, por ejemplo, de una posible explicación para la especial rotación de la Luna, que la compele a darnos siempre la misma cara; habla de la ligereza de los planetas y su distribución relativa respecto al Sol; habla sobre de la habitabilidad de otros mundos. *Historia natural universal y teoría de los cielos* es un libro maravilloso, un texto que no es sólo un documento más de una época en el que un naturalismo racionalista se armaba con optimismo de nuevos instrumentos para extender nuestro conocimiento del mundo tanto en lo macro como en lo micro; se trata de una obra esencial, en la que se hace manifiesta la idea de que es posible una concepción global de la naturaleza en la que ese macro mundo y ese micro mundo se encuentran unificados.

3.7. Sobre la cuestión de la densidad de los mundos y lo invisible

Dijimos ya que la pregunta sobre la densidad de los astros, a la que Kant dedica parte importante de su *Historia natural universal*, fue de gran relevancia para la física de finales del siglo XVIII. Dijimos también que resultaba interesante comparar los temas de investigación de Kant sobre cosmología con los de otros científicos de su época dedicados a temas relacionados. El problema de la densidad de los astros nos proporciona un punto de contacto que facilita ese análisis comparativo.

Hablamos ya de John Michell, filósofo natural nacido en Inglaterra en la navidad de 1724. Michell fue un físico notable. Hizo aportes en geofísica, geología, óptica, física experimental y astronomía. Entre otras cosas, Michell fue la primera persona en proponer la existencia de los astros que hoy conocemos como *agujeros negros*, incluso antes de que lo hiciera su joven colega francés, el celeberrimo marqués de Laplace.²⁰ Se abría con eso la

²⁰ Laplace habló de los agujeros negros en una de las ediciones de su *Exposition du Système du Monde*, II (1796). En otras ediciones, esas especulaciones serían omitidas debido a que descansaban fuertemente en la hipótesis de la naturaleza corpuscular de la luz, materia que se encontraba en debate

posibilidad de, ya no sólo estudiar la física de lo inaccesiblemente distante, sino también la física de lo inmanentemente invisible.

Hoy sabemos que los agujeros negros existen. A partir del trabajo de Karl Schwarzschild²¹ (c. 1916) aprendimos que los agujeros negros son predicciones de la teoría general de la relatividad de Einstein (1915), y de hecho constituyen los objetos más intrigantes del universo. Su física es desconcertante, en cuanto su existencia tiene algo de paradójico: si bien se trata de objetos astrofísicos oscuros, fríos y silentes, terminan estando aparejados con los fenómenos más violentos, energéticos y luminosos del universo. Los agujeros negros desafían nuestra intuición hasta niveles asombrosos, y todas las nociones básicas de la física, como espacio y tiempo, se distorsionan cerca de ellos. Estos astros también desafían nuestra ontología ya que, desde una perspectiva moderna, es posible decir que, al menos para toda consciencia externa a ellos, los agujeros negros son la ausencia misma del espacio en el que *son*, e incluso, en tanto objetos teleológicos, existen en un tiempo que *aún* no es.

John Michell imaginó esos astros oscuros ya en 1783, el mismo año en el que se le atribuye haber diseñado la balanza de torsión que luego, en 1797, desembocaría en el famoso experimento llevado a cabo por su amigo Cavendish para medir con precisión la fuerza gravitatoria. El trabajo de Michell sobre la existencia de las estrellas negras —que no recibieron el

en ese momento (Montgomery et al., 2009); es interesante comparar con ediciones subsiguientes de *Exposition du Système du Monde*; por ejemplo, con la sexta edición de la parte II, de 1836. Acerca de la idea de Laplace sobre la luz podemos agregar que su hipótesis sobre la composición corpuscular del mundo no se detuvo en sus meditaciones sobre la luz, sino que avanzó sobre otros fenómenos: en el siglo XVIII era para muchos difícil aceptar la idea de una fuerza que actuara a la distancia sin un medio que oficiara de substancia transmisora. En el siglo anterior, Descartes y Leibniz habían considerado abstrusas teorías (e.g., de vórtices) para explicar la transferencia de acción dinámica de un cuerpo gravitante a otro distante. Es por eso por lo que la idea que Kant y otros de sus contemporáneos defendían hacia mediados del siglo XVIII acerca de que la gravedad actuaba de manera inmediata y a distancia (hasta el infinito) sin contacto ni mediación de substancia vehicular era revolucionaria. No debería entonces sorprender que haya sido Laplace, uno de los mayores científicos de finales del siglo XVIII, el primero en pensar una partícula que mediara la fuerza gravitatoria. Incluso se puede inferir que Laplace consideraba que la fuerza gravitatoria no tendría acción inmediata sino acción a una cierta velocidad de propagación finita.

²¹ Cerca de la Navidad de 1915, el astrónomo alemán Karl Schwarzschild (1873–1916), que se encontraba en batalla durante la primera gran guerra, le escribió a Einstein desde el frente ruso: “Como puede ver, la guerra es bondadosa conmigo al darme fuego —a pesar del feroz fuego de las armas— y permitirme, en la misma distancia terrestre, este paseo por el territorio de sus ideas” (Einstein, 1998, p. 163). Unos meses más tarde, como fruto de ese recorrido por el territorio de la teoría general de la relatividad, Schwarzschild descubriría los agujeros negros como una sólida predicción de la teoría de Einstein. Medio siglo después, en torno a 1964, se observarían los primeros candidatos astronómicos a ser agujeros negros.

nombre de agujeros negros sino hasta 1964— se publicaría al año siguiente, en 1784, en las *Philosophical Transactions of the Royal Society* de Londres (Michell, 1784). Su trabajo, sin embargo, fue tristemente ignorado hasta no hace tanto tiempo. Aun así, y sin mucho reparo, se reconoce a John Michell como el precursor de la idea de esos astros masivos y oscuros que hoy nos fascinan y cuyo estudio nos ocupa.

En 1783, Michell especulaba ya sobre la posibilidad de que existieran en el cosmos astros con masas enormes, capaces de generar cerca de ellos un campo gravitatorio tan intenso que imposibilitara incluso a la luz de escapar de su superficie. En palabras de Michell,

De existir en la naturaleza algún cuerpo de densidad no menor a la del Sol y cuyo diámetro sea mayor que 500 veces el diámetro del Sol, dado que su luz no podría alcanzarnos, [...] no podríamos tener información luminosa de ellos (1784, pp. 1, 6).

Michell no sólo pensaba que esos astros podrían existir, sino también que podríamos llegar a tener algún día evidencia de su existencia.

Por supuesto, en el siglo XVIII Michell no tenía a su disposición la teoría general de la relatividad, *i.e.*, la teoría de la gravitación de Einstein, que no aparecería sino hasta 1915. Por lo tanto, Michell realizó su trabajo valiéndose de la teoría de la gravitación de Newton. Esto le fue suficiente: resulta que, debido a una afortunada casualidad numérica, la teoría de Newton arroja resultados similares a la de Einstein cuando se trata de calcular ciertos parámetros de un agujero negro, parámetros tales como el cociente entre su masa y su diámetro —aunque la explicación física de los fenómenos es substancialmente distinta en ambas teorías—. Esto le permitió a Michell obtener resultados no sólo cualitativa sino también cuantitativamente acertados. Calculó la masa y el radio que debería tener una estrella para que la velocidad necesaria de un objeto para escapar de su influjo gravitatorio fuera la velocidad de la luz. Sus cálculos arrojaron como resultado valores de masa descomunales. Eso no detuvo sus especulaciones: después de todo, ¿por qué no habría uno de especular con astros de tal suerte en un cosmos tan vasto? Sin una teoría sobre la composición de las estrellas ni una teoría adecuada sobre la composición de la materia, a Michell no le quedó más

alternativa que suponer que las otras estrellas del cosmos tenían una composición y densidad similar a la de nuestro Sol.

El problema de la composición de los astros, y en especial la posibilidad de diferentes densidades de ellos, es discutida por Kant en el Capítulo 2 de la segunda parte de las que componen *Historia natural universal*. Aunque Kant dedica la mayor parte de esa discusión de la composición a los planetas y a la posible distribución de estos en torno a la estrella central, también dedica un apéndice a discutir su teoría sobre la composición del Sol. Kant piensa al Sol como una esfera ardiente. Lo sabe de una densidad relativamente baja, y piensa en la composición de su atmósfera. Concluye que debe tener aire²² para hacer posible y sostenible su fuego. Imagina una dinámica procelosa, en la que esbeltas columnas de humo se elevan acarreado partículas que más tarde precipitarán en forma de lluvias de lava y azufre.²³ Es claro que Kant y sus contemporáneos veían a las otras estrellas como astros de similares características.

Así, Michell supuso que un astro de la densidad del Sol²⁴ pero de muchísimo más tamaño podría existir. Calculó cuánto más grande debería ser ese astro para que la luz no pudiera escapar a su propia gravitación, y obtuvo un valor enorme: cerca de 500 veces más grande que el Sol, sus cálculos decían —esta manera de pensar suponía, ciertamente, adoptar una posición particular en el debate que se daba entonces acerca de la naturaleza de la luz. La hipótesis de una composición corpuscular de la luz sustentaba la idea de que esta sería afectada por la gravedad—. El radio del Sol es aproximadamente 700.000 kilómetros, lo que para Michell implicaba que sus hipotéticas estrellas negras —agujeros negros—, de existir, serían gigantescas: diámetros de cientos de millones de kilómetros, estimaba. Hoy sabemos que, de hecho, agujeros negros de tales tamaños existen en el universo; e incluso los hay más grandes y más masivos; colosales astros oscuros que someten gravitatoriamente a su propia luz y ejercen su influencia gravitatoria también sobre los otros astros. Michell vio en esto una manera de

²² La composición del Sol se entendería mucho más tarde. La presencia de helio en el Sol, siendo ese elemento el segundo en abundancia, no fue descubierto sino hasta 1868, cuando Janssen y Lockyer observaron su línea espectral. El helio fue encontrado en nuestro planeta en 1881 por Palmieri. Pensar al Sol como una enorme bola de gas compuesta en más de un noventa por ciento por hidrógeno estaba lejos de las posibilidades de Kant.

²³ Así imaginaba Kant en 1755 la física del Sol (y las otras estrellas); en breve: conteniendo una atmósfera que hiciera posible las llamas, una atmósfera compuesta de partículas ligeras que se elevan por convección para luego precipitar en lluvias sulfurosas que regresan a alimentar los fuegos.

²⁴ La densidad del Sol es 1,41 g/cm³.

observar el fenómeno; pensó en cómo el influjo de las estrellas negras sobre los otros astros nos permitiría saber de su existencia: aunque oscuros, aunque invisibles, esos astros enormes generarían un campo gravitatorio que afectaría el movimiento orbital de los cuerpos celestes que estuvieran cerca de ellos, y si esos otros cuerpos sí fueran luminosos entonces podríamos inferir de su extraño comportamiento la presencia de la enorme estrella oscura: “podríamos tener indicio [de su existencia] si se diera que algún otro cuerpo luminoso orbitara en torno a ellos, cuyos movimientos no pudiéramos explicar mediante otras hipótesis” (Michell, 1783, p. 35).

Es precisamente este fenómeno lo que hoy vemos, por ejemplo, en nuestra galaxia: el agujero negro del centro de la Vía Láctea, el gigantesco Sagittarius A*, es invisible a los ojos, pero el comportamiento de las estrellas cercanas a él, sometidas a su gravedad, termina delatándolo.

También hacia fines del siglo XVIII, de manera independiente y simultánea a Michell, Pierre-Simon Laplace imaginó la existencia de las estrellas negras. Lo hizo unos pocos años después, en las primeras ediciones de su *Exposition du Système du Monde*, aparecidas en 1796, pocos años después de la muerte de su colega inglés. Los detalles de los cálculos de Laplace aparecerían poco más tarde, en un trabajo de 1799 (véase también Montgomery, et al., 2009). A diferencia de Michell, Laplace consideraba en su *Exposition* la hipótesis de astros más densos, con densidades comparables a la de la tierra ($5,5 \text{ g/cm}^3$). Fue así como los diámetros de las estrellas negras pensadas por Laplace eran la mitad de los estimados por Michell. Laplace escribía: “La atracción gravitatoria de una Estrella con un diámetro 250 veces más grande que el diámetro del Sol y de una densidad comparable a la de la Tierra sería tan grande que la luz no podría escapar de su superficie” (1796, II).

Sugirió incluso que, debido a esto, “[l]os cuerpos más grandes en el universo podrían, entonces, ser invisibles debido a sus propias magnitudes” (1796, II; cf. 1799); o, tal como el marqués lo expresara: “*il est donc possible que les plus grands corps lumineux de l'univers, soient par cela même, invisibles*” (1796, II).

La hipótesis de que los agujeros negros tuvieran la densidad de astros conocidos, como el Sol o la Tierra, era por supuesto piadosa. El bestiario de objetos astronómicos es rico y variado, por lo que esa hipótesis no está justificada y, de hecho, resultó incorrecta. También era incorrecta la idea de

que la luz emitida por uno de esos astros dejaría por un lapso breve la superficie antes de volver a caer sobre sí misma: los agujeros negros no emiten luz en absoluto. Aun así, la intuición de Michell y Laplace, tan osada cuanto oscura, fue genial. Hoy tenemos evidencia incontestable de que su predicción más importante era cierta: “Los cuerpos más grandes en el universo [son] invisibles” (1976, II). Sin necesidad de ir más lejos, en el centro de nuestra propia galaxia —decíamos— existe uno de esos enormes astros invisibles. Kant conjeturó la existencia de ese astro y se preguntó sobre la posibilidad de verlo. Escribió (2015 [1755a], p. 278):

Si los centros de todos los grandes sistemas mundiales son cuerpos ardientes, con mayor razón se puede suponer lo mismo del cuerpo central de aquel inmenso sistema que forman las estrellas fijas. Pero este cuerpo cuya masa debe estar relacionada a la magnitud de su sistema, ¿no se destacaría ante los ojos, si fuera un cuerpo de luz propia o un sol, con extraordinario brillo y tamaño? Sin embargo, no vemos lucir en el ejército celeste ninguna estrella fija que se distinga especialmente.

Acaso porque Kant identificó erróneamente ese astro central con alguna estrella,²⁵ propuso la siguiente explicación de su visibilidad:

no debe extrañarnos que no sea así [que no destaque ante nuestros ojos]. Pues aun cuando superase 10.000 veces nuestro sol en magnitud y si se supiese su distancia 100 veces mayor que la de Sirio, no podría aparecer con mayor tamaño y brillo que éste (2015 [1755a], p. 278).

Nuevamente, vemos aquí la ley del cuadrado de la distancia.

La existencia de un astro invisible en el centro de la Vía Láctea hoy es ciencia cierta: la mitad del premio Nobel de física de 2020 se les otorgó a Reinhard Genzel y a Andrea Ghez por el descubrimiento de que el

²⁵ Se ha sugerido que Kant insinuó que el centro de la galaxia sería Sirio (*Alpha Canis Majoris*). Sirio es la estrella más brillante del cielo. Acaso por su luminosidad, Kant llegó a creer que Sirio se trataba de un sol enorme y distante que yacía en el centro de la Vía Láctea. Se trata, en realidad, de un sistema estelar binario relativamente cercano: a unos 8,6 años luz de distancia de nuestro planeta, miles de veces más cerca que el centro galáctico. De todas formas, nuestra interpretación es que Kant no confundió a Sirio con la estrella del centro de la Vía Láctea, sino que Kant simplemente menciona a Sirio sólo como ejemplo de una estrella que podría parecerse, desde nuestra perspectiva, a aquella enorme que sí ocupa el centro galáctico.

movimiento de estrellas en el centro de nuestra galaxia delata la presencia de Sagittarius A*, un astro invisible cuya masa es 4.200.000 de veces superior a la de nuestro sol. El centro de la Vía Láctea se ubica, visto desde aquí, en la constelación de Sagitario, a unos 26.000 años luz de nuestro sistema solar. La presencia de un astro allí fue conjeturada por Kant y fue anticipada de manera donosa por Edgar Allan Poe en su *Mellonta Tauta*,²⁶ esa hermosa bitácora imaginada de un viaje en globo por la galaxia:

El movimiento evidente de nuestro sistema en los cielos fue (¡extraño decirlo!) referido a una órbita alrededor de una estrella prodigiosa en el centro de la galaxia. Acerca de esta estrella, o en todo caso acerca de un centro de gravedad común a todos los globos de la Vía Láctea [...] Este orbe central, sin embargo, dinámicamente, debería haber sido más grande que todos los orbes circundantes tomados en conjunto. Entonces, podría haberse hecho la pregunta: “¿Por qué no lo vemos?” [...] Pero incluso admitiendo que el orbe central no fuera luminoso, ¿cómo arreglárselas para explicar que no se hiciera visible por la incalculable hueste de gloriosos soles que deslumbraban en todas direcciones a su alrededor? (Poe, 1849, pp. 288, 301).

La intuición de Kant resultó correcta: los centros de todos los grandes sistemas contienen cuerpos con masas relacionadas a sus enormes magnitudes. Las galaxias con núcleos activos que iluminan el cielo son, como Kant aventuraba, grandes sistemas mundiales con centros ardientes de masas comparables a las de miles de millones de soles. Esos centros ardientes, sin embargo, cobijan celosamente astros centrales que son invisibles.

3.8. Una materia original

El contenido cosmológico de *Historia natural universal y teoría de los cielos* es, desde una perspectiva actual, asombroso. Kant vislumbró una estructura del universo con enormes similitudes a la imagen que hoy tenemos de él. De entre todas las intuiciones felices que Kant presentó en ese libro, hay un acierto que descuella: el de haber pensado en un universo en evolución. Kant pensó al universo como un desenvolvimiento evolutivo a partir de un estadio original distinto al actual. Sobre esto, escribió:

²⁶ También en *Eureka* afirma Poe: “we know that non-luminous suns actually exist” [“sabemos que soles no-luminosos en efecto existen”] (1875, p. 6). Dice allí que Mädler fue lejos al identificar a Alcyon como la estrella en torno a la cual girarían todas las otras. Refiere a la teoría de Johann Heinrich von Mädler (1794–1874), que ubicaba el centro de nuestra galaxia en las Pléyades.

[El] espacio está completamente vacío o al menos vacío en buena medida; por lo tanto, debe haber estado una vez constituido de manera diferente y lleno de materia²⁷ lo suficientemente poderosa como para transmitir movimiento a todos los cuerpos celestes contenidos en él y hacerlo consonante con el suyo y, por lo tanto, con el de todos los demás, y después de que la atracción haya purificado todos los espacios antes mencionados y reunido toda la materia dispersa en bultos particulares los planetas, con los movimientos una vez impresos en ellos, deben continuar sus órbitas libremente y sin cambios en un espacio no resistente (Kant, 1755a; citado en Watkins, 2015, p. 227).

La imagen que hoy tenemos del cosmos se parece a ese devenir que Kant describe. Vivimos en un universo que se expande y cambia, y que así viene haciéndolo hace casi catorce mil millones de años. En ese tiempo se originó la materia tal como hoy la conocemos: primero, los núcleos atómicos; luego, los átomos; más tarde, los astros y las grandes estructuras; y luego los elementos químicos pesados, y la vida, y la razón. Pero el cosmos no siempre ha sido el que hoy es, no siempre contuvo todo lo que hoy contiene, no siempre ha sido enorme y casi vacío y frío y transparente. Cuando no había transcurrido aún un tercio de millón de años desde la gran explosión que le dio origen a todo (*¿ex nihilo?*), el universo era un caldo opaco que poco se parece al cosmos actual de las noches estrelladas. Era un plasma caliente en el que los átomos no lograban formarse aún debido a la gran agitación térmica: los núcleos atómicos, que sí ya se habían formado, no lograban capturar a los electrones en sus órbitas sin que el zamarreo de ese tumultuoso universo temprano terminara por arrancárselos de cuajo. Recién cuando el universo cumplió poco más de un tercio de millón de años de vida, la temperatura bajó lo suficiente como para que a los electrones les fuera posible quedar atrapados en torno a los núcleos y, así, formar finalmente átomos estables. Fue entonces cuando el universo se volvió transparente: al formarse los átomos, la luz dejó de interactuar con los electrones y quedó, así, liberada. Desde aquel momento, esa luz primitiva navega el cosmos libremente, llevando la imagen de aquella etapa del universo. Es por eso por lo que decimos que el universo tiene su brillo intrínseco, su luz inmanente. Se trata de una luz que no es aquella que ven nuestros ojos ante el firmamento poblado, sino una luz más lejana, más antigua; una luz ubicua y tenue, casi imperceptible. Esa luz nos trae la imagen de lo que el universo fue en sus

²⁷ Kant se refería a la “material original” con la que hubo estado formado el universo como *Urstoff*, que puede traducirse como “substancia original” (1755a; citado en Watkins, 2015, p. 199).

inicios. Podemos leer en ella la entera historia del cosmos. Si nos fuera dado el poder de apagar cada estrella, cada uno de esos soles, si pudiéramos acallar por un minuto cada uno de los sucesos violentos que iluminan el espacio, aun así, el universo brillaría. Lo haría tímidamente, con un color frío; pero brillaría. Ese brillo, esa luz, es testigo de una época en la que el universo era muy otro, muy distinto al que es hoy. La especulación de Kant acerca de un universo que otrora era muy otro resultó, pues, un acierto.

4. Derivas de una teoría cosmológica

4.1. Ética cosmológica

Como tantos otros territorios, los textos también se van fragmentando a medida que acaban, y en el caso de *Historia natural universal* esos fragmentos nos traen deliciosas especulaciones de Kant acerca de la habitabilidad de otros planetas y de las formas de vida allí. “No es precisamente necesario afirmar que todos los planetas deben estar habitados, aun cuando sería una incongruencia negarlo con respecto a todos o a la mayoría de ellos”, sostiene Kant (2015 [1755a], p. 295), y se lanza a especular sobre seres livianos y sutiles que viven en los planetas exteriores del sistema solar. Allí, según nos dice Kant, la mortalidad y las pasiones se adherirían menos a las almas de los habitantes, tanto más espirituales que nosotros. Al igual que la gravedad, el calor decrece con la ley del cuadrado de la distancia, y la temperatura de los mundos sería un factor importante para templar el espíritu de esos seres. Su digresión alcanza perfiles éticos y esto lleva a Kant a concluir sobre el especial lugar del universo en el que nos ha tocado ser, una zona apacible para el desarrollo, pero no lo suficientemente fría como para superar del todo las pasiones. Cerca del Sol gobernaría un desenfreno del que los seres de los planetas exteriores nada saben. Los habitantes de los planetas exteriores serían espíritus elevados y racionales, mientras que los seres de los mundos cercanos al Sol estarían dominados por sus impulsos apetitivos. El pecado, que nace de la tensión entre esos extremos, es sólo posible aquí, en la Tierra, o acaso también en Marte (Bilbao, 1978).

Vemos, pues, que, en la cosmogonía kantiana, incluso la ética es plausible de explicaciones en términos de fuerzas universales que actúan en el espacio. Esto nos muestra, además, cuán abarcadora era la idea de ‘seres dotados de razón’ que Kant contemplaba desde temprano en su filosofía. No

se nos escapa, por otro lado, el paralelismo entre las digresiones de Kant acerca de los diferentes templos que tendrían los habitantes de los distintos planetas y la taxonomía étnico-geográfica que ensayará en su antropología. No obstante, no nos detendremos aquí en ello. Digamos, sí, que la existencia de seres en otros astros es mencionada por Kant en la *Crítica de la razón pura*, cuando, en la dialéctica trascendental, discute la ‘creencia doctrinal’.

4.2. Metafísica cosmológica

Dado que estamos en los terrenos más especulativos de la filosofía natural kantiana de mediados de su etapa precrítica, quizá sea pertinente detenernos a discutir cuál es el rol de la cautela y de la especulación para Kant hacia esa etapa de su pensamiento. Pocas formas más precisas de tratar este punto se nos ocurren que citar sus propias palabras: al momento de emprender su digresión acerca de la habitabilidad de los mundos en *Historia natural universal*, Kant opina que “sería deshonesto el carácter de la filosofía si se la usara para afirmar con una especie de ligereza libres divagaciones del ingenio con alguna verosimilitud”, y agrega que, debido a ello, se limitará a presentar en su ensayo sólo proposiciones que realmente “puedan contribuir a ampliar nuestro conocimiento y cuya probabilidad esté al mismo tiempo tan bien fundada que no se podrá menos que reconocerlas” (2015 [1755a], p. 295).

En la advertencia del riesgo de las “libres divagaciones del ingenio con alguna verosimilitud” (2015 [1755a], p. 295), podríamos ver germinar lo que sería su descubrimiento, hacia el año 1769, de los giros de la razón pura, cuya máxima expresión quedarían evidenciadas por las antinomias, *i.e.*, la posibilidad de demostrar, mediante las divagaciones del puro ingenio, tanto ciertas proposiciones como sus opuestas. En esto consisten las ilusiones del entendimiento de las que se ocuparía tanto más tarde. También nace de esto la importancia de la sensibilidad.

En *Monadología física*, texto de 1756, Kant se expresaba acerca de las divagaciones de una manera similar, pero en ese caso lo hace preparando un contraataque metafísico. Comienza escribiendo allí: “Los filósofos más sutiles que se afanan en la investigación de la naturaleza concuerdan unánimemente en que ha de evitarse diligentemente que en ciencia natural se deslicen ficciones temerarias y conjeturas licenciosas” (Kant, 1756, p. 475; *cf.* Smith, 2013). Mas luego, en una oda a la especulación metafísica, escribe:

Como apenas es posible para un mortal avanzar con paso firme por el recto camino de la verdad, sin desviarse aquí y allá hacia un lado o el otro, hay quienes favorecen esta norma hasta el punto que casi no se atreven a aventurarse en aguas profundas en busca de la verdad, juzgan preferible navegar pegados a la costa y no admiten sino aquello que se conoce de modo inmediato por el testimonio de la experiencia. Por esta vía podemos sin duda poner de manifiesto efectivamente las leyes de la naturaleza, mas no el origen de las causas de las mismas. Quienes sólo van tras los fenómenos de la naturaleza distan siempre tanto de la comprensión recóndita de sus causas primeras y están tan lejos de alcanzar jamás la ciencia de la naturaleza misma de los cuerpos como quienes trepando cada vez más alto hacia la cima de una montaña se persuadiesen de que al cabo van a tocar el cielo con la mano (Kant, 1756, p. 475).

Inmediatamente después, afirma: “Sólo la metafísica, de la que muchos creen poder cómodamente prescindir en el terreno de la física, puede aquí prestar ayuda y encender la luz” (Kant, 1756, p. 475).

5. Conclusiones

Como decíamos al comenzar, *Historia natural universal y teoría de los cielos* es una de las obras más importantes que Kant haya escrito. Lejos de agotarse en meditaciones cosmológicas y una paráfrasis de la teoría newtoniana de la gravitación, el contenido de ese libro abarca una teoría de la extensión de la substancia, la metafísica de las leyes naturales, la teología, la ética y la antropología. En ese libro, un Kant filosóficamente maduro pero que aún se resiste a abandonar la metafísica especulativa, ensaya sobre la universalidad de las leyes fundamentales de la naturaleza, la constitución de la materia, la idea de un universo con historia, la hipótesis nebular para la formación de los sistemas estelares y de nuestro sistema solar, la existencia de otras galaxias, la composición de otros planetas y la existencia de planetas aún por descubrir, la vida en esos otros planetas y la existencia de otros seres inteligentes. Muchos de estos temas retornarán más tarde, en el período crítico, aunque lo harán de distintas formas: por ejemplo, la pregunta por la infinitud o finitud del mundo es un problema que Kant retomará en las antinomias de la *Crítica de la razón pura* (1781–1787). Otro ejemplo es su teoría de la materia, que reaparecerá, ya en una versión no-monadológica pero preservando las mismas bases físicas, en los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* (1786). En este último libro, perteneciente al período crítico, las leyes de la

materia se derivan de principios trascendentales. Hubo incluso quienes afirmaron que en su libro de cosmología de 1755 se ven prefigurados su antropología, su teología e incluso elementos de su filosofía práctica. Es debido a todo esto que sostenemos que atender al contenido de *Historia natural universal y teoría de los cielos* es imprescindible para comprender acabadamente los elementos germinales de la filosofía madura de Kant.

Referencias

Fuentes primarias y sus traducciones

Kant, I. (1749). *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*. Martin Eberhard Dorn.

Kant, I. (2015 [1755a]). *Universal Natural History and Theory of the Heavens or Essay on the Constitution and the Mechanical Origin of the Whole Universe According to Newtonian Principles*. Cambridge University Press.

Kant, I. (2015 [1755b]). *Succinct Exposition of Some Meditation on Fire*. Cambridge University Press.

Kant, I. (1756). *Monadologiam Physicam*. En K. Lasswitz (Ed.), *Obras de Kant*, vol. I (pp. 475–487). EA.

Kant, I. (1900 [1786]). *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*. von Pfeffer.

Kant, I. (1946 [1755a]), *Historia natural y teoría general del cielo* (traducción de Pedro Merton, comentada por Manuel Sadosky), Lautaro.

Kant, I. (1968 [1786]). *Schriften zur Naturphilosophie*. En *Werkausgabe*, vol. IX. Suhrkamp.

Kant I. (1984 [1781–1787]). *Crítica de la razón pura*. Hyspamerica.

Kant, I. (1786). *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*. Riga.

Kant, I. (1989 [1786]), *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* (traducción de C. Másmela), Alianza Editorial.

Kant, I. (1991 [1786]). *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Tecnos.

Kant, I. (1997 [1786]). *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*. Felix Meiner Verlag.

Kant, I. (1997b [1777]). *On the Different Races of Man*. Backwell.

Kant, I. (1998 [1781–1787]). *Kritik der Reinen Vernunft*. Philosophische Bibliothek.

Kant, I. (2016 [1783]). *Prolegómenos a toda metafísica futura que haya de poder presentarse como ciencia*. Ágora de Ideas.

Kant, I. (2015 [1749]). *Thoughts on the True Estimation of Living Forces and Assessment of the Demonstration that Leibniz and other Scholars of Mechanics Have Made Use of in This Controversial Subject, Together with Some Prefatory Considerations Pertaining to the Force of Bodies in General*. Cambridge University Press.

Watkins, E. (Ed.) (2015), *Natural Science, The Cambridge Edition of the Works of Immanuel Kant*. Cambridge University Press.

Bibliografía complementaria

Bilbao, C. (1978). *La ciencia del hombre en el siglo XVIII*. Centro Editor de América Latina.

Cassirer, E. (1918). *Kants Leben und Lehre*. Yale University Press.

Cassirer, E. (2018). *Kant, vida y doctrina*. Fondo de Cultura Económica.

Carpenter, A. (2000). Review of The Philosophy of the Young Kant: The Precritical Project. *Kantian Review*, 5, 147–153.

Einstein, A. (1998). *The Collected Papers of Albert Einstein, Volume 8, The Berlin Years: 1914-1918*. Princeton University Press.

Falkenburg, B. (2020). *Kant's Cosmology from the Pre-Critical System to the Antinomy of Pure Reason*. Springer.

Friedman, M. (1992). *Kant and the Exact Sciences*. Harvard University Press.

Hegel, G. W. (2009 [1801]). *Dissertatio philosophica de orbitis planetarum, Las órbitas de los planetas*. Universidad del País Vasco.

Laplace, P.-S. (1799). Beweis des Satzes, dass die anziehende Kraft bey einem Weltkörper so gross seyn könne, dass das Licht davon nicht ausströmen kann. *Allgemeine Geographische Ephemeriden*, 4, 1–6.

- Laplace, P.-S. (1984 [1796]). *Exposition du Système du Monde II*. Fayard.
- Michell, J. (1784). On the means of discovering the distance, magnitude &c. of fixed stars, in consequence of the diminution of the velocity of their light, in case such a diminution should be found to take place in any of them, and such other data should be procured from observations, as would be farther necessary for that purpose. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 74, 35–57.
- Montgomery, C., Orchiston, O. y Whittingham I. (2009). Michell, Laplace and the Origin of the Black Hole Concept. *Journal of Astronomy History and Heritage*, 12, 90–96.
- Schönfeld, M. (2000). *The Philosophy of the Young Kant: The Precritical Project*. Oxford University Press.
- Shea, W. (1986). Filled with Wonder: Kant's Cosmological Essay, the 'Universal Natural History and Theory of the Heavens'. En R. Butts (Ed.), *Kant's Philosophy of Physical Science; The Western Ontario Series in Philosophy of Science*, vol. 33. Springer.
- Smith, S. (2013). Kant's Picture of Monads in the Physical Monadology. *Studies in History and Philosophy of Science, A*, 44(1), 102–111.
- Veneroni, S. (2018). Osservazioni fisico-teoriche attorno al primo scritto di Kant sulle forze vive del 1746 (1749). *Physis*, LIII, 143–173.
- Veneroni, S. (2021). Due osservazioni storico-critiche in merito al primo scritto di Kant sulle 'forze vive' e al *Traité de Dynamique* di D'Alembert (1743; 1758). *La Cultura*, LIX(1), 99–105.

Recibido: 05/10/2023

Aceptado: 18/03/2024