

El desarrollo del pensamiento moderno

Johman Carvajal Godoy



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

Johman

Carvajal Godoy

Doctor en Filosofía. Profesor del
Centro de Humanidades y la
Facultad de Filosofía de la
Universidad Pontificia Bolivariana de
Medellín, Colombia. Pertenece al
grupo de investigación
Teología, religión y cultura,
clasificado en Colciencias.
Correo: johman.carvajal@upb.edu.co

El desarrollo del pensamiento moderno

Johman Carvajal Godoy

© Johman Carvajal Godoy
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

El desarrollo del pensamiento moderno

ISBN: 978-628-500-013-3

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-628-500-013-3>

Primera edición, 2021

Escuela de Teología, Filosofía y Humanidades

Centro de Humanidades

CIDI. Grupo Teología, religión y cultura. Proyecto: Diversidad, pensamiento y sentido: el papel de las construcciones simbólicas en la revolución intercultural del siglo XXI. CIDI-UPB 2018. Radicado: 136C-05/18-14

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico: Álvaro Gómez Fernández

Decano de la Escuela de Filosofía, Teología y Humanidades: Luis Fernando Fernández Ochoa

Jefe del Centro de Humanidades: Johman Carvajal Godoy

Gestor Editorial de Escuela: Luis A. Castrillón-López

Editor: Juan Carlos Rodas Montoya

Coordinación de Producción: Ana Milena Gómez Correa

Diagramación: Geovany Snehider Serna Velásquez

Corrección de Estilo: Editorial UPB

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2021

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín-Colombia

Radicado: 2156-29-11-21

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Contenido

Introducción.....	8
Capítulo I. Aristóteles y los modernos	15
Los primeros principios.....	19
Teoría del movimiento	21
Capítulo II. Aristóteles en el medioevo	50
El período post-aristotélico.....	52
Las investigaciones de la naturaleza y el neoplatonismo agustiniano	62
La filosofía árabe: de todas maneras, filosofía griega.....	69
Los escolásticos y la filosofía de Aristóteles: ¿ciencia oscurantista?	80
La cosmología tomista.....	91
Las especulaciones cosmológicas de los nominalistas de París	96
Metafísica y ciencia	102
Capítulo III. La astronomía matemática de Nicolás Copérnico.....	104
El Commentariolus: la cosmología copernicana	110
El De Revolutionibus: la nueva astronomía matemática	119
Copérnico y la modernidad: a modo de conclusión.....	138
Capítulo IV. Johannes Kepler: del Dios geómetra a las leyes del movimiento planetario	141
El sistema del mundo del <i>Mysterium cosmographicum</i>	142
Las leyes del movimiento planetario	148

Capítulo V. Galileo Galilei: la polémica con Aristóteles 158

Apreciaciones metodológicas	159
Consideraciones cosmológicas	168
Naturaleza de la Luna.....	172
Las nuevas estrellas fijas	179
Las “tierras” de Júpiter.....	185
Las manchas solares	190
Las fases de Venus y la deformidad de Saturno	199
La cosmología teórica.....	206
Rasgos fundamentales de la nueva ciencia.....	215

Capítulo VI. La filosofía de la naturaleza cartesiana..... 221

Descartes y el aristotelismo del siglo XVIII.....	222
El proyecto matemático para la ciencia.....	230
La matemática como ciencia privilegiada y como propedéutica del <i>ingenium</i>	234
La necesidad del método	242
El proyecto metafísico para la ciencia	249
Principales rasgos de la física de Descartes	262
Tránsito de la metafísica a la física	262
Principios físicos de la física.....	263
Principios físicos del movimiento	273
Primera ley de la naturaleza: ley de inercia.....	276
Segunda ley de la naturaleza: ley del movimiento rectilíneo infinito.....	278
Tercera ley de la naturaleza: ley de choque.....	280
El universo ilimitado: ¿Cuestión física o metafísica?.....	285
Concepción del movimiento	293
Constitución material del universo.....	301
El Sol inmóvil en el centro de nuestro mundo	301
Las distancias interplanetarias.....	305
Los torbellinos celestes	309
Epílogo	316

Referencias..... 317

A mi madre, Luisa: In memoriam

*A los estudiantes que escucharon en mis clases estos mismos asuntos y
desde su avidez escolar me alentaron a escribir estas notas.*

Introducción

Uno de los períodos más apasionantes de la historia de las ciencias la fechamos desde mediados del siglo XVI hasta finales del siglo XVII, específicamente los trabajos que se ubican entre la publicación de la magna obra de Nicolás Copérnico, *De Revolutionibus orbium coelestium* en 1543 y los *Principia*, de Isaac Newton hacia 1687. En esta época se encuentran las obras de Giordano Bruno, Johannes Kepler, Galileo Galilei y René Descartes. En este orden de ideas, este libro de investigación, asociado al proyecto “Diversidad, pensamiento y sentido: el papel de las construcciones simbólicas en la revolución intercultural del siglo XXI”, pretende profundizar sobre los aportes que estos pensadores hicieron al desarrollo de la cultura científica.

En efecto, como se ha dicho este maravilloso tiempo se origina con el libro de Copérnico. Sin embargo, el mundo académico cercano al clérigo católico ya estaba enterado con anticipación del contenido de su revolucionaria teoría. En los primeros años del siglo se cree que alrededor de 1614 hace circular entre sus amigos un pequeño texto de escasas 20 páginas conocido como el *Commentariolus*¹ en el que presenta los rasgos generales de su modelo del cosmos, sin hacer ningún tipo de demostración física o matemática. Es de suponer que algún comentario o el mismo libro llegó a instancias de las autoridades eclesiásticas, lo que para este año no supondría una alarma

¹ Su largo nombre es: *Nicolai Copernici de hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*. En castellano: *Breve exposición de las hipótesis de Nicolás Copérnico acerca de los movimientos celestes*.

herética, dado el librepensamiento que caracterizaba a la Iglesia católica por estos días, influenciado por la marea renacentista italiana.

Esta situación cambiaría notablemente debido a la Reforma de Lutero entre 1517 y 1521. La radicalización de las autoridades católicas es una consecuencia de este evento. Para estos años ya Copérnico había escrito el *De Revolutionibus*. Los siguientes años serán turbulentos: guerras, masacres y exilios se vieron por toda Europa. Y en Inglaterra, para 1634, surgiría un nuevo cristianismo: el anglicanismo. Más aún, por razones geopolíticas, Frombork, el lugar en el que vivía Copérnico, quedó ubicado en territorios protestantes. Es evidente el porqué de la reserva para la publicación de su libro. Por estas razones, hacia 1540, un astrónomo, matemático y teólogo protestante, amigo suyo, Joachim Rethicus, publica la *Narratio prima*. Este libro presenta las novedosas teorías de Copérnico, con la intención de explorar el ambiente académico, religioso y político de la Europa protestante y la católica. Por otro lado, el cardenal Nicolás Schoemberg anima a Copérnico para que publique sus teorías, como consta en las cartas introductorias al *De Revolutionibus*. Finalmente, el *De Revolutionibus orbium coelestium* es publicado en 1543, el mismo año de su muerte. En el norte de Europa el libro será perseguido por Lutero, pues lo considera herético, contrario a las Sagradas Escrituras y ordena su destrucción. En el mundo católico el libro solo es estudiado por los recién fundados jesuitas, quienes lo consideran un libro ingenioso que explica de otra manera los movimientos planetarios, en comparación con el sistema aristotélico y el ptolemaico. Entrará a ser estudiado como sospechoso de herejía en 1616 como efecto de la amonestación de Galileo por la inquisición romana.

A finales del siglo, hacia 1584, estando en Oxford, Giordano Bruno publicó *Sobre el infinito universo y los mundos* y *La cena de las cenizas*. Como sabemos, son las primeras obras del siglo XVI que disuelven la esfera de las estrellas fijas que Aristóteles, Platón, Ptolomeo y los filósofos medievales árabes y cristianos habían defendido. En otras palabras, para la época es bastante problemático afirmar la infinitud del universo. Sin embargo, en el mundo antiguo, los atomistas griegos, Lucrecio y hacia el siglo XIV el cardenal Nicolás de Cusa, ya habían

afirmado que el cosmos no estaba limitado por la esfera de las fijas, sino que las estrellas estaban distribuidas más allá de ese límite. Con la autoridad del cardenal de Cusa, pues lo cita una y otra vez, Bruno defiende el universo infinito. Por supuesto, no hay demostraciones matemáticas, pues la geometría de sus días no da los elementos necesarios para explicarla. Habría que esperar que Descartes inventara la geometría analítica y tener una nueva teoría del movimiento para entender la infinitud del universo. Las demostraciones de Bruno son argumentativas, esto es, examinar las explicaciones aristotélicas, confrontarlas con las suyas y concluir cuál de las dos es más plausible. No va más allá, a pesar de ser un copernicano declarado.

Johannes Kepler escribió su primera obra hacia 1596, el *Mysterium cosmographicum*. Este matemático protestante expone allí su idea del cosmos perfecto heredado de la tradición pitagórico-platónica. Media centuria antes Copérnico había propuesto su sistema heliostático y Kepler, a pesar de ser un seguidor suyo, ni siquiera aceptó la idea de un Sol “aproximadamente” central del clérigo, sino, más bien, un Sol ubicado en el centro absoluto —que no es copernicano—. Por otro lado, Copérnico había defendido que los planetas —incluida la Tierra— tenían órbitas circulares. Sólo con círculos es posible hacer lo que hizo: demostraciones matemáticas de la retrogradación planetaria. Sin embargo, Kepler tampoco tiene en cuenta los círculos copernicanos. Regresa a la idea escolástica de las esferas concéntricas. ¿Por qué lo hizo? ¿Por qué de nuevo un centro absoluto y esferas concéntricas? Porque, según su creencia, Dios es un geómetra, es decir, la mente de Dios es la mente de un geómetra. Y un ser perfecto como Él sólo puede crear un cosmos perfecto, desde la pregunta inicial del *Mysterium*, ¿Por qué Dios creó seis planetas y no creó más o menos? La solución es platónica: porque Dios puso un sólido regular entre planeta y planeta para poder explicar la enorme distancia que hay entre algunos y la corta distancia que hay entre otros.

Aunque Kepler se acercaba con este libro más a las especulaciones medievales que a las matemáticas de Copérnico, fue por él que fue conocido por la comunidad de matemáticos y astrónomos europeos, entre ellos Tycho Brahe y Galileo Galilei, que reconocieron un genio

de las matemáticas en el joven protestante, más por el uso de las herramientas geométricas de su libro que por las teorías mismas de planetas moviéndose en esferas, aun después de Copérnico. Es la razón de la cercanía de Kepler con estos dos personajes. Con Brahe, reconocido observador astronómico que poseía más de 30 años de registros de movimientos planetarios y con Galileo, su corresponsal, a propósito de las observaciones de 1610 con su telescopio. La relación con Brahe y su acceso a dichos registros sería lo que hizo posible el descubrimiento y la demostración matemática de que los planetas se mueven en elipses, que cambian de velocidad si se alejan o se acercan al Sol y que su distancia al Sol depende de su período alrededor de éste.

Al mismo tiempo de la *Astronomia Nova*, de Kepler de 1609, en la que demuestra las órbitas elípticas y los cambios de velocidad de los planetas, según se alejen o se acerquen al Sol, Galileo en Florencia estaba observando el cielo con su anteojito. En efecto, en 1610 se da a conocer el *Sidereus nuncius* con tres descubrimientos astronómicos: la superficie irregular de la Luna, nuevas estrellas en la Vía Láctea y cuatro “lunas” en Júpiter. Descubrimientos que moverán los cimientos de la ciencia clásica y la medieval. En ese mismo año publica un breve tratado denominado *En torno a las manchas solares*, en el que demuestra que el Sol tiene movimiento sobre su propio eje y que las manchas solares se encuentran en su superficie y no en su atmósfera. En ese mismo año en cartas a sus corresponsales presenta los demás descubrimientos: las fases de Venus y la “deformidad” de Saturno. Luego de este año hasta el final de sus días no hizo más descubrimientos: lo impidió su ceguera progresiva por observar directamente al Sol en tiempos en los que no existe la medicina preventiva.

La influencia del *Sidereus nuncius* en el mundo cultural europeo es inmediata. Sus descubrimientos pusieron en tela de juicio verdades que la ciencia y el cristianismo habían mantenido por siglos. En Roma las autoridades eclesiásticas le ponen la tarea al padre Clavius de hacer observaciones y corroborar si Galileo tenía razón o era una farsa. Clavius confirma las observaciones galileanas, pero una cosa es confirmarlo y otra que se conozca en el mundo académico. Su conclusión queda en el secreto de los pasillos del Colegio Romano.

Es por ello que Galileo se ve presionado en escribir una carta aclaratoria a la matrona de los Medici, Cristina de Lorena, de que sus descubrimientos no son incompatibles con las Sagradas Escrituras ni con la Doctrina. Sin embargo, la dama protectora muestra la carta a la Inquisición. Hacia 1616 Galileo recibe una amonestación por parte de la Inquisición —a la vez del consabido estudio de la obra de Copérnico como sospechosa de herejía—.

La ausencia de obras galileanas es corriente desde el tratado sobre las manchas solares de 1610. Su siguiente obra será *El ensayador*, de 1623 a propósito de la disputa con los jesuitas Orazio Grassi y Lottario Sarsi por la argumentación de que el movimiento de tres cometas observados hacia 1619 ocurría debajo de la esfera de la Luna. Para Galileo es imposible demostrar que se mueven arriba o debajo de ella, además, de que tampoco es posible mostrar de qué material están hechos. Este libro se convierte en el libro de metodología científica más importante del siglo XVII. Allí nos explica cómo hacer ciencia y cómo se diferencia de otro tipo de discursos.

En 1632 publica el *Diálogo sobre los sistemas máximos: el ptolemaico y el copernicano*. Este es un libro de cosmología en el que muestra la superioridad explicativa de las teorías copernicanas, es decir, hace una declaración pública de su adhesión al copernicanismo, a pesar de las dificultades que había tenido desde el *Sidereus nuncius*. Sabemos que es la razón final por la cual es juzgado por la Inquisición romana como hereje, la consecuente retractación pública en la catedral de Minerva en Roma en 1633 y su retiro de la vida académica, en la Villa Arcetri en las afueras de Florencia. Aquí escribe, finalmente, las *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* que llega a los lectores en 1638 y presenta sus leyes de caída de los cuerpos o de los movimientos uniformemente acelerados, una nueva noción del movimiento que aniquilaba definitivamente la física aristotélica.

Por estos mismos días René Descartes publica las *Reglas para la dirección del espíritu*. Su contenido defiende que la ciencia por excelencia es la matemática y que cualquier ciencia que quiera adquirir

ese *status* debe ceñirse a sus metodologías. Esas otras “ciencias” son la mecánica, la moral, la medicina y la balística. Sin embargo, este libro termina sin conclusión, no plantea de qué manera podemos articular estas ciencias a los paradigmas matemáticos. La razón es que abandona este proyecto de matematización de la ciencia en general e inicia uno nuevo: el metafísico. Para 1633 cuando se entera de la condena de Galileo, retira de la imprenta *El mundo*, que consta de dos partes: el *Tratado de la luz* cuya temática es la física y el *Tratado del hombre* acerca de fisiología y anatomía humana.

En el turbio ambiente de estos años y a instancias de su editor en 1637 divulga *El discurso del método* como introducción a tres ensayos científicos: *Meteorología*, *Dióptrica* y *Geometría*. La *Geometría* es el ensayo en el que nos enseña la geometría analítica, es decir, la geometría necesaria para entender el espacio infinito, que había sido una limitación de la geometría clásica o euclidiana. Ahora es posible hacer representaciones matemáticas del infinito y, además, entender una nueva concepción del movimiento —la ley de inercia y la ley de los movimientos rectilíneos uniformes—, expresada en las leyes de la naturaleza —sí, escritas como leyes—, publicadas en su extraordinario libro *Principios de la filosofía*, de 1644.

Así es cómo el aristotelismo escolástico entra en crisis. Y no hay manera de entender el impacto de la nueva ciencia, su grandeza y su importancia, si no tenemos claro que los modernos tienen como horizonte de discusión la filosofía de Aristóteles de corte escolástico. Todos ellos fueron formados en universidades escolásticas, en las que la ortodoxia filosófica se había convertido en un fuerte bastión teórico frente a las novedosas ideas que comenzaron a desarrollarse luego de la publicación del *De Revolutionibus*, de Copérnico en 1543, sobre todo, en lo que tenía que ver con la naturaleza y el orden del Cosmos. Por ello, la primera parte tratará de mostrar en qué parte de la filosofía aristotélica los modernos articulan sus disputas para plantear una nueva ciencia y, por ende, una nueva filosofía.

La lectura de la filosofía de Aristóteles que hacen los modernos está mediada, necesariamente, por la interpretación y la reelaboración

que de ese pensamiento hicieron los medievales árabes, judíos y cristianos, es decir, que no se puede olvidar la actividad intelectual que hubo en ese enorme lapso que se conoce con el genérico de “el medioevo”, pues las especulaciones cosmológicas de los cristianos de los siglos IV, V y VI, que se apoyaban generalmente en los textos bíblicos, no eran ni mejores ni peores –en términos epistemológicos– que los modelos del cosmos presentados, ya fuera por los pitagóricos, Platón, Aristóteles o Ptolomeo. Todos exponían graves problemas teóricos que obligaban, una y otra vez, a plantear nuevos paradigmas para tratar de solucionar las evidentes contradicciones que surgían cuando eran confrontados con la experiencia: los movimientos retrógrados de los planetas, sus cambios de velocidad, su acercamiento y alejamiento de la Tierra, la naturaleza de la esfera de las estrellas fijas, entre muchos otros. Así mismo, es importante mencionar el papel que jugaron los árabes como herederos de la cultura griega y como puente entre ésta y la filosofía escolástica de los siglos XIII y XIV, y básicamente, las ideas cosmológicas de Santo Tomás de Aquino que desarrollan los conceptos aristotélicos sobre el Cosmos, y los trabajos de los nominalistas de París que son fundamentales como antesala del pensamiento moderno, pues fueron ellos los primeros que hicieron notar las fisuras de la ciencia aristotélica; por ejemplo, la posibilidad de una Tierra en movimiento explicada desde una rústica teoría de la relatividad del movimiento y la severa crítica –y las subsecuentes soluciones– a la explicación de los movimientos de los proyectiles o al fenómeno de antiperístasis².

² Se entiende por Antiperístasis en la física aristotélica al impulso que recibe un proyectil por el aire que desplaza, esto es, que el aire que es desplazado se hace atrás del proyectil y lo impulsa como una especie de motor.

Capítulo I

Aristóteles y los modernos

Por eso, para poder valorar el alcance de la revolución expresada en la primera ley newtoniana, tenemos que ocuparnos brevemente de las representaciones fundamentales de Aristóteles. Para esto tenemos que librarnos de un prejuicio que en parte surgió justamente de la aguda crítica de la ciencia moderna a Aristóteles. Este prejuicio consiste en creer que las elaboraciones de Aristóteles son meramente conceptos inventados, que carecen de referencia a las cosas³.

Cuando se habla de la constitución de la ciencia moderna es imposible obviar su referente teórico más inmediato: la física aristotélica. De cierta manera los trabajos de los modernos desde Copérnico hasta Newton, pasando por Galileo y Descartes, tienen como panorama de discusión la filosofía de Aristóteles. Tal vez se plantee aquí una cierta confusión entre lo que se entiende por física y por filosofía. Sin embargo, habría que decir que por lo menos en Aristóteles es imposible concebirlas una separada de la otra. Lo normal es pensar que se encuentren absolutamente distanciadas. En nuestros días aparentemente no tienen nada que ver entre sí y muchas veces se considera, simplemente, que todo lo contrario a la ciencia –en este caso la física– es lo que llamamos filosofía. Dos saberes antagónicos con sus propias historias y principios teóricos tan alejados de sí como dos unidades únicas, limitadas y aisladas, en cuya conformación la participación mutua es irrelevante. Nada más alejado de la realidad. Puede que actualmente algunas mentalidades lo consideren de esta forma. Pero en Aristóteles las dos hacen parte del

³ Martín Heidegger, *La pregunta por la cosa* (Buenos Aires: Alfa, 1975), 75.

mismo continente, y no sólo eso, sino que la física es una parte de una totalidad que Aristóteles llamó la filosofía.

Para Aristóteles, la filosofía es la totalidad del conocimiento humano. Todo lo que el hombre puede llegar a conocer hace parte de ella, pues su filosofía es un sistema que investiga o indaga desde los primeros principios o las primeras causas para llegar a los fenómenos particulares. Mucho más tarde Descartes también participa de esta concepción de la filosofía cuando en *Les Principes de la philosophie* afirma que: “De este modo, la totalidad de la Filosofía se asemeja a un árbol, cuyas raíces son la Metafísica, el tronco es la Física y las ramas que brotan de este tronco son todas las otras ciencias...”⁴. Además, es evidente que esta forma de ver la filosofía persiste aun hasta finales del siglo XVII. Como se sabe, el libro cumbre de Newton, publicado en 1687, lleva por título *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Cuando Newton dice “filosofía natural” quiere decir “física”, esto es que, en última instancia, escribe: “principios matemáticos de la física”⁵.

La física o la filosofía de la naturaleza es una parte de ese gran continente de conocimientos que llamamos la filosofía. Algunas mentalidades ortodoxas, por ejemplo, se interrogan sobre qué importancia pueden tener en la historia de la filosofía los trabajos de Copérnico, Bruno, Kepler, Galileo y Newton, si ellos eran científicos, partiendo

⁴ René Descartes, *Los principios de la filosofía* (Madrid: Alianza, 1995), 23. Hay que tener en cuenta que el trozo citado no se encuentra en la edición latina original de Descartes, publicada por primera vez en Ámsterdam en 1644. Este aparece en la Carta-Prefacio que escribió el mismo Descartes a la traducción francesa de C. Picot publicada en 1647, en francés, en el original.

⁵ Arthur Koestler en el Prefacio de *Los sonámbulos* afirma que la filosofía natural o la filosofía de la naturaleza es “una expresión pasada de moda porque el término ‘ciencia’, que ha venido a reemplazarla en tiempos más recientes, no conlleva las mismas intensas y universales asociaciones de ideas que comportaba la ‘filosofía natural’ en el siglo XVII...” (Arthur Koestler, *Los sonámbulos* (Barcelona: Salvat, 1986), VII). Y agrega que los modernos –Copérnico, Galilei, Descartes y Newton– que “crearon la conmoción que hoy llamamos ‘revolución científica’, le daban un nombre completamente distinto: la ‘nueva filosofía’.” (Koestler, *Los sonámbulos*, VII).

del supuesto de que lo más alejado de la filosofía es la ciencia –entendida ésta como ciencia de la naturaleza o ciencia natural–. Lo que aquí se puede evidenciar es la valoración de ejecuciones intelectuales de los siglos XVI y XVII, desde los conceptos corrientes actuales de la ciencia y la filosofía. Se ha de dejar claro que todos los trabajos de los autores mencionados realmente hacen parte de la actividad filosófica de la época, esto es, que se dedican a desarrollar una de las ramas más fuertes de la filosofía en esos días: la física o, lo que es lo mismo, la filosofía natural. Otra cosa es que se hayan ocupado poco o nada de la metafísica⁶.

La importancia de la filosofía de Aristóteles no sólo radicó, pues, en que fue el punto de referencia para las discusiones filosóficas de los siglos XVI y XVII, sino, también, en que los pensadores que desarrollaron esas discusiones se enmarcaron en la definición aristotélica de la filosofía y en su concepción global. No en vano la formación intelectual de todos ellos se realizó en universidades europeas renacentistas, no muy alejadas de la herencia medieval escolástica.

Comúnmente se cree que la filosofía moderna surge de una tajante ruptura con la filosofía de Aristóteles. En estos términos la ha planteado la historiografía tradicional como efecto de una mirada muy general, con un evidente afán de romper cualquier lazo entre el aristotelismo y la modernidad. Realmente el asunto es mucho más complejo de lo que se cree. Hay una cosa cierta: los modernos, entre ellos Descartes y Newton, aún siguen, en el siglo XVII, manejando la concepción formal de la filosofía como totalidad del conocimiento humano, tal y como la había concebido Aristóteles veinte siglos antes.

Ahora bien, ¿qué entiende Aristóteles por física? Guillermo R. de Echandía escribe que para Aristóteles:

⁶ Exclusivamente de la metafísica como ciencia de los primeros principios o de las primeras causas, en sentido aristotélico. Es conocido el hecho de que los modernos se ocuparon de otras cosas, además de la física, esto es, medicina, teología, esoterismo, historia, alquimia, astrología, entre otras. Estudios recientes demuestran estas tendencias intelectuales de “espíritus” científicos como Copérnico, Kepler o Newton.

... el vocablo “física” designaba un plural colectivo en cuanto que abarcaba no sólo el estudio de los principios generales de la phýsis y de los diversos procesos en que se manifiesta, sino también la cosmología, la meteorología, la mineralogía, la botánica, la zoología, la biología, la psicología y la antropología. Así, para Aristóteles, el estudio de las pasiones del alma y el de sus diversos procesos cognoscitivos, es tan físico como el estudio del movimiento local: lo que define la fisicalidad de un hecho es la propia phýsis de las cosas⁷.

Esta definición tan general no tiene nada que ver con aquella que utilizaron los modernos o con la que nos enfrentamos en nuestros días. Se pensaba que cuando Aristóteles aludía a la física se refería exclusivamente a una teoría del movimiento, tal como los modernos y alguna rama de la filosofía de la ciencia actual la entienden, probablemente apoyados en ciertas afirmaciones del mismo Aristóteles en algunos de sus escritos. Por ejemplo, en la *Metafísica* anota que: “La Física, en efecto, considera los accidentes y los principios de los entes en cuanto móviles, ...”⁸. Si se lo toma literalmente y fuera de contexto, quizá se pueda interpretar la física como una teoría del movimiento. Pero hay que entender que los móviles son móviles siempre y cuando puedan *cambiar* de lugar o tengan la potencia de cambiar, esto es, permanecer en reposo; es decir, si se toma literalmente la afirmación diríamos más bien que la física es una teoría del cambio –del cambio de lugar– y de la posible manifestación del cambio de lugar –el reposo– y no del movimiento. Lo que nos llevaría a entender que todo cambio de lugar es necesariamente un movimiento, pero no todo movimiento es un cambio de lugar, pues el concepto de movimiento se aplica también a otras manifestaciones sensibles que no son exclusivamente un cambio de lugar, como por ejemplo todos los fenómenos de generación y corrupción en la naturaleza.

En los textos de Aristóteles es evidente que la física no sólo es una teoría del cambio, sino de sus causas, accidentes y modos, además

⁷ Guillermo R. de Echandía, “Estudio preliminar”, en: Aristóteles, *Física* (Madrid: Gredos, 1995), 24.

⁸ Aristóteles, *Metafísica* (Madrid: Gredos, 1970), 147.

de la generación y la corrupción de las substancias y, por ende, de los diversos procesos de la naturaleza que no se restringen al mero cambio de lugar. Así pues, a pesar de que en él la física abarque aspectos tan amplios y disímiles, según las perspectivas actuales, los modernos desde Copérnico –y mucho antes que éstos algunos medievales desde el siglo XI– la desarrollaron específicamente como una teoría del movimiento o del cambio de lugar, limitando su trabajo a la dinámica, a pesar de que tuvieran claro que el concepto de movimiento es más amplio. Sin embargo, aunque evolucionó una física en sentido restringido, siguió siendo parcialmente aristotélica, pues aun los modernos la concibieron como parte del ejercicio filosófico y básicamente sus trabajos partieron de la revisión de las teorías del movimiento de Aristóteles⁹. Pero este es otro problema: una cosa es la física según Aristóteles y otra es que los modernos hayan limitado sus análisis a las teorías del movimiento, como punto de partida de la nueva ciencia.

Los primeros principios

Todas las líneas de la filosofía de Aristóteles convergen en su metafísica, mientras que ésta se expande a su vez por todas las demás disciplinas. La metafísica da expresión a los últimos propósitos del filósofo, y todo estudio de los detalles de su doctrina que no parta de este órgano central omitirá necesariamente lo principal¹⁰.

En su *Física*, Aristóteles menciona en reiteradas ocasiones la importancia de la investigación de los primeros principios o las primeras causas como uno de los elementos esenciales de la filosofía, y no sólo eso, sino que en las indagaciones sobre la naturaleza no es posible obviar el estudio de los principios. Por ello advierte: “... es evidente que también en la ciencia de la naturaleza tenemos que intentar determinar en primer

⁹ Nicolás Copérnico, *Sobre las revoluciones* (Barcelona: Altaya, 1994), 24-25.

¹⁰ Werner Jaeger, *Semblanza de Aristóteles* (México: Fondo de Cultura Económica, 1997), 45.

lugar cuanto se refiere a los principios”¹¹. Pero, ¿en qué consisten esos primeros principios? ¿Qué rasgos característicos deben poseer?

Los planteamientos de Aristóteles sobre este asunto se circunscriben a la aplicación de una analítica lógica del lenguaje: un primer principio –o los primeros principios en caso de que sean varios– no debe proceder de otro o de otros, esto es, que sea primero –o primeros– sin ningún precedente o previo y que, además, no provenga de ninguna cosa o cosas, sino que, por el contrario, las cosas provengan de él. Se convertiría necesariamente en el fundamento o la condición de posibilidad de la existencia de otros principios –que llamaremos secundarios– y de todos los entes o todas las cosas de la naturaleza. En última instancia, el primer principio –o en su defecto, los primeros principios– se establece como un tipo de realidad primera y esencial de la cual dependen otros principios y los entes naturales, “... pues es necesario que los principios no provengan unos de otros, ni de otras cosas, sino que de ellos provengan todas las cosas”¹².

Estos primeros principios no se limitan al presupuesto de ser necesariamente primeros, sino que también cumplirán una función más amplia. En la *Metafísica* encontramos que además de ser primeros, permiten conocer las cosas, pero ellos no necesitan, para su conocimiento, de las cosas. Aquí se encuentran dos niveles de tratamiento de los primeros principios. El primero es aquel que se refiere a los primeros principios como condición de posibilidad de la existencia de las cosas, es decir, en un sentido esencial, de lo cual podríamos decir que estos primeros principios pertenecerían de manera exclusiva al mundo metafísico, si se entiende la metafísica –o en términos de Aristóteles, la “Filosofía Primera”– como la ciencia de los primeros principios. Primeros principios necesarios para otros principios secundarios y, por ende, para las cosas. Estos primeros principios, en este sentido, hacen alusión al Motor Inmóvil: entidad causal metafísica condición de posibilidad para la existencia del movimiento en el cosmos, lo que mueve, pero no es movido, no está ubicado en

¹¹ Aristóteles, *Física*, 82-83.

¹² Aristóteles, *Física*, 103.

ningún lugar, cumple funciones causales y es un ente distinto de los demás entes o de las cosas naturales.

Para el segundo, hay que atender algunas tesis de Aristóteles en su *Metafísica*. En cierto pasaje afirma, por ejemplo, que "... mediante ellos [los primeros principios] y a partir de ellos se conocen las demás cosas, ..." ¹⁴. Aquí no se plantea el problema en términos de esencia-
 lidad, esto es, afirma principios de los que proceden los demás y las cosas, sino en términos de conocimiento. Como si se propusiera una metodología para llegar al conocimiento verdadero y cierto o, lo que es lo mismo, a la implementación de una teoría del conocimiento. En otras palabras, se trata de proponer un sistema que, a partir de primeros principios dados, permitan conocer otros principios secundarios, para así llegar a un conocimiento cierto del mundo. ¿No se puede evidenciar aquí una propuesta metodológica que nos llevaría a la aplicación de un sistema deductivo, esto es, inferir de los primeros principios otros principios para conocer el mundo tal como es?

Teoría del movimiento

Cuando en la historia de la filosofía y de la ciencia –en sentido moderno– se menciona la física de Aristóteles, tradicionalmente se ha pensado en los términos de una teoría del movimiento, es decir, que la física sólo trata del movimiento de los entes como teoría del cambio de lugar. Ya se ha dicho que Aristóteles entendía por física, no sólo una teoría del cambio, sino también todo proceso natural de generación y corrupción de la naturaleza y el estudio de todo tipo de causas que generan movimientos y procesos naturales. Sin embargo, esa visión clásica de la física como teoría del movimiento ha persistido hasta nuestros días. Se sabe, además, que es una herencia de los pensadores modernos de los siglos XVI y XVII porque, en términos generales, centraron sus trabajos y análisis en los movimientos terrestres y celestes, obviando, casi siempre, otros dominios propios de la filosofía natural –como la medicina, por ejemplo, que fue tratada como excepción, tal es el caso de Descartes–.

En nuestros días es común observar que cuando se hace historia de la ciencia y se acerca a la física de Aristóteles, los análisis casi siempre se quedan en la mención, la descripción o el inventario de los movimientos celestes y terrestres, de sus causas y de la estructura del cosmos. El efecto es una cierta visión sesgada de estos asuntos porque se le ve a través de la lente de la modernidad. Pero eso no demerita, ni mucho menos, las teorías del movimiento como teorías del cambio y su importancia en el desarrollo de la ciencia moderna, o en los trabajos de los modernos. De hecho, para entender cabalmente la física moderna y su constitución como ciencia en sentido moderno, es necesario moverse en el instante en el que se desarrollan las discusiones con la filosofía natural de Aristóteles. Y esas discusiones van dirigidas hacia la física como teoría del cambio de lugar.

Entonces, ¿qué es el movimiento? Recordemos una precisa definición de Aristóteles: “El movimiento es, pues, la actualidad de lo potencial, cuando al estar actualizándose opera no en cuanto a lo que es en sí mismo, sino en tanto que es movable”¹³. Esta definición da cuenta de lo que entendió por movimiento en su concepción general, pudiéndose leer literal y exclusivamente como una simple teoría del cambio de lugar. Ahora bien, considerando el movimiento como teoría del cambio de lugar es preciso indicar cómo es ese cambio de lugar, cómo opera o a causa de qué ocurre. Escribe en su *Física*:

*... es manifiesto que el movimiento está en lo movable, pues el movimiento es la actualidad de lo movable por la actuación de lo que tiene capacidad de mover; y la actualidad de lo que tiene capacidad de mover no es distinta de la actualidad de lo movable, pues el movimiento tiene que ser la actualidad de ambos. Algo tiene capacidad de mover porque puede hacerlo, y es un moviente porque actualiza realmente; pero la capacidad de actualizar es sobre lo movable*¹⁴.

El movimiento ocurre porque está a la vez en lo que se mueve y en lo que hace mover, esto es, en el móvil y en la causa del movimiento.

¹³ Aristóteles, *Física*, 179.

¹⁴ Aristóteles, *Física*, 183-184.

La concepción moderna corriente es que un móvil tiene movimiento porque una fuerza, casi siempre externa, es la que lo produce. Para Aristóteles las cosas ocurren de otro modo. No se trata de concebir por un lado el cuerpo que se mueve y por otro el agente o fuerza que lo causa. Más bien, el movimiento participa de la unidad causa y efecto. La causa del movimiento está implícita en la naturaleza del moviente, en tanto que, “... la actualidad de lo que tiene capacidad de mover no es distinta de la actualidad de lo movable...”, como se afirma en la cita anterior.

La naturaleza del movimiento no se refiere a cualquier movimiento que se pueda observar en la naturaleza. El movimiento ocurre en la medida en que se cumplan leyes naturales estrictas. En otras palabras, el movimiento sólo ocurre de determinado modo, y se inscribe en el orden natural del cosmos de Aristóteles. En su *Física* aparece: “Hay, pues, un movimiento primero y algo que es movido, y también un tiempo en el cual, y además un desde lo que y un hacia lo que, ya que todo movimiento es desde algo y hacia algo”¹⁵. Más adelante también escribe que: “Es claro [...] que el movimiento está en la materia de la madera, no en la forma; porque ni la forma, ni el lugar, ni la cantidad, mueven ni son movidos, sino que hay un moviente, algo movido y algo hacia lo que es movido”¹⁶.

De aquí se pueden extraer dos asuntos: en primer lugar, que hay un moviente primero o algo que mueve y no es movido, que todo lo movido es movido por algo y que el movimiento está en la materia y no en la forma, el lugar o la cantidad de lo que es movido. En segundo lugar, que todo movimiento ocurre desde algo y hacia algo. Nos introduce así en lo que pertenece al movimiento esencial y naturalmente. El movimiento verdadero no es, pues, todo eso que vemos en sucesivos instantes en la naturaleza, sino que está determinado por un “desde” y un “hacia”, para que ocurra. Sin embargo, ese “desde” y ese “hacia” están determinados por los lugares naturales

¹⁵ Aristóteles, *Física*, 299.

¹⁶ Aristóteles, *Física*, 299. Las barras son más.

que constituyen el cosmos. Cosmos organizado por tres lugares absolutos: el centro, la esfera de la Luna y el límite.

¿Cómo es, entonces, el cosmos de Aristóteles? No es el más novedoso ni el más original de la época. Aristóteles tiene algunos previos para poder llegar a concebir la estructura del cosmos tal y como se conoce a través de la *Física*, la *Metafísica* y *Del Cielo*. La importancia de su concepción radica, no tanto en la originalidad o la novedad, sino en la coherencia explicativa y organizacional que tiene su sistema cosmológico.

Existen dos concepciones cosmológicas que anteceden el trabajo aristotélico: la teoría física de Platón y el modelo de las esferas de Eudoxio. Platón ha sido poco estudiado en la historia de las ciencias, por lo menos en lo que tiene que ver con su contribución al pensamiento científico. Incluso muchos historiadores de la ciencia lo han considerado más nefasto que beneficioso para el desarrollo de las ciencias de la naturaleza. Un pasaje típico que defiende este punto de vista lo leemos con C.U.M. Smith: "... para Platón, solamente eran plenamente inteligibles las entidades invariables –esencias, formas, ideas, arquetipos, etc.–; todo lo demás pertenece al mundo de las cosas perecederas sobre el que no podemos tener más que una mera opinión"¹⁷. Y refuerza este argumento citando a Jenofonte y se parte del supuesto de que hay un lazo directo e insoluble entre la filosofía socrática y la platónica:

*Sócrates ni siquiera analizó el tema favorito de los oradores, "La naturaleza del Universo", y evitó la especulación en torno al así llamado "cosmos" de los maestros, la forma en que funciona y las leyes que gobiernan los fenómenos del firmamento: de hecho, defendía que atormentar a la mente con semejantes problemas era una solemne tontería*¹⁸.

Una posición más moderada la encontramos en otros historiadores como Benjamin Farrington, que, aunque consideren un término

¹⁷ C.U.M. Smith, *El problema de la vida* (Madrid: Alianza, 1975), 94.

¹⁸ Jenofonte, "Memorabilia", en Smith, *El problema de la vida*, 91-92.

medio entre ambos extremos, dejan entrever, de alguna manera, su inclinación por un Platón que poco participa en la evolución y progreso de la ciencia antigua. En su *Ciencia y filosofía en la antigüedad* nos hace saber que:

Ha sido y es un tema discutido decidir si la revolución intelectual encabezada por Platón y Sócrates fue o no beneficiosa para la ciencia. Hay autores según los cuales Platón es tan gran filósofo como científico. Otros, por el contrario, consideran la influencia platónica nefasta para la ciencia y se niegan a admitir que el árbol de ésta haya crecido bajo la sombra de su filosofía. La verdad se sitúa entre ambos extremos. Platón combatió la ciencia jónica con apasionado odio toda su vida; el platonismo transmitió al pensamiento medieval una concepción que fue incompatible con el crecimiento de la ciencia positiva; y cuando la ciencia renació en Europa occidental durante los siglos XVI y XVII retornó por encima de Platón, el estilo y los métodos de los pensadores presocráticos. Pero no podía reanudarse sin más la vieja tradición jónica sin caer en un gran anacronismo. Hay aspectos de la obra de Platón que deben ser tenidos en cuenta, algunos de tanta importancia que los logros de sus predecesores pueden calificarse con justicia de orígenes del pensamiento griego. Platón oscureció extraordinariamente algunos problemas, pero también clarificó algunos de gran importancia¹⁹.

Sin embargo, Platón juega un papel importantísimo en el posterior trabajo de Aristóteles y, por ende, en la historia de las ciencias naturales. Según Werner Jaeger:

Para entender a Aristóteles y su relación con Platón es importante no partir de la vaga idea de “Platón” como un todo, sino reemplazarla por el concepto preciso de su último período, el período abstracto y metodológico que comenzó por el 369. Éste dio a Aristóteles una dirección definida y le abrió un campo de trabajo adecuado a su talento particular²⁰.

¹⁹ Benjamin Farrington, *Ciencia y filosofía en la antigüedad* (Barcelona: Ariel, 1986) 93-94.

²⁰ Jaeger, *Semblanza de Aristóteles*, 13.

En la clasificación que hace W. Jaeger de la obra de Platón en su *Semblanza de Aristóteles*, digna de fe, se puede hablar, en primer lugar, de algunos *Diálogos* que se encuentran relacionados con la filosofía de Sócrates, y por supuesto, con temas característicos de la filosofía socrática, esto es, el *Fedón*, el *Gorgias*, la *República* y el *Simposio*²¹, y las “... clásicas doctrinas sobre las Ideas, sobre la unidad y la multiplicidad, sobre el placer y el dolor, sobre el Estado, sobre el alma y la virtud...”²². Obras y temas marcados por la viva presencia del espíritu socrático antes del 370 a. C., lo que no significa que no se discutieran en la Academia otros de distinta índole.

En segundo lugar, están las obras y temas que se alejan de la filosofía socrática, en las que Platón da apertura a temas diferentes a los presentados en las anteriores especulaciones filosóficas de herencia socrática. Según Jaeger, el *Teeteto*, el *Sofista*, el *Político*, el *Parménides*, el *Filebo* y el *Timeo*, se caracterizan por el alejamiento de los temas tratados en el primer grupo de *Diálogos* y por el acercamiento hacia otro tipo de temas que no habían ocupado un puesto preponderante en la filosofía platónica desarrollada hasta el momento. Por ejemplo, para Jaeger:

*En el Teeteto tenemos la apoteosis del filósofo antisocrático de los últimos días de Platón. El mecanismo del diálogo encomienda el dibujo del tipo a Sócrates, pero el retrato que traza no se parece nada a él, si hacemos caso de su propia y fidedigna caracterización en la Apología, sino al prisionero de la matemática; y patente es que a precisar sus rasgos ayudó el nuevo concepto de la vida “teorética”. Sócrates se había ocupado exclusivamente con el hombre y no con lo que existe en el cielo y bajo tierra. El Teeteto, en cambio, habla del alma filosófica como de un alma que “geometriza” y “astronomiza”*²³.

²¹ Según Jaeger, “Las especulaciones de Aristóteles no pueden ponerse en relación con el *Fedón* o la *República*, ni con la teoría de las Ideas tal como se presenta en ellos.” (Jaeger, *Semblanza de Aristóteles*, 14).

²² Jaeger, *Semblanza de Aristóteles*, 10-11.

²³ Jaeger, *Semblanza de Aristóteles*, 13.

Los trabajos de Platón sobre su concepción del cosmos físico se encuentran en el *Timeo o de la naturaleza*. El objeto de este texto²⁴, según se afirma en sus primeras páginas, es penetrar la naturaleza del cosmos o, lo que es lo mismo, discurrir y pensar sobre el Cosmos. En el intento platónico por entender su estructura se hallan algunos de los elementos más esenciales de la física de Aristóteles: en primer lugar, la concepción de un cosmos esférico, perfecto y armónico, limitado por la esfera de las estrellas fijas y, en segundo lugar, el ordenamiento de sus constituyentes primarios, esto es, el aire, el agua, el fuego, la tierra y el cielo visible.

Este tipo de investigaciones no ocupan un lugar privilegiado en la filosofía de Platón desde el punto de vista de las clásicas historias de la filosofía. De hecho, un tipo de conocimiento adquirido mediante la observación de fenómenos –como lo es el de los movimientos celestes– y no mediante el saber racional reflexivo, no tenía la envergadura de un verdadero conocimiento. Este tipo de saber se alejaba del objetivo principal de la inicial filosofía platónica: la teoría de las ideas. Una cosa es el mundo celeste con características de perfección –pero, al fin y al cabo, constituyente del mundo sensible– y otra es la suma perfección del mundo de las ideas. Sin embargo, no se quiere decir con esto que ese tipo de investigación no sea importante en los trabajos de Platón y en los posteriores tratados de Aristóteles sobre la naturaleza del Cosmos, sino todo lo contrario, que son parte esencial de la contribución platónica al desarrollo de las especulaciones cosmológicas griegas y de las mismas explicaciones aristotélicas de la estructura del cosmos.

De todas maneras, el cosmos esférico, cuyo límite es la esfera de las estrellas fijas, es una constante en las cosmologías mediterráneas. Es la figura, por excelencia, para poder describir la naturaleza de un Cosmos perfecto y armónico, y es Platón quien le da carta de ciudadanía a esta concepción del cosmos. Y este va a ser, precisamente, el principal argumento platónico para caracterizarlo. En el *Timeo* se dice:

²⁴ Platón, “Timeo o de la naturaleza”, en *Obras completas* (Madrid: Aguilar, 1972), 1133.

En cuanto a su figura [del Cosmos], le ha dado [Dios] la que mejor le conviene y la que tiene afinidad con él. En efecto, al viviente que debe envolver en sí mismo a todos los vivientes, la figura que le conviene es la figura que contiene en sí todas las figuras posibles. Esta es la razón de que Dios haya formado el mundo en forma esférica y circular, siendo las distancias por todas partes iguales, desde el centro hasta los extremos. Esa es la más perfecta de todas las figuras y la más completamente semejante a sí misma. Pues Dios pensó que lo semejante es mil veces más bello que lo desemejante. En cuanto a la totalidad de su superficie exterior, la ha pulido y redondeado exactamente...²⁵.

La pretendida perfección de la esfera frente a la imperfección de otras figuras tridimensionales se va a imponer en la tradición filosófica occidental. Desde el *Timeo* de Platón hasta los trabajos de Newton, incluidos los de Kepler y Galileo, y exceptuando las concepciones cosmológicas de Bruno y Descartes²⁶. Ningún modelo del cosmos se podrá desembarazar, en todo este tiempo, de la forma esférica, limitada y perfecta.

El cosmos es, pues, esférico, por lo tanto, sublime, pulido, redondeado, armónico, único –no hay nada fuera de su límite–, semejante a sí mismo, “... un cuerpo bello, totalmente homogéneo, igual en todas sus partes desde su centro, un cuerpo completo, perfecto, compuesto de cuerpos perfectos”²⁷. Como dice Timothy Ferris: “[La esfera] ...es el más perfecto de los sólidos geométricos, pues tiene

²⁵ Platón, “Timeo o de la naturaleza”, 1136. Las barras son mías.

²⁶ Teniendo en cuenta que los modelos esféricos del cosmos ya habían sido considerados por otros pensadores anteriores a Platón. Por ejemplo, Anaximandro y Pitágoras. Sin embargo, es Platón quien privilegia las concepciones esféricas del cosmos, y las figuras y los movimientos circulares y esféricos para la física y la matemática posterior a sus obras. Entre los siglos XVI y XVII, tanto Bruno como Descartes hablarán, respectivamente, de un universo infinito y de un universo ilimitado, en contraposición a las clásicas concepciones de un cosmos cerrado y limitado por la esfera de las estrellas fijas.

²⁷ Platón, “Timeo o de la naturaleza”, 1136.

la menor (y la única) superficie posible con relación al volumen de espacio que encierra”²⁸.

Pocos se atreverán a discutir, en adelante, que el cosmos pueda tener otra forma o apariencia. Platón infundirá en el pensamiento occidental la idea de un cosmos cuya característica fundamental es la esfericidad. Es una de las causas –además del éxito de la física de Aristóteles– para que las tesis de los atomistas griegos y, más tarde, del romano Lucrecio, sobre la infinitud del cosmos, quedaran en el olvido hasta los trabajos del cardenal Nicolás de Cusa en el siglo XIV.

Ahora bien, ¿cuál es el movimiento que le conviene a un cosmos esférico? Por supuesto, el movimiento circular. Así que el cosmos debe tener movimiento y necesariamente tiene que ser circular.

Le dio [Dios], en efecto, el movimiento corporal que le convenía, aquel de los siete movimientos que está principalmente relacionado con el entendimiento y la reflexión. Por esta razón, imprimiendo sobre él una revolución uniforme en el mismo lugar, hizo que se moviera con una rotación circular; y lo privó de los otros seis movimientos²⁹ y le impidió anduviera errante por ellos³⁰.

El movimiento circular del cosmos en sí mismo alude, pues, a su perfección. Es natural que un cuerpo perfecto tenga un movimiento perfecto: el circular. Este hace parte de su perfección. Aquí está contenido uno de los principales presupuestos cosmológicos de Platón: los cuerpos celestes son perfectos, entonces son, necesariamente, esféricos, por lo cual deben moverse en círculo en torno a un centro. La cosmología platónica es clara: el cosmos es esférico, por ende, sólo existe el movimiento circular. Se impone el axioma de la circularidad en la cosmología platónica y en las especulaciones posteriores sobre la naturaleza del Cosmos.

²⁸ Timothy Ferris, *La aventura del universo. De Aristóteles a la teoría de los cuantos: una historia sin fin* (Barcelona: Crítica, 1995), 23. Las barras son mías.

²⁹ Los otros seis movimientos a los que se refiere Platón en este pasaje son: arriba, abajo, izquierda, derecha, adelante y atrás.

³⁰ Platón, “Timeo o de la naturaleza”, 1136. Las barras son mías.

Sin embargo, nosotros vemos otros tipos de movimientos en el cosmos. Para Platón esos movimientos son ilusorios, sólo existe el movimiento circular. Vemos movimientos distintos al circular en nuestra cotidianidad y *vemos* los movimientos retrógrados de los planetas porque los percibimos por los sentidos. Dichas percepciones son falsas, puras ilusiones, que nos dan una visión aparente, y no cierta, de la realidad. Percepciones que nos alejan del mundo real introduciéndonos en un conocimiento falso de él, teniendo la sensación de que poseemos nociones correctas de las cosas.

En el siglo XVI, este va a ser uno de los postulados básicos que Copérnico tratará de demostrar en su *De Revolutionibus*, esto es, que el movimiento real de los planetas es circular y que sus movimientos retrógrados observables son una ilusión óptica producto de la combinación del movimiento de la Tierra con el del planeta observado, en su conocida teoría de la relatividad óptica del movimiento.

Otro aspecto de la teoría física de Platón que pasa a hacer parte de la filosofía natural de Aristóteles es el ordenamiento de los constituyentes primarios del cosmos: el aire, el agua, el fuego, la tierra y el cielo visible. Es decir, los llamados cuatro elementos de Empédocles³¹ y el cielo visible que en Aristóteles se convertirá en el quinto elemento o la “quinta-esencia”, o lo que es lo mismo, el éter, que es la esencia perfecta y divina de la que está constituido el mundo celeste o el mundo supralunar. En el *Timeo* se lee:

... Dios colocó el aire y el agua en medio, entre el fuego y la tierra, y ha dispuesto estos elementos unos por relación a los otros, en la medida en que era posible dentro de una misma relación, de tal manera que

³¹ Werner Jaeger afirma que es “...perfectamente natural para los filósofos griegos posteriores desde los tiempos de Platón y Aristóteles el mencionarle repetidamente, considerándole como el creador de la teoría de los elementos y por tanto de la física misma en el sentido que daban a la palabra.” Werner Jaeger, *La teología de los primeros filósofos griegos* (México: Fondo de Cultura Económica, 1977), 130. Véase también: G.S. Kirk, J.E. Raven y M. Schofield, *Los filósofos presocráticos* (Madrid: Gredos, 1987), 400 a 454. Particularmente lo que tiene que ver con el *Poema de la naturaleza* de Empédocles.

*lo que el fuego es al aire, lo fuera el aire al agua, y que lo que el aire es al agua, lo fuera el agua a la tierra. De esta manera ha unido y modelado un cielo visible y tangible a la vez. Por este procedimiento, y con la ayuda de estos cuerpos que hemos definido de la manera dicha en número de cuatro, ha producido el cuerpo del mundo, armonizado por una proporción*³².

Aunque Aristóteles no concibe la organización de los cuatro elementos en el cosmos, tal y como Platón lo hizo, sí se puede aseverar que ciertos rasgos esenciales perdurarán en la física aristotélica. Por ejemplo, el hecho de que esos cuatro elementos sean los constituyentes primarios de la naturaleza. Se sabe que Aristóteles les dará una ubicación distinta, en la parte del cosmos que se genera y se corrompe, en la parte en que la imperfección es la característica principal, dado el lugar que ocupan entre el centro del cosmos y la esfera de la Luna.

La otra concepción que antecede la cosmología aristotélica es el modelo de las esferas de Eudoxio. Es bien conocida la historia del contacto directo entre Platón, Aristóteles y Eudoxio en la Academia platónica. Según Ferris:

*Entró [Eudoxio] en las páginas de la historia un día de verano alrededor de 385 a. C., cuando bajó del barco que lo había llevado desde su ciudad natal de Cnido, en Asia Menor, dejó su escaso equipaje en un alojamiento barato cercano a los muelles y caminó ocho kilómetros por el polvoriento camino que conducía a la Academia de Platón, situada en los suburbios del noroeste de Atenas*³³.

Este Eudoxio, “... era un geómetra de gran capacidad”³⁴ que “... a diferencia de Platón, combinaba sus razonamientos matemáticos abstractos con una pasión por los hechos físicos”³⁵. Cuestión que perfeccionará en un viaje a Egipto –como lo haría cualquier

³² Platón, “Timeo o de la naturaleza”, 1135-1136.

³³ Ferris, *La aventura del universo...*, 21. Las barras son mías.

³⁴ Ferris, *La aventura del universo...*, 23.

³⁵ Ferris, *La aventura del universo...*, 23.

matemático de la época– en el que profundiza sus estudios en matemáticas, realiza observaciones astronómicas y se preocupa por la estructura del cosmos. Y, continúa Ferris:

Cuando Eudoxio, ya maduro, volvió a la Academia, era un sabio renombrado con su propio séquito de discípulos, y se puso a elaborar un modelo del cosmos que fuese al mismo tiempo satisfactorio platónicamente y defendible empíricamente. Concibió el universo como compuesto de esferas concéntricas que rodean la Tierra, que también era una esfera³⁶.

Es fácil suponer por qué un personaje de tales características llega a influenciar el pensamiento aristotélico. Pues Aristóteles se estaba moviendo en esa misma época en aquel ambiente de discusión generado por el pensamiento platónico antisocrático que favorecía la investigación de la naturaleza, como se ha visto. Según Werner Jaeger,

...hablaba Aristóteles, que había conocido a Eudoxio en los comienzos mismos de su propia estancia en la Academia, con verdadero calor de su impresión personal, al recordar los estímulos debidos a Eudoxio. También éste suscitó dificultades acerca de las Ideas y sugirió una modificación de la teoría³⁷.

Así pues, el sistema de Eudoxio se trata de un modelo del cosmos, de carácter geométrico, en el que los movimientos planetarios se explican a través de un complejo sistema mecánico de esferas concéntricas. Los cuerpos celestes o los planetas, esto es, el Sol, la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, son movidos por una o más esferas que giran en torno a un centro. El límite del cosmos también está constituido por una esfera, la de las estrellas fijas, y tiene también un movimiento de rotación en torno al mismo centro, alrededor del cual, como se dijo, se mueven los planetas.

Es en este panorama en el que se desarrolla la física de Aristóteles como teoría del cambio de lugar y su concepción del cosmos.

³⁶ Ferris, *La aventura del universo...*, 23.

³⁷ Jaeger, *La teología de los primeros filósofos griegos*, 16.

Reiteremos esta pregunta, ¿Cómo es el cosmos de Aristóteles? Se venía diciendo que su modelo cosmológico no era el más novedoso ni el más original de la época y que su importancia para los modernos radica, más bien, en su coherencia explicativa. Y desde aquí se puede afirmar, sin temor a equivocarnos, que dicha coherencia explicativa viene dada por un principio fundamentador que, necesariamente, se inscribe en principios o entidades metafísicas. Es decir, su concepción del cosmos se enmarca dentro de un sistema teórico que se fundamenta en primeros principios, ya sea como condiciones de posibilidad de la existencia de los entes o como principio causal del que se deduce todo el conocimiento humano. Estos principios metafísicos son los que darán el rigor lógico con el que funcionará la cosmología aristotélica.

Entremos entonces a mirar de cerca el cosmos de Aristóteles. Este cosmos, como se ha dicho antes, se determina por tres lugares absolutos: la esfera de la Luna, el límite y el centro. Estructuralmente hablando, el ordenamiento que presenta la visión del cosmos aristotélica, está concebido de manera que el centro del cosmos es el punto de referencia para describir cualquier movimiento de la naturaleza y para mostrar ordenada y de manera armónica cada una de las partes que lo constituyen.

Partiendo del centro del cosmos como un punto geométrico y referencia de todo movimiento, en todas direcciones, de forma equidistante, se encuentra la primera esfera que rodea ese punto: la esfera de la Luna. La primera de las varias esferas en las que se mueve la Luna. Según Eudoxio, la Luna se mueve en tres esferas, para poder describir los movimientos irregulares de la Luna con respecto a la Tierra. Luego, Calipo, un discípulo de Eudoxio, afirmó que la Luna se movía en cuatro esferas³⁸. Luego de la esfera de la Luna se hallan las esferas del Sol, Venus, Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno, y como última

³⁸ Que sean tres o cuatro esferas no modifica el asunto, pues se trata, en última instancia, del mismo problema, esto es, explicar los movimientos irregulares de la Luna, o en su defecto, de cualquier planeta, con respecto al movimiento observado desde la Tierra.

esfera, limitando el cosmos, la esfera de las estrellas fijas³⁹. En la *Metafísica* Aristóteles nos explica el orden en que aparecen las esferas:

Pues bien, Eudoxio puso la traslación del Sol y de la Luna cada una en tres esferas, la primera de las cuales era la de los astros fijos; la segunda, la que sigue el círculo que pasa por medio del Zodíaco, y la tercera, la que sigue un círculo oblicuo a lo ancho del Zodíaco (y la oblicuidad del círculo en que gira la Luna alcanza una latitud mayor que la del que sigue el Sol); y puso la de los planetas en cuatro esferas la de cada uno, y dijo que la primera y segunda de éstas es la misma que aquéllas (pues la de los astros fijos es la que las mueve a todas, y la que está situada bajo ella y tiene su traslación por medio del Zodíaco es común a todos), mientras que los polos de todos los de la tercera están en el círculo que pasa por medio del Zodíaco, y la traslación de la cuarta sigue el círculo oblicuo en relación con el medio de la tercera; y que los polos de la tercera esfera son distintos para cada uno de los demás, pero los de Venus y Mercurio son los mismos.

Calipo, por su parte, coincide con Eudoxio en cuanto a la posición de las esferas, es decir, en cuanto al orden de sus distancias; en cuanto a su número, señaló para Júpiter y Saturno el mismo que aquél, pero creía que para el Sol y la Luna había que añadir aún dos esferas, a fin de poder explicar los fenómenos, y, para los restantes planetas, una para cada uno. Pero es necesario, para que todas juntas puedan explicar los fenómenos, que por cada uno de los planetas haya otras esferas, en igual número menos una, que giren en sentido inverso, y restablezcan siempre en su posición la primera esfera del astro colocado debajo; pues sólo así es posible que la totalidad produzca la traslación de los planetas.

³⁹ Aunque el problema del orden planetario parezca trivial, éste era uno de los más importantes en la astronomía occidental de origen griego. El ordenamiento de los planetas, como aparece aquí, esto es, primero la esfera de la Luna, luego la del Sol y después las de Venus, Mercurio, Marte, Júpiter, Saturno y la de las fijas, era la presentación que aceptaban Eudoxio, Calipo, Platón y Aristóteles. El primero que se separa de esta tradición es el alejandrino Hiparco, que defendió la antigua ordenación caldea: la Luna, Venus, Mercurio, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno y la esfera de las fijas. Esta última se sustentaba, como hoy, en la duración de los ciclos planetarios.

Así, pues, teniendo en cuenta que las esferas en que éstos se mueven son, por una parte, ocho, y, por otra, veinticinco, y que las únicas de éstas que no es preciso que giren en sentido inverso son aquellas en que se mueve el planeta situado en el punto más bajo, las que hacen que giren en sentido inverso las de los dos primeros serán seis, y las que causan ese movimiento a los de los cuatro siguientes, dieciséis. Y el número de todas, de las que mueven y de las que hacen girar a éstas en sentido inverso, cincuenta y cinco. Pero, si no se añaden al Sol y a la Luna los movimientos que hemos dicho, el número total de las esferas será cuarenta y siete. Así, pues, sea éste el número de las esferas⁴⁰.

En esta disposición juega un papel de primer orden la llamada esfera de la Luna. La razón radica en que es la esfera que divide el cosmos en dos partes: el mundo sublunar imperfecto que se encuentra entre el centro y la esfera de la Luna, y el mundo supralunar perfecto entre esta esfera y la de las estrellas fijas. En el mundo sublunar están los cuerpos sensibles y en el mundo supralunar los cuerpos celestes. Esta división es tan vital en la concepción cosmológica aristotélica que diversas ramas de la física estudiarán cada una de ellas. Los nombres genéricos con los que se les ha conocido son física terrestre y física celeste. “Física terrestre” es aquella que se ocupa de la naturaleza de los cuerpos sensibles, mutables, percederos, imperfectos y corruptibles; y “física celeste” es la que se ocupa de la naturaleza de los cuerpos de los cielos, inmutables, infinitos, perfectos e incorruptibles.

Además de la esfera de la Luna, otro punto de referencia es el del límite del cosmos constituido por la esfera de las estrellas fijas. Estamos hablando, pues, de un límite fuera del cual hay nada. Este es uno de los principales problemas que tiene que resolver la cosmología aristotélica. ¿Cómo es eso de que fuera del límite hay nada? El principal argumento de Aristóteles para demostrar este asunto consiste en un presupuesto de su cosmología: la perfección del cosmos por su esfericidad⁴¹. En *Del cielo* se lee: “Es necesario que el

⁴⁰ Aristóteles, *Metafísica*, 228-231.

⁴¹ Como bien se sabe, este es el mismo argumento de Platón para privilegiar la esfera como la figura más perfecta entre todas las tridimensionales.

cielo tenga una figura esférica. En efecto, ésta es la más conforme a su propia naturaleza y sustancia y, además, es en el orden natural la primera figura”⁴².

La evidencia de que fuera del cosmos no hay nada, es decir, lugar alguno, vacío o cualquier sustancia, radica en el hecho de su forma esférica, esto es, de que la esfera de las estrellas fijas o el límite, constituyen la más extrema rotación de un cosmos que gira en torno a un centro, la figura geométrica que puede contener a todas las demás, la única figura tridimensional que está limitada por una sola superficie y la única figura que por su propia perfección limita de tal manera que no puede haber nada fuera de ella, pues si existiera algo tras su límite, algún lugar o el vacío, habría otros posibles mundos.

La idea de un límite esférico elimina la posibilidad de la existencia de otros cosmos, pues no es posible que exista más que uno. En otras palabras, la perfección de la esfera como figura privilegiada en la cosmología aristotélica consiste en que es la figura tridimensional más perfecta y, por lo tanto, la más simple y la más sencilla.

Una figura de esta magnitud cuya perfección se sustenta en su forma esférica, si tiene movimiento –como en efecto se observa todos los días– debe poseer el movimiento más sublime que pueda ser considerado por un sistema cosmológico: el movimiento circular o de rotación en torno a un centro⁴³. Una figura esférica que se mueva, es necesario que tenga movimiento de rotación según su propia naturaleza, o se puede decir de otra manera, es natural que una figura esférica tenga *movimiento de rotación* en torno a un centro. Es el único movimiento apto para esta figura y, además, sólo un cosmos esférico puede tener uniformidad y perfección mediante el único movimiento uniforme, inmutable, infinito y eterno que hay en él: el movimiento de rotación en torno al centro.

⁴² Aristóteles. “Del cielo”, en *Obras* (Madrid: Aguilar, 1973), 737.

⁴³ De nuevo encontramos aquí un argumento platónico. En este caso, el privilegio del movimiento circular frente a otro tipo de movimientos.

Esta es una de las razones por las cuales en el mundo supralunar solo hay movimientos circulares o de rotación o, en su defecto, reposo o inmovilidad como en el caso de los siete cuerpos celestes o planetas que, en sí mismos, están en reposo o son inmóviles. Pues, según Aristóteles:

[Los planetas no son aptos para moverse por sí mismos porque] ...la Naturaleza no hace nada sin una razón y en vano, es evidente que ha atribuido la figura esférica a los seres inmóviles; la figura esférica, digo, que es grado mínimo motriz⁴⁴. La figura esférica es la que reúne estas condiciones por el hecho de no poseer ningún instrumento apto para el movimiento. De donde resulta evidente que la masa de las estrellas es esférica⁴⁵.

Sin embargo, los movimientos de los planetas son observables, ¿por qué, entonces, vemos a los planetas moverse, si ellos en sí mismos son inmóviles? La razón es que los planetas son “movidos” por las esferas concéntricas que, en variado número, “arrastran” el planeta en el ciclo que cada uno de ellos tiene alrededor de la Tierra. Ese movimiento no puede ser cualquier tipo de movimiento sino circular, uniforme e infinito, dada la naturaleza de perfección de los cuerpos celestes según su forma esférica. Un cuerpo esférico no puede tener otra clase de movimiento sino el circular.

Es importante tener en cuenta que esta explicación de los movimientos de los planetas como arrastrados o movidos por las esferas concéntricas, dado que es natural que un cuerpo esférico –cualquier planeta– permanezca en reposo o en mínimo grado motriz, es contradictoria con otros postulados de los movimientos celestes de la física de Aristóteles. Y esto habla, por ejemplo, de una de las características del sistema aristotélico: el hecho de que muchas de sus explicaciones a veces sean contradictorias y, a veces, a simple vista, carezcan de sentido –por contradictorias–.

⁴⁴ Vemos aquí una aproximación de Aristóteles con la concepción del Ser inmóvil, único, eterno, ilimitado e inmutable, de Parménides.

⁴⁵ Aristóteles, “Del cielo”, 745.

No es raro encontrar explicaciones distintas para el mismo fenómeno –que es lo que nos atañe en la argumentación que traemos–. Cuando Aristóteles nos expone los tipos de movimientos que hay en la naturaleza y presenta los movimientos naturales y los movimientos violentos, dice que sólo hay dos tipos de movimientos naturales: el movimiento rectilíneo natural hacia y desde el centro de los elementos graves y leves, y el movimiento circular natural de los cuerpos celestes alrededor del centro. Pero, ¿por qué ocurre dicho movimiento? ¿Cuál es su causa? La causa es que ese movimiento circular *está en la naturaleza* de los cuerpos celestes, esféricos y perfectos, cumpliendo aquel presupuesto de su física de que un cuerpo esférico naturalmente debe moverse de manera circular en torno a un centro⁴⁶. ¿Pero no se había dicho que los planetas se movían porque eran *arrastrados* por las esferas en movimiento? ¿Qué se puede decir entonces de esta segunda explicación?

El problema real radica, más bien, en la forma como se ha concebido la filosofía aristotélica, es decir, se ha pretendido como un todo, como un sistema coherente, como un *corpus* que no permite la duda o la contradicción en sus postulados. Esto nos ha llevado a tener una imagen sistemática de ella, sin resquicios, fisuras o grietas. De todas maneras, esas dos tradiciones (o explicaciones) señaladas han sobrevivido una junto a la otra, sin estorbarse porque hacen parte del mismo *corpus*.

Retomando la argumentación de que la perfección de los cielos se apoya en una explicación de carácter geométrico, esto es, en el privilegio de perfección que se le da a las esferas, esferoides, círculos y movimientos de rotación alrededor de un centro. Estas son las principales argumentaciones que estarán en la base del modelo cosmológico de Aristóteles hasta el siglo XVII, cuando los modernos, para poder desvirtuar el sistema del mundo escolástico, centrarán sus análisis en la posible imperfección del mundo supralunar. Es aquí donde tienen razón de ser los trabajos de Bruno –a finales del siglo

⁴⁶ La cuestión de los movimientos naturales, según Aristóteles, será tratada en las páginas siguientes.

XVI- cuando plantea en *Del infinito universo e mondi* y en *La cena de le ceneri*, la existencia de un universo infinito con *infinitos* sistemas solares; de Galileo cuando discute con los jesuitas sobre la verdadera trayectoria de los cometas en *Il saggiatore* y cuando apunta su telescopio a los cielos para demostrar la existencia de nuevos planetas –los cuatro planetas mediceos de Júpiter–, de las manchas solares y la superficie irregular de la Luna; de Kepler cuando enuncia sus dos primeras leyes del movimiento planetario en la *Astronomia nova*; y de Descartes cuando en *Les principes de la philosophie* hace referencia a un universo ilimitado que disuelve la esfera límite del universo.

Sin embargo, la explicación de la perfección de los cielos no se agota en la excelencia y gracia de la esfera límite o de las estrellas fijas. Allí también, entre la esfera de la Luna y la esfera límite, hay un mundo más complejo que posee características de perfección. Este mundo está constituido, además de la esfera de las estrellas fijas, por otras estrellas que no están fijas, las vagabundas o errantes, los planetas: la Luna, el Sol, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, con sus respectivas esferas, las cuales hacen posible sus movimientos.

En su *Del cielo*, Aristóteles nos hace saber que: “No sin razón se puede creer en absoluto que la figura propia de cada una de las estrellas es la esférica”⁴⁷. Si las siete estrellas errantes conocidas se encuentran entre la esfera de la Luna y la esfera de las estrellas fijas, su característica principal es la perfección, sustentada en la figura geométrica tridimensional por excelencia: la esfera. La forma de un cuerpo celeste tiene que ser esférica, por su propia naturaleza. Sin embargo, Aristóteles no sólo considera estas evidencias que se podrían llamar deductivas o geométricas. También hay evidencias empíricas que afianzan la afirmación de la forma esférica de las estrellas errantes. Según Aristóteles:

... la Luna, según las cosas que nos enseña la experiencia visual sobre ella, es también esférica. Ya que, de no ser así, no parecería tantas veces, en sus cuartos crecientes y cuartos menguantes, convexa por una parte y cóncava por la otra, o bien convexa por ambas partes, y una sola vez

⁴⁷ Aristóteles, “Del cielo”, 745.

*partida en dos partes iguales. Y una vez más es ello claro por la astrología. Pues tampoco el Sol, al eclipsarse, parecería cóncavo en aquella parte que queda sometida al eclipse. De donde si una estrella es así, es evidente que también todas las demás han de ser esféricas*⁴⁸.

La estructura del cosmos aristotélico se plantea en términos de lugares absolutos: la esfera lunar, la esfera de las fijas y el centro del mundo. Este centro es el punto de referencia para poder explicar la existencia de los distintos tipos de movimientos que se pueden observar en la naturaleza. En el cosmos de Aristóteles, como en otros modelos cosmológicos de su tiempo, el centro no es la Tierra como cuerpo celeste o ente material, sino un punto geométrico, por supuesto no material, equidistante de todos los lugares más extremos que lo constituyen –cuestión que además explica de manera concluyente su forma esférica–. De allí que es más correcto decir que la Tierra *está* en el centro del mundo y no que *sea* su centro.

La Tierra, según la ordenación que le da Aristóteles al cosmos, se encuentra en el centro. La razón es que tiene peso y lo pesado tiende a ubicarse en este lugar. La Tierra es, además, esférica como consecuencia de ser pesada y ubicarse en el centro, pues la figura que más le conviene es la esférica y no cualquiera otra forma tridimensional –cúbica, piramidal o la forma del octaedro, el icosaedro o el dodecaedro, o como la Tierra central de Anaximandro, de forma cilíndrica, como una especie de tambor–, para efectos de perfección del cosmos, pues una Tierra esférica en el centro cumple con los requisitos formales de estar ubicada de tal manera que está equidistante con respecto a cada uno de los lugares constituyentes y más extremos del cosmos. En otras palabras, es evidente que la proporción de las cosas pesadas en torno al centro daría como figura una esfera porque cada una de sus partes estarían proporcionalmente con respecto a él –si pensamos más o menos en la naturaleza de la superficie de la Tierra tal y como la vemos–, para poder tener volumen más o menos igual en todos los sentidos o direcciones.

⁴⁸ Aristóteles, “Del cielo”, 745.

Este argumento de carácter deductivo se apoya, además, en evidencias empíricas. La experiencia demuestra que la sombra que proyecta la Tierra sobre la Luna durante los eclipses lunares es una curva perfecta, que esa curva barre la superficie de la Luna y luego se proyecta otra curva en sentido contrario que, unida a la primera, conforman un círculo perfecto, de lo que se puede deducir que la superficie de la Tierra es esférica.

Por la necesaria ubicación de la Tierra en el centro, no tiene ningún movimiento, está en reposo. Y esto por dos razones: la primera, porque como lugar absoluto, referencia de todos los movimientos que hay en el cosmos, tiene que estar en reposo, para que se pueda dar el movimiento en términos de un “arriba” y un “abajo”, es decir, desde el centro y hacia el centro, y movimientos alrededor del centro. Una Tierra en movimiento desordenaría la estructura del cosmos, pues no tendría sentido el arriba y el abajo y, mucho menos, la correspondencia entre la explicación teórica y los movimientos planetarios observados y es necesario concebir una Tierra estática para poderlos percibir.

La segunda es que para Aristóteles un cuerpo que tenga forma esférica tiende a mantener su estado natural, que es estar en reposo. Por lo tanto, partiendo de su forma esférica, la Tierra no puede tener ningún movimiento: está en reposo en el centro del cosmos. Sin embargo, en ciertos postulados aristotélicos los cuerpos de forma esférica tienden a moverse en torno al centro, como en el caso de los planetas. Entonces, ¿por qué la Tierra no se mueve en torno al centro si ella es esférica?

El problema se puede solucionar de dos maneras. En primer lugar, los planetas esféricos cuya tendencia natural es estar en reposo, son *arrastrados* por las esferas mecánicas en movimiento alrededor del centro, y ese no es el caso de la Tierra por su ubicación central (pues, al fin y al cabo, la conclusión de que somos el centro de todos los movimientos celestes es irrefutable, si damos por hecho que el mundo real es el mundo de la percepción sensible; además de que no tendría mucha presentación la existencia de movimientos celestes, perfectos, inmutables e infinitos alrededor de un centro que no fuera una esfera

y más bien fuera otra figura tridimensional); y, en segundo lugar, si tenemos en cuenta la explicación aristotélica de que un cuerpo esférico, incluidos los planetas, se mueven *naturalmente* en torno al centro del universo, esto es, que su naturaleza los *impulsa* a realizar dicho movimiento circular, es porque se diferencian de la Tierra como cuerpo esférico: la Tierra es pesada, corruptible, perecedera, lo que la ubica en el centro e inmóvil y los planetas están constituidos de la quinta-esencia, el éter, que es divino, infinito, inmutable, elemento que llena la perfección de los cielos entre la esfera de la Luna y la esfera de las fijas. Por lo tanto, la Tierra no puede tener ese movimiento natural a pesar de su forma esférica: si fuera esférica y hecha de éter y no de elementos naturales pesados o graves –agua y tierra–, giraría al lado de los otros cuerpos celestes en una trayectoria natural, circular y perfecta, alrededor del centro del mundo.

Una discusión interesante en la antigüedad es la que tiene que ver sobre qué cuerpo celeste se encuentra en el centro. Como se ha podido observar, Aristóteles tiene razones empíricas y teóricas para demostrar la ubicación central de la Tierra. Sin embargo, sabemos que en su tiempo se ventilaban otras teorías acerca del ordenamiento del cosmos. Las más interesantes, por lo que significaron para las posteriores discusiones del siglo XVI desde Copérnico, son las de los pitagóricos y la de Aristarco de Samos.

La escuela pitagórica, no por razones científicas como sí metafísicas, concebía un orden cosmológico muy particular⁴⁹, lo que no quiere decir poco interesante. Como los pitagóricos señalaban el número como entidad metafísica fundamental⁵⁰, especularon acerca del número perfecto y las evidentes vinculaciones de los números con el mundo natural y sobrenatural. Para los pitagóricos el número

⁴⁹ Este modelo del mundo fue fundamental para los modernos, en especial para Copérnico, quien reconoce en los pitagóricos los primeros que pusieron la Tierra en movimiento.

⁵⁰ Es importante tener en cuenta que no podemos negar la impresionante influencia de esta escuela en la posterior filosofía de Platón y lo que las matemáticas significaron para su pensamiento, además, para el desarrollo de la filosofía y la ciencia modernas.

perfecto es el diez, pues es la suma de los primeros cuatro números naturales, contiene los primeros cinco números pares –dos, cuatro, seis, ocho y diez– y los primeros cinco impares –uno, tres, cinco, siete y nueve–. Se parte del supuesto de la perfección del número diez y, por analogía, de la perfección del cosmos.

Uno de los argumentos que sustentan esta perfección es la forma esférica y las órbitas circulares de los planetas alrededor del centro. Ellos van más allá cuando aseveran que un cosmos perfecto no sólo debe tener forma esférica, sino que sus componentes deben ser diez cuerpos celestes. Todos los pueblos antiguos –babilonios, egipcios, chinos, mayas y por supuesto los griegos– habían conocido siete cuerpos celestes: el Sol, la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Así que faltaban tres cuerpos celestes para completar el número perfecto de diez. Los pitagóricos solucionan el problema aumentando esos tres cuerpos celestes, por simple especulación metafísica: la Tierra, la Anti-Tierra y el Fuego Central.

Lo más interesante es que la Tierra no va a ser el centro de los movimientos celestes, como lo puede evidenciar la observación, sino que se convierte en un simple cuerpo celeste con movimiento de rotación alrededor del Fuego Central –que es el centro de todos los movimientos planetarios–, incluso contradiciendo la evidencia empírica, pues lo que vemos todos los días es que el universo se mueve en torno a nosotros. Es significativo que la Tierra, aunque sea por razones metafísicas, pueda tener movimiento circular alrededor de un centro como cualquier cuerpo celeste.

Aristarco de Samos (s. III a. C.) defendió en su tiempo un sistema heliocéntrico, poniendo a la Tierra a girar como un planeta cualquiera. Su sistema comprendía al Sol ubicado en el centro del cosmos y, en su orden, girando a su alrededor en órbitas circulares y perfectas, Mercurio, Venus, la Tierra (con la Luna moviéndose en un epiciclo), Marte, Júpiter, Saturno, y limitándolo, la esfera de las

estrellas fijas⁵¹. Aunque no fue una explicación exitosa de la estructura del cosmos, por obvias razones, esto es, por la evidente contradicción con la verificación empírica (entre otras que se mencionarán más adelante), no deja de ser un notable esfuerzo por describir su verdadera naturaleza, aunque sea yendo contra la evidencia sensible.

De todas maneras, sólo hasta el siglo XVI, con Nicolás Copérnico (además de algunas especulaciones de los nominalistas de París en el siglo XIV), y desde ahí hasta el siglo XVII, los copernicanos comenzarán a dirimir el asunto del posible movimiento de la Tierra alrededor del Sol, con la aceptación –hacia el primer tercio del siglo XVII– del principio de relatividad del movimiento de Galileo, pero ya esbozado por Bruno desde el siglo XVI en su *Del infinito universo e mundi*. Se dice aceptación del principio de relatividad del movimiento de Galileo porque, en su *Dialogo supra y due massimi sistemi del mondo ptolemaico e copernicano*, no queda determinada la movilidad o la inmovilidad de la Tierra. La conclusión es que da lo mismo mover la Tierra que dejarla en reposo para explicar los mismos fenómenos.

Además de la Tierra central, el cosmos de Aristóteles tiene características específicas en la distancia que hay entre el centro y la esfera de la Luna, distintas a las que hay entre esta esfera y la de las estrellas fijas. Recordemos que a esta parte le habíamos dado el nombre de región sublunar. Un lugar perecedero, corruptible, cambiante e imperfecto, constituido por los elementos primarios de los que nos había hablado Empédocles: tierra, agua, fuego y aire.

De estos cuatro elementos dos son pesados: la tierra y el agua, y dos son livianos: el fuego y el aire. Los cuerpos pesados tienen la tendencia natural de moverse hacia el centro y los cuerpos livianos desde el centro. Es la razón principal de que en el centro del cosmos se encuentre la Tierra –constituida, como se ha dicho, por elementos pesados que están ocupando su lugar natural–. De esta manera, cuando un grave o un cuerpo pesado cae, está buscando su

⁵¹ Como se puede ver, se trata de la misma estructura formal del sistema heliostático que defendió Copérnico a principios del siglo XVI.

lugar natural. Tenemos aquí una teoría de la gravedad: los cuerpos pesados caen porque buscan su lugar natural o, lo que es lo mismo, porque es natural que se ubiquen en el centro del cosmos.

Por contraposición, los cuerpos livianos o leves se alejan del centro porque no es natural que se encuentren ahí, sino que se encuentren lejos. Por eso el fuego y el aire suben, tienden a estar *arriba*, en su lugar natural. Escribe Aristóteles:

Ésta es la razón por la cual el centro del Universo, y el límite extremo del movimiento circular del cielo con respecto a nosotros, sean considerados como el “arriba” y el “abajo” en el sentido más estricto, ya que el centro del Universo permanece siempre en reposo, mientras que el límite extremo del movimiento circular permanece siempre en la misma condición consigo mismo. Así, puesto que por naturaleza lo ligero se desplaza hacia arriba y lo pesado hacia abajo, el límite que contiene una cosa con respecto al centro del Universo, y el centro mismo, son el “abajo”, y el límite extremo, y la extremidad misma, son el “arriba”. Por esta razón el lugar parece ser una superficie, como si fuera un recipiente, algo que contiene. Además, el lugar está junto con la cosa, pues los límites están junto con lo limitado⁵².

Esta forma de organización por tendencias naturales en el mundo sublunar implica la existencia de dos lugares absolutos: abajo y arriba. Según Aristóteles, la idea de lugar en el mundo sublunar o la existencia del abajo y el arriba como lugares extremos, antagónicos y absolutos, explica por qué razón los cuerpos suben o bajan según su naturaleza. Dice Aristóteles: “... no sin razón toda cosa permanece por naturaleza en su lugar propio”⁵³.

Con estos antecedentes podemos ir un poco más allá. Se han descrito dos regiones del cosmos: el mundo supralunar y el mundo sublunar. Cada uno de ellos con características propias según sus elementos constituyentes. Y el resultado de estos análisis es que en

⁵² Aristóteles, *Física*, 240-241.

⁵³ Aristóteles, *Física*, 244.

cada región se presenta un tipo de movimiento privilegiado. En el mundo supralunar los movimientos circulares de los cuerpos celestes alrededor del centro y en la región sublunar movimientos rectilíneos hacia arriba o desde el centro y hacia abajo o hacia el centro, de los cuerpos graves o leves.

En la cosmología aristotélica sólo existen, pues, dos tipos de movimientos: movimientos circulares alrededor del centro y movimientos rectilíneos desde o hacia el centro del universo. Sin embargo, la percepción sensible nos enseña que existen otros tipos de movimientos: desplazamientos de móviles en dirección izquierda, derecha, hacia adelante, hacia atrás o proyectiles que describen movimientos parabólicos. ¿Qué pasa, entonces, con estos movimientos si no vemos que los móviles se mueven circular o rectilíneamente según su propia naturaleza?

Hasta el momento sólo se ha hablado de movimientos naturales. Así que hay otros movimientos que no son movimientos según la naturaleza del móvil, distintos de los movimientos naturales circulares de los cuerpos celestes o movimientos naturales rectilíneos hacia arriba o hacia abajo de los cuerpos leves y los graves. Esos movimientos que no entran en esta clasificación reciben el nombre de movimientos violentos.

Se llaman movimientos violentos porque violan la naturaleza del movimiento de los cuerpos graves o leves. Es decir, que pueden existir movimientos violentos en la esfera sublunar. De hecho, en el mundo supralunar o celeste todo es perfección y, por ende, allí no existe nada más que un tipo de movimiento: el circular, cuya calidad de perfección del mundo celeste no permite que haya otro tipo de movimientos⁵⁴. Por lo tanto, siempre habrá allí movimientos naturalmente circulares, perfectos, inmutables e infinitos. Es,

⁵⁴ Más tarde, cuando los modernos discutan las teorías del movimiento de Aristóteles como teorías del cambio de lugar, uno de sus objetivos primordiales será demostrar la existencia de la corruptibilidad en los cielos, esto es, entre la esfera de la Luna y la esfera de las fijas. Demostrar que los cielos están sujetos a cambios, variaciones, imperfección, en última instancia, generación y corrupción,

precisamente, la naturaleza del mundo sublunar, según su imperfección, corruptibilidad y desorden, lo que permite la existencia de los movimientos violentos.

Según Aristóteles, “... es necesario que [a] los cuerpos simples les corresponda algún movimiento determinado, pues siendo evidente que ellos se mueven, es necesario que se muevan por la fuerza y violentamente, si carecen de movimiento propio”⁵⁵. Tanto en el mundo celeste o supralunar como en el mundo sublunar existen movimientos naturales, como se ha dicho: circulares y rectilíneos, según el caso y ubicación espacial. Es decir, los cuerpos celestes, en su movimiento circular alrededor del centro y los cuerpos graves y los leves hacia y desde el centro, poseen movimiento propio, esto es, que en la naturaleza de los cuerpos celestes, graves y leves, está implícito el movimiento. Sin embargo, la experiencia muestra que hay otros movimientos que no cumplen los criterios de moverse en línea recta hacia arriba o hacia abajo en el mundo sublunar. Según Aristóteles, los cuerpos que ejecutan esos movimientos lo hacen porque hay una fuerza que hace que ello ocurra así, violentando la naturaleza del cuerpo que se está moviendo.

Es, pues, necesaria, una fuerza para que haya otro tipo de movimientos que se diferencian de los movimientos naturales rectilíneos propios de los cuerpos ubicados en el mundo sublunar. Noción que no es aplicable al mundo celeste, pues sus características de perfección, infinitud e inmutabilidad impiden que puedan existir movimientos violentos en los cielos.

Tenemos aquí una nueva noción en la concepción aristotélica del movimiento: la fuerza. El concepto de fuerza nos servirá para explicar la existencia de movimientos violentos en el mundo sublunar. Concepto que particulariza la problemática del movimiento en Aristóteles,

será la tarea de los modernos, en el intento de unificación de las leyes de la física, que Aristóteles había separado en la física terrestre y la física celeste.

⁵⁵ Aristóteles, “Del cielo”, 757. Las barras son mías.

pues las limitaciones de este concepto no darán cuenta de los movimientos violentos, sobre todo de los movimientos de los proyectiles.

En la cosmología aristotélica los movimientos ocurren por dos razones: o porque la fuerza se ejerce en el contacto directo entre el agente de la fuerza y el cuerpo que se está moviendo, o porque la fuerza está implícita en la naturaleza del móvil que se desplaza en determinada dirección, ya sea circular o rectilínea. En este último sentido un movimiento será siempre natural desde, hacia o alrededor del centro. Y en el primer sentido el movimiento será siempre violento. Es una fuerza externa, por contacto directo, la que hace que un cuerpo se mueva de determinado modo violentando su naturaleza de cuerpo pesado o leve.

En este caso, los movimientos de los proyectiles tienen que acomodarse a la argumentación de que en efecto ocurren porque una fuerza externa hace que se muevan violentando su naturaleza de cuerpos pesados que, obviamente, se deben mover hacia abajo. Sin embargo, vemos que los proyectiles se mueven hacia arriba. ¿Cómo explicar este fenómeno si un proyectil se está moviendo hacia arriba y se tiene que cumplir el presupuesto aristotélico de que cuando un cuerpo se mueve lo hace por dos razones, o por contacto directo de una fuerza externa sobre el móvil, o según la tendencia natural del cuerpo hacia abajo o hacia arriba ya sea leve o grave? Lo cierto es que un proyectil que es pesado, se puede mover hacia arriba. ¿Cómo explicar este movimiento? Aristóteles llama a este fenómeno “antiperístasis”.

El fenómeno de antiperístasis consiste en que un proyectil que se mueve hacia arriba, desplaza una cantidad de aire determinada. Esa cantidad de aire desplazada se ubica detrás del proyectil y lo impulsa, de manera que se convierte en el agente motor del movimiento violento del proyectil, esto es, en la fuerza que causa el movimiento. Recordemos que en el mundo sublunar hay dos causalidades del movimiento: según la naturaleza del móvil ya sea leve o grave, o cuando una fuerza externa hace que un móvil adquiera movimiento en cualquier dirección, incluso violentando la naturaleza del cuerpo movido. En este sentido hablamos de movimientos violentos,

siempre y cuando la fuerza se ejerza sobre el móvil. Por tal razón, es necesario recurrir al fenómeno de antiperístasis para poder explicar el movimiento de los proyectiles.

Los pensadores cristianos medievales dedicaron bastante esfuerzo a la explicación coherente de estos movimientos. Esos esfuerzos llevaron a una revisión detallada de la verdadera naturaleza de los movimientos de los proyectiles. De alguna manera, los modernos también dedicaron buena parte de sus trabajos al desarrollo de este problema. En última instancia, la crítica a la explicación aristotélica de los movimientos de los proyectiles se convertirá en uno de los más notables ejercicios intelectuales para la elaboración del proyecto científico moderno, antecedido por la excelente disposición argumentativa de la escuela nominalista de París, pues, como se sabe, la brillante crítica de Jean Buridan sobre el fenómeno de antiperístasis es uno de los más notables ejercicios de crítica a la física de Aristóteles mucho antes de los trabajos de los modernos. Esto demuestra que ciertos pensadores medievales cristianos se preocuparon por señalar determinados problemas que se presentaban en las explicaciones físicas de Aristóteles, contrario a la creencia corriente de que ellos, en general, solo lo parafrasearon.

Capítulo II

Aristóteles en el medioevo

Cuando se hace una historia de la ciencia, casi siempre se construye por grandes épocas: el período pre-aristotélico, la ciencia aristotélica, la ciencia alejandrina, la ciencia medieval, la ciencia moderna y la ciencia contemporánea. Sin embargo, parece que, a primera vista, carece de sentido hablar de ciencia medieval. El problema radica en tres cosas: en primer lugar, en lo que nosotros, en nuestros días, entendemos por ciencia, al menos ciencia en sentido moderno; en segundo lugar, lo que los medievales, en distintos períodos, de hecho, entendieron por ciencia⁵⁶; y, en tercer lugar, la devastadora idea moderna de los siglos XVI, XVII y XVIII, heredada de Bruno, Galileo y Descartes, de que los filósofos cristianos medievales, en su totalidad, hicieron una mala ciencia o no la hicieron, acusando a este período, tanto ellos como muchas mentalidades positivistas de nuestro tiempo, de extender un manto oscuro, silencioso y arrasador, sobre el progreso de la ciencia⁵⁷. De ahí el tan renombrado, mal usado y generalizado rótulo de *oscurantismo medieval*.

⁵⁶ Sobre estos dos puntos de vista ver los artículos de Gonzalo Soto Posada en sus *Diez aproximaciones al medioevo*. (Gonzalo Soto Posada, *Diez aproximaciones al medioevo* (Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 1998).

⁵⁷ Asunto que es fácil de demostrar en sus obras. Por ejemplo, en *Del infinito universo e mondi* de Bruno, versión española consultada: Giordano Bruno, *Sobre el infinito universo y los mundos* (Buenos Aires: Orbis, 1984); en el *Diálogo supra i due massimi sistemi del mondo ptolemaico e copernicano* de Galilei, versión española consultada: Galileo Galilei, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano* (Madrid: Alianza, 1994); y en general en la obra cartesiana.

Por oscurantismo medieval se ha querido entender un enorme período, desde el siglo V hasta el siglo XIV, en el cual se detiene, en una especie de agua turbia y azarosa, el desarrollo del conocimiento humano, entrando en la bruma destructora de las especulaciones metafísicas y teológicas platónico-agustinianas y más tarde tomistas. Época en la cual los filósofos se ocupan de las cosas de Dios, olvidando las cosas del mundo y, por ende, de la ciencia o de aquel constitutivo de la filosofía de Aristóteles: la filosofía de la naturaleza.

Esta idea sobre el medioevo no es casual, por lo cual debemos aclarar algunas cosas para efectos de justicia con un período tan importante en el desarrollo de la futura ciencia moderna y deshacernos de una vez de la idea del llamado oscurantismo medieval.

Para ello es necesario que miremos el estado de la filosofía luego de la muerte de Aristóteles, sobre todo en lo que atañe a su física o filosofía natural. Esto nos obligará a dar una mirada panorámica sobre la llamada “ciencia post-aristotélica”, de manera específica a los trabajos de Aristarco de Samos, Euclides, Arquímedes y Claudio Ptolomeo. En este orden de ideas, la obra de este último porque se va a constituir en el complemento ideal de la filosofía natural de Aristóteles para los trabajos primero de los filósofos árabes y más tarde de los filósofos cristianos medievales entre los siglos X y XIV.

Caso curioso en la historia de la ciencia: Aristóteles y Ptolomeo, como los referentes necesarios en el modo de hacer ciencia de los medievales de estos siglos y, en consecuencia, como el punto de partida de las disputas filosóficas de los siglos XVI y XVII. Se dice caso curioso porque sus obras, aunque eran estudiadas y entendidas como distintas, y la mayoría de las veces contradictorias, en aquellos tiempos hacían parte de un mismo legado, se veían como una unidad y se interpretaban como tal. Un híbrido teórico que se presentaba a los ojos de los filósofos medievales y modernos como producto de una sola tradición.

El período post-aristotélico

Un dato corriente en la historia del pensamiento, luego de Aristóteles, es el asentamiento de la actividad intelectual del mundo antiguo en algunos centros urbanos como Samos, Siracusa y, sobre todo, en la ciudad egipcia de Alejandría, en el Delta del Nilo. Desde varias decenas de años, antes, y muchas después de Cristo, floreció allí uno de los más impresionantes lugares en el que se desarrolló la filosofía, sobre todo, en dos de sus aspectos más notables desde Platón y Aristóteles: la matemática y la astronomía.

Encontramos en Alejandría especulaciones matemáticas y astronómicas que no sólo serán una continuación de los trabajos de los griegos del siglo III a. C., sino también un valioso aporte a su desarrollo, y señalan una ruta de investigación que se mantendrá en los filósofos árabes y cristianos medievales, y pasarán, junto con la herencia aristotélica, a las discusiones filosóficas de finales de la Edad Media, constituyéndose en el clima perfecto para el forjamiento del pensamiento moderno. Aspectos que hacen parte del ejercicio filosófico de aquellos días, si nos atenemos a las investigaciones de la naturaleza de Platón –en el *Timeo*, por ejemplo– y a la concepción aristotélica de la filosofía como la totalidad del conocimiento humano.

De particular importancia para el futuro desarrollo de la ciencia moderna luego del siglo XVI, son los trabajos de Aristarco de Samos (S. III a. C.), Euclides (S. III a. C.), Arquímedes (S. III a. C.) y Ptolomeo (S. II d. C.).

Cada uno de ellos va a proporcionar ciertos matices que caracterizarán rasgos fundamentales de la constitución de la ciencia moderna. Por ejemplo, Aristarco de Samos y su visionario sistema del mundo heliocéntrico que es parecido al de Copérnico; los trabajos de Euclides que aportarán el aparato geométrico necesario para la matematización de la naturaleza en los siglos XVI y XVII; la innovadora forma de Arquímedes en la utilización de métodos experimentales, constituyéndose en el antecedente inmediato de la moderna experimentación y, finalmente, la impresionante descripción geométrica de los

movimientos de los planetas de Ptolomeo, mediante un complejo sistema de círculos, excéntricos, epiciclos, deferentes y ecuantos.

La importancia de Aristarco de Samos radica en que fue uno de los pocos griegos –por no decir el único– que explicó la naturaleza y la estructura del cosmos como un sistema heliocéntrico, como se ha dicho. Se puede suponer que, en las interminables especulaciones sobre la naturaleza del mundo en la Grecia antigua, existían otras al lado de la explicación de Aristarco. Es posible, pero hoy conocemos la suya y no otras. Incluso se ha llegado a afirmar que en la antigüedad había otros sistemas del mismo tipo, por ejemplo, el sistema de Filolao, perteneciente a la tradición pitagórica. Sin embargo, podemos afirmar, sin temor a equivocarnos, que este sistema no es heliocéntrico, sino que posee un rasgo común con el de Aristarco, que no tiene nada que ver con el heliocentrismo, y es que en ambos la Tierra es un cuerpo celeste –como cualquier otro– que tiene movimiento de traslación alrededor de un centro, es decir, que gira en un gran círculo. Pero, ¿alrededor del Sol? No exactamente. Alrededor del Sol en el sistema de Aristarco, pero alrededor del Fuego Central –que no es el Sol y que aparece como centro más bien, como necesidad metafísica– en el sistema pitagórico de Filolao.

En la cosmología de Aristarco de Samos –como se mencionó anteriormente– el Sol ocupa el centro del cosmos. En torno al Sol giran, en su orden y en órbitas circulares y perfectas, Mercurio, Venus, la Tierra –con la Luna a su alrededor en un epiciclo–, Marte, Júpiter y Saturno. Y cerrando y limitándolo, la esfera de las estrellas fijas. Pero, ¿qué pudo haber motivado a Aristarco para mostrar la estructura del mundo de esta manera, cuando esta explicación contradice la observación empírica? Es un hecho que esta descripción no corresponde a los fenómenos observados, pero es una alternativa de explicación que tiene bastante sentido si damos por supuesto que los movimientos planetarios los describimos desde la Tierra como punto de observación, es decir, para explicar el mismo fenómeno –los movimientos de los planetas– da lo mismo mover la Tierra que dejarla inmóvil en el centro del mundo, cuestión que queda

indeterminada e indemostrable, ya sea que movamos la Tierra alrededor del Sol o que movamos el Sol alrededor de la Tierra.

Aunque el éxito de Aristarco y su modelo heliocéntrico en la antigüedad fue limitado, porque contradice la evidencia empírica, es este mismo modelo el que retomará Copérnico diecinueve siglos más tarde y el que los copernicanos intentarán demostrar como modelo válido para la explicación de los movimientos planetarios. Ahora bien, además de contradecir el testimonio de los sentidos, ¿qué otras razones pudieron participar del escaso éxito de la concepción del mundo de Aristarco? Según Alberto Elena en su “Introducción” al *Commentariolus* de Copérnico, se pueden establecer tres razones para tal efecto:

1. *Razones de índole religiosa. No es preciso abandonar el mundo antiguo para encontrar fricciones de este tipo: en el capítulo 6 de su De facie in orbe lunare, Plutarco nos relata cómo Cleantes acusó de impiedad al propio Aristarco por haber desplazado la Tierra del ‘corazón del universo’.*
2. *Razones de índole filosófica. El sistema heliostático era incompatible con la física aristotélica: si la Tierra girase –o incluso rotara sobre su propio eje–, las piedras no podrían caer perpendicularmente al suelo, las nubes habrían de quedar atrasadas, el alcance de los proyectiles de la artillería sería distinto hacia el Este que hacia el Oeste (argumento típicamente renacentista)... conclusiones todas éstas que la observación cotidiana desmentía.*
3. *Razones de índole ‘técnica’. Fueron éstas las que menos explícitamente se formularon, acaso porque su comprensión estaba fuera del alcance del vulgo. De acuerdo con las Hipótesis planetarias de Ptolomeo, el radio del universo equivalía a unos 20.000 radios terrestres: eso significa que el universo concebido por los antiguos era bastante pequeño. La mera rotación diaria habría de producir un cambio paraláctico de 6 o 7 grados en las estrellas fijas y, sin embargo, este fenómeno no se observaba en absoluto⁵⁸.*

⁵⁸ Alberto Elena. “Introducción”, en Nicolás Copérnico, Thomas Digges y Galileo Galilei, *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra* (Madrid: Alianza, 1983), 11.

El sistema pitagórico de Filolao⁵⁹, por el contrario, no está construido sobre bases observacionales, como puede estar el de Aristarco, en el sentido de presuponer que si vemos ciertos movimientos de los planetas, el Sol y la esfera de las fijas en torno a la Tierra, se debe a que observamos desde ésta. Es decir, que dichos movimientos son efectos visuales que dependen del observador. Lo que trae como consecuencia que si vemos tales movimientos no es que ocurran realmente, sino que son efectos ópticos producto de la posición o del lugar desde donde observamos. Esto nos puede llevar a deducir, por ejemplo, que el Sol, por ser más grande y tener luz propia, debe ser o estar en el centro del mundo, alrededor del cual giran los planetas, la esfera de las fijas y la Tierra y que, si observáramos desde allí, tendríamos el mismo efecto, como si observáramos desde la Tierra.

Como se ha afirmado, el modelo de Filolao no está construido sobre bases físicas observacionales, sino, más bien, sobre presupuestos metafísicos. Según la tradición pitagórica, el número perfecto es el diez, como ya se ha dicho, y lo más perfecto que existe entre los entes materiales es el mundo, por lo tanto, su estructura debe estar regida por el número diez. Por tal razón, el mundo debe estar constituido por diez cuerpos celestes. Para Filolao, el Fuego Central ocupa el centro del mundo, y alrededor giran en su orden en órbitas circulares y perfectas, la Tierra, y en lugar opuesto, la Anti-tierra; luego la Luna, Venus, Mercurio, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno y la esfera de las estrellas fijas, constituidas por fuego celeste y, a su vez, la esfera de las fijas no como cuerpo o cuerpos celestes sino como límite del mundo.

Como se puede ver, este modelo del mundo no es heliocéntrico, pues el Sol no ocupa el centro como lugar privilegiado. Lo que más podríamos resaltar de este modelo de Filolao es que la Tierra tiene un movimiento de traslación circular. De hecho la historia de la ciencia se refiere a Filolao como el primero que puso la Tierra

⁵⁹ Según Carlos Mínguez, en sus notas al libro de Copérnico *Sobre las revoluciones*, no se ha conservado la obra de Filolao, pero aparecen citas textuales en *De placitis philosophorum*. Cf. la nota 17 de: Nicolás Copérnico, *Sobre las revoluciones*, 439.

en movimiento⁶⁰. Sin embargo, este juicio carece de sentido si se toma como concluyente sacándolo de contexto. Antes de asumirlo como un suceso grandioso al que hay que citar y referirse como un acontecimiento fantástico por la época en que surge, es necesario y más importante mostrar las condiciones que hicieron posible dicha afirmación. Como se ha dicho, las razones no son físicas u observacionales, sino, más bien, metafísicas o, si se quiere, místicas.

Euclides llevó a cabo un trabajo distinto. No se ocupó de cuestiones cosmológicas observacionales, matemáticas o metafísicas, sino, más bien, de la organización o sistematización, esto es, de la axiomatización de la geometría de su tiempo. Por primera vez se tuvo un conjunto organizado de lo que se puede llegar a saber en cuanto a la ciencia de los números, de las figuras planas y de los sólidos tridimensionales.

Arquímedes, por la misma época, mostró la importancia de la experimentación en el conocimiento de la naturaleza. Aunque la experimentación o verificación de hipótesis por parte de Arquímedes no es la misma experimentación en sentido moderno, es decir, que ambas concepciones tienen finalidades, objetivos y metodologías distintas. Arquímedes indicará, pues, uno de los caminos más explorados por la moderna ciencia, cuando la experimentación se va a convertir en una de sus características esenciales, al lado de la utilización del método hipotético-deductivo y del carácter matemático o la matematización de la naturaleza, para poder concebirse como tal⁶¹.

Aunque las concepciones mencionadas se constituyeron en aportes cruciales para el desarrollo de la ciencia en sentido moderno, van a ser los trabajos de Claudio Ptolomeo en el siglo II d. C., a propósito de la estructura del mundo, los que van a marcar la tradición científica y filosófica de la época. Lo que nos lleva a decir,

⁶⁰ Como lo afirma Carlos Mínguez en sus notas al libro de Copérnico *Sobre las revoluciones*: “Filolao de Crotona, contemporáneo de Demócrito y Sócrates (siglo V a. C.), el primero que puso la tierra en movimiento” (Nicolás Copérnico, *Sobre las revoluciones*, 439).

⁶¹ Sobre este último punto de vista confróntese la tesis central del libro de Robert Blanché, *El método experimental y la filosofía de la física* (México, F.C.E., 1969).

sin temor a equivocarnos, que Claudio Ptolomeo es el más grande cosmólogo de la antigüedad.

La riqueza del clima de discusión filosófica que Ptolomeo va a encontrar en su tiempo se apoya en las investigaciones de la naturaleza desde Platón y en el arduo trabajo de Aristóteles sobre estos asuntos. Después de que Aristóteles pulió la teoría física de Platón y asumió la tesis del universo constituido de esferas concéntricas del matemático Eudoxio, se planteó la discusión sobre la dualidad de las descripciones cualitativas y las descripciones matemáticas del mundo, y su respectiva correspondencia con los hechos empíricos.

La disparidad entre la teoría y la observación llevó a que los cosmólogos neoaristotélicos elaboraran modelos cada vez más complejos, de mayor capacidad explicativa, en el ejercicio de hacer corresponder dicha teoría con los fenómenos observados. De alguna manera había que esperar a algún cosmólogo que intentara una explicación distinta acerca de la estructura del mundo, además de las esferas concéntricas o las órbitas planetarias circulares. El nuevo modelo debería ser distinto, eliminando, así, el principal constituyente del mundo aristotélico: las esferas brillantes, perfectas y semi-transparentes que transportaban o arrastraban a los planetas, al menos en una de las explicaciones del movimiento planetario, según Aristóteles, si tenemos en cuenta su otra argumentación, esto es, que los planetas se mueven circularmente alrededor del centro del cosmos, porque es *natural* que tengan ese tipo de movimiento. Este es, pues, el terreno abonado que encontró Claudio Ptolomeo: un modelo del mundo en crisis por la escasa correspondencia entre la explicación teórica y la naturaleza de los fenómenos observados.

Sin embargo, esto no demerita en nada lo hecho por Aristóteles. Debemos asumir sus especulaciones cosmológicas como un evento más en el impresionante desarrollo del pensamiento filosófico antiguo. De hecho, observar en la antigüedad –incluso hasta finales del siglo XVI y principios del XVII, cuando Harriot y Galileo comenzaron a observar los cielos a través de catalejos– los movimientos de los cielos, a simple vista, sin el concurso de instrumentos de observación, hacía

de la astronomía una empresa de titanes soñadores. Todo debido a que la refracción de la luz, la absorción atmosférica y otras dificultades inherentes, hacían muy difícil el trabajo de observación y registro de dichos movimientos. Registrar posiciones de estrellas y planetas, explicar por qué se movían o no, y argumentar cómo eran tales movimientos, no sólo era uno de los quehaceres más arduos de la antigüedad, sino también uno de los más polémicos y ambiguos, por todas las dificultades que dicho ejercicio conllevaba en el hecho mismo de la correspondencia entre la explicación teórica y el fenómeno percibido.

La principal obra de astronomía de Ptolomeo se llamó *Sintaxis mathematica* que quiere decir la “Composición matemática”. Sin embargo, su obra fue conocida en Occidente, desde los pensadores cristianos del siglo XII hasta hoy, con el título de *Almagesto*, que significa en árabe, “el más grande”. Este es el título que le dieron los árabes en el momento en que les llegó el texto de la tradición astronómica griega antigua, específicamente del período alejandrino, a través de los traductores sirios del siglo VIII.

El éxito del *Almagesto* en el mundo griego, en el árabe y en el cristiano, se debe a que, según Ferris: “Lo que lograba tan espléndidamente [...] era predecir los movimientos del Sol, la Luna, y las estrellas con mayor precisión que todos sus predecesores”⁶². No solamente predecir, sino, además, describir las trayectorias geoméricamente, de una manera más adecuada, precisa y sencilla, de los movimientos del Sol, la Luna y los cinco planetas, con respecto a las estrellas fijas.

En el *Almagesto*, Claudio Ptolomeo va a llevar a la cosmología antigua por el complejo camino de los epiciclos, las ecuantas, las deferentes y las excéntricas, en el que permanecerá durante cientos de años hasta los inicios del siglo XVI con los trabajos de Copérnico, aunque este mismo los usará en su descripción matemática de los movimientos celestes, pero de una manera distinta. Sin embargo, se sabe también que la explicación matemático-geométrica usada por Ptolomeo no es de su invención. Según Ferris: “Los epiciclos

⁶² Ferris, *La aventura del universo...*, 26. Las barras son mías.

y excéntricas con que Ptolomeo trató de reconciliar la teoría y la observación habían sido introducidos por el geómetra Apolonio de Pérgamo y refinados por el astrónomo Hiparco⁶³. Pero seguía manteniendo la característica de los sistemas cosmológicos desde Platón: la explicación de las trayectorias de los movimientos planetarios mediante círculos perfectos, inmutables y eternos, con el objetivo principal de “salvar las apariencias”, en otras palabras, de hacer corresponder la descripción teórica y el fenómeno observado⁶⁴.

Hay que aclarar, sin embargo, que no se está resaltando el rasgo platónico de la cosmología ptolemaica. No se trata de mostrar el idealismo platónico o el empirismo aristotélico –aun con lo que dichas designaciones genéricas tienen de problemáticas en sí mismas–. Ni lo uno ni lo otro. Tanto la filosofía de Platón como la de Aristóteles responden a lo que cada uno de ellos entiende como *lo existente* o aquello *que existe realmente*. En otras palabras, sus propias concepciones del *Ser*, en las que sus especulaciones cosmológicas aparecen relacionadas con sus argumentaciones metafísicas. De hecho, Ptolomeo no tiene *una filosofía* al estilo de Platón o

⁶³ Ferris, *La aventura del universo...*, 26.

⁶⁴ Hiparco de Nicea, en el siglo II a. C., es uno de los astrónomos más importantes de la antigüedad. A él se le atribuye el descubrimiento del movimiento de la Tierra denominado Precesión de los Equinoccios. Dicho movimiento consiste en que la Tierra se mueve como una peonza, esto es, que cabecea como un trompo, apuntando el polo norte, en períodos de 71 años aproximadamente, a estrellas distintas. Este movimiento es la causa aparente de que, en las mismas fechas, en largos períodos de tiempo mayores a 71 años, el Sol cambie sus posiciones con respecto a las estrellas fijas originales. El ciclo completo proyectado por la inclinación del polo, Hiparco lo calculó en 26.000 años. Hoy la Unión Astronómica Internacional acepta 25.884 años, aproximadamente. Sobre este asunto nos dice Copérnico: “... encontramos que los matemáticos antiguos no habían distinguido el año rotatorio, o sea el natural, el que se mide a partir de un equinoccio o de un solsticio, de aquel que se determina en relación a alguna de las estrellas fijas. [...] Pero Hiparco [...] hombre de admirable sagacidad, fue el primero en advertir que éstos eran diferentes; el cual, mientras observaba con más atención la duración del año, halló que era mayor el medido con respecto a las estrellas fijas que el de los equinoccios o solsticios. De donde estimó, que también en las estrellas fijas había algún movimiento hacia el este, aunque hasta tal punto lentísimo que no era perceptible de inmediato.” (Copérnico, *Sobre las revoluciones*, 149). Las barras son mías.

Aristóteles. Su trabajo se dirige más bien a investigaciones que se circunscriben o se limitan a las explicaciones matemáticas –o si se quiere geométricas– de los movimientos planetarios, sin ocuparse de sus causas, principios o fundamentos, que son las preocupaciones esenciales de Platón y Aristóteles en cada una de sus cosmologías, lo cual evidencia la articulación existente entre la metafísica y sus investigaciones de la naturaleza.

De todas maneras, si Ptolomeo utiliza los círculos como figuras privilegiadas en su sistema de los epiciclos, no lo hace tanto como un *continuator* de la filosofía de Platón o de la filosofía de Aristóteles, sino, más bien, en primer lugar, como un cosmólogo que usa los mismos instrumentos matemáticos que utilizaría cualquier otro en la antigüedad –en este caso, los círculos perfectos, además, la única geometría disponible– y, en segundo lugar, su cosmología se atiene más a resolver el principal problema –ya mencionado– de los modelos del mundo de aquellos tiempos: hacer corresponder las explicaciones teóricas con los movimientos de los cuerpos celestes observados en los cielos.

En el *Almagesto*, Ptolomeo presenta una novedosa descripción matemática del mundo. La estructura de su cosmología se resume en el llamado sistema de epiciclos que además consta de otros componentes geométricos complementarios: deferentes, ecuantos y excéntricas.

Por epiciclo se entiende un círculo que gira sobre otro círculo cuyo eje de movimiento es el que permanece en reposo. Imaginemos la órbita de la Tierra alrededor del Sol como un círculo enorme perfecto y la órbita de la Luna en un círculo perfecto más pequeño alrededor de la Tierra como eje del movimiento. Imaginemos a la Tierra moviéndose alrededor del Sol y la Luna también en movimiento, a la vez, alrededor de la Tierra. La representación mental que obtenemos es la de un círculo –la órbita de la Luna– girando en un círculo más grande –la órbita de la Tierra–. Esa imagen es la que denominamos epiciclo.

Una deferente es la trayectoria circular perfecta que recorre el eje del círculo que gira en el otro –en nuestro ejemplo, la trayectoria de la Tierra que señala el círculo más grande–. La ecuante o punto ecuante es el punto matemático o geométrico que sirve como centro de cualquiera de los círculos que constituyen el sistema de los epiciclos. Y, finalmente, una excéntrica es una figura geométrica que se construye con dos círculos del mismo tamaño y varios epiciclos que forman una intersección, para poder obtener puntos ecuanes descentrados, esto es, una construcción matemática que servirá para explicar los movimientos irregulares del Sol y la Luna alrededor de la Tierra en el sistema ptolemaico.

Las dificultades que tuvo que enfrentar Ptolomeo son las mismas que se habían introducido en los sistemas cosmológicos que preceden su trabajo: demostrar –matemáticamente, en su caso– los movimientos descentrados del Sol y la Luna alrededor de la Tierra; los movimientos retrógrados de los cinco planetas conocidos: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno; hacer coincidir esos movimientos excéntricos y retrógrados o las trayectorias matemáticas descritas con los movimientos observados y, sobre todo, con su referencia de movimiento, inevitable e indiscartable a la hora de describir cualquier tipo de movimiento celeste: las estrellas fijas; el cambio de velocidad de los planetas, el Sol y la Luna; la proximidad y el alejamiento de estos siete cuerpos celestes con respecto a la Tierra en períodos de tiempo determinados; la naturaleza de la esfera de las estrellas fijas, o, lo que es lo mismo, el límite del mundo, y no sólo eso, sino concebir el mundo como un todo armonioso, combinando todos los movimientos celestes en una unidad ordenada y sistemática, en la cual los movimientos excéntricos de la Luna y el Sol deben corresponderse con los movimientos epicíclicos de los planetas que hacen posible sus trayectorias retrógradas, teniendo como telón de fondo y como referencia las posiciones de las estrellas fijas.

Las investigaciones de la naturaleza y el neoplatonismo agustiniano

De hecho, Copérnico arranca donde Ptolomeo se había parado, motivo que induce a muchos a concluir que la ciencia fue algo inexistente durante los siglos que separan las vidas de ambos astrónomos. Sin embargo, la actividad científica, aunque intermitente, fue muy intensa durante esta época y desempeñó un papel esencial en la preparación del terreno para el nacimiento y posterior triunfo de la revolución copernicana⁶⁵.

Cuando se habla del medioevo como la gran época que va del siglo V al siglo XIV, se tiene la noción general de que es un tiempo en el cual las formas de pensamiento permanecen inalterables, enmarcadas en el paradigma de la reflexión cristiana. Sin embargo, en un período tan largo es inapropiado sostener dicha cuestión. Es posible demostrar que la actividad intelectual es impresionante, copiosa y que a pesar de que muchas historias de la filosofía o de la ciencia traten de negar un afortunado trabajo de carácter filosófico, con el consabido calificativo de oscurantismo medieval, allí, contrario a lo que se cree, tenemos un rico mundo de reflexión filosófica. Sobre este asunto E. Gilson escribe, a propósito de la filosofía medieval cristiana de los siglos XIII y XIV que, “La imagen de la Edad Media de una duración por lo demás indeterminada, ocupada por una “escolástica” cuyos representantes repetían sustancialmente la misma cosa durante siglos, es un fantasma histórico del que hay que desconfiar”⁶⁶.

La creencia de que el medioevo se caracteriza por una profunda inactividad filosófica en la Edad Media, a fin de cuentas, se debe a que planteamos mal el problema. En tanto tiempo los sistemas de pensamiento manifiestan diferentes matices, estilos y características, eso sí, dirigidos por la religión cristiana. Lo que no quiere decir que con la participación del cristianismo no haya filosofía o ciencia de carácter platónica o aristotélica. Pues uno de los prejuicios, entre otros, que lleva a afirmar el oscurantismo, nace de la participación

⁶⁵ Thomas Kuhn, *La revolución copernicana*, (Buenos Aires: Orbis, 1978), 143.

⁶⁶ Étienne Gilson, *La filosofía en la Edad Media* (Madrid: Gredos, 1965), 549.

del cristianismo en la filosofía, aun con todo lo que se puede llegar a entender por ésta. Lo que hay que dejar claro es que esa participación depende de la época, del autor que la ejerce o de la corriente de pensamiento que se imponga, además del pensamiento cristiano. En otras palabras, el cristianismo no influencia el pensamiento medieval de la misma forma, como una constante, sino de una manera variada, imponiendo diversos esquemas, producto de la forma en que se entiende la filosofía, y por ende, en la manera de hacerla⁶⁷.

Por ejemplo, es sabido que en la filosofía de San Agustín (354-430) las investigaciones de la naturaleza aparecen como un ejercicio secundario en la tarea filosófica. Esto es fácil demostrarlo y no significa que por tal razón haya hecho una mala filosofía; más bien, debe decirse que su filosofía no considera importante aquella rama que explora el mismo Platón en el *Teeteto* y en el *Timeo*, y cierta parte fundamental de la filosofía de Aristóteles. Otra cosa es decir que su filosofía es pésima por no hacerlo. Miremos más de cerca. San Agustín en su *Enquiridión* afirma:

Así pues, cuando el problema que se nos plantea es saber qué creemos en materia de religión, no es necesario sondear la naturaleza de las cosas tal como han hecho aquellos a los que los griegos denominaban physici; ni debemos alarmarnos por más tiempo de que los cristianos ignoren la fuerza y el número de los elementos, el movimiento, el orden y los eclipses de los cuerpos celestes, las especies y naturalezas de animales, plantas, piedras, fuentes, ríos y montañas, la cronología y las distancias, los signos que anuncian la proximidad de las tormentas u otras

⁶⁷ Un ejemplo de una posición radical frente a la posibilidad del trabajo científico en el medioevo lo encontramos en un libro muy consultado en nuestro tiempo por historiadores, científicos y filósofos, cuando se trata de hacer historia de la ciencia. Nos referimos a *Ciencia y filosofía en la antigüedad*, de Benjamin Farrington. En él podemos encontrar un ilustrativo capítulo llamado “Resumen y conclusiones”, cuyo subtítulo es “La decadencia y el resurgir del espíritu científico”, donde la ciencia medieval es prácticamente refutada como ciencia, tildándola de ciencia oscurantista o mala ciencia. Véase el cap. X. “Resumen y conclusiones. La decadencia y el resurgir del espíritu científico.” de Farrington, *Ciencia y filosofía en la antigüedad*, 185-209.

*mil cosas que tales filósofos han descubierto o creen haber descubierto [...] Al cristiano le basta con creer que la única causa de todas las cosas creadas, celestes o terrestre, visibles o invisibles, es la bondad del Creador, el único Dios verdadero, y que nada existe, salvo Él mismo, cuya existencia no tenga su origen en Él*⁶⁸.

Benjamin Farrington, en su *Ciencia y filosofía en la antigüedad*, trae una ilustrativa referencia de San Agustín sobre este mismo asunto, en el que éste va más allá. El texto citado pertenece a su *De doctrina christiana*:

*El saber acerca de las estrellas –dice– se justifica lo mismo que el de la historia, porque a partir de la situación y movimiento de las estrellas en el presente podemos conocer con certeza cuál ha sido su curso en el pasado. Nos posibilita con igual certeza mirar hacia el futuro, no con dudosos pronósticos, sino sobre la base de cálculos certeros; no para conocer nuestro propio futuro, lo cual es fatua superstición de los paganos, sino de las estrellas. Puesto que, así como uno observa las fases de la luna en su curso, cuando ha determinado su tamaño hoy, puede decir también su fase en cualquier fecha de los años anteriores o venideros, de la misma manera pueden dar respuestas ciertas respecto a cada una de las estrellas los que las observan con conocimiento*⁶⁹.

Lo que concierne a la investigación de la naturaleza es un tipo de conocimiento inferior, con respecto a todo aquello que pertenece a las cosas de Dios. San Agustín había estudiado la ciencia griega –como se puede entrever– y, por ende, es de suponer que había conocido los textos platónicos –o en su defecto, referencias de segunda mano– dedicados a las ciencias de la naturaleza, que se encontraban fuera de la influencia de la filosofía de Sócrates y más cerca de la de Aristóteles. Sabía que los filósofos griegos –como lo afirma– habían dedicado gran parte de sus esfuerzos de reflexión filosófica a dichas especulaciones sobre la naturaleza del mundo material. Así que las

⁶⁸ San Agustín, “Enquiridión”, en Kuhn, *La revolución copernicana*, 151-152.

⁶⁹ San Agustín, “De Doctrina Christiana”, en Farrington, *Ciencia y filosofía en la antigüedad*, 25.

consideraba una parte constitutiva de la filosofía, mas no esencial para su propio proyecto filosófico, es decir, para la forma en que él pensaba se debía ejercer la verdadera filosofía.

Étienne Wilson, citando también a San Agustín, nos hace saber lo que éste pensaba a propósito del conocimiento del mundo material:

Todo lo que los sentidos del cuerpo alcanzan, lo que llamamos lo sensible, ni por un instante deja de cambiar. El que los cabellos crezcan en la cabeza, que el cuerpo envejezca o esté lozano en su juventud, está en un perpetuo devenir y jamás se interrumpe. Ahora bien: lo que no permanece incambiado no puede ser percibido. Percibir, en efecto, es comprender por la ciencia, y no se puede comprender lo que no cesa de cambiar. No debemos esperar, pues, que los sentidos corporales nos entreguen la verdad en su pureza⁷⁰.

En otras palabras, según la filosofía agustiniana, desde la percepción sensible no podemos establecer un conocimiento cierto del mundo porque la verdad es necesaria e inmutable, pues, en el orden de lo sensible no se encuentra nada necesario e inmutable, de modo que no es de las cosas de donde se puede extraer la verdad. Lo que no elimina, de hecho, la posibilidad de un cierto conocimiento sustentado en las investigaciones de la naturaleza. Este tipo de conocimiento no alcanza la plenitud y la perfección del primero, sin embargo, es útil para poder determinar de alguna manera la apariencia de los fenómenos sensibles. Es un cierto saber secundario, inapropiado, imperfecto y contingente, que no alcanza los niveles de la verdad pura e inmutable.

Es bien conocido el hecho de que la filosofía de San Agustín privilegia ciertos temas frente a otros: el hombre como unidad de cuerpo y alma, la relación fe-razón, la reflexión sobre el lenguaje, Dios como el primer existente y las cosas del mundo como seres creados, entre otros, en contraposición a todo lo que se refiere a la filosofía natural, que se reduce a la mundanidad, a lo imperfecto, lo perecedero, a la

⁷⁰ San Agustín, “De div. quaest”, en Étienne Gilson, *El espíritu de la filosofía medieval* (Buenos Aires: Emecé, 1952), 233.

sensibilidad, a todo aquello que desechó la filosofía del primer Platón y que luego se estandarizó como consecuencia del neoplatonismo, en el que la Teoría de las Ideas era la parte fundamental de su filosofía.

Esta posición de San Agustín frente a la filosofía de la naturaleza obedece a una cierta actitud corriente entre los intelectuales cristianos de los siglos IV, V y VI, heredera de la forma en que la religión cristiana concibe el paganismo y todo lo que se refiere a las cosas mundanas, y del neoplatonismo idealista –como se ha dicho–. Sobre esta cuestión Thomas Kuhn nos hace saber que:

Por ejemplo, a principios del siglo IV, Lactancio, preceptor del hijo del emperador Constantino, consagró el tercer libro de sus Divinae institutiones a glosar “la falsa sabiduría de los filósofos”, reservando un capítulo a la ridiculización de la idea de la esfericidad de la tierra. Para él era suficiente con subrayar el absurdo de que existiera una región en que los hombres estuvieran suspendidos cabeza abajo y el cielo se encontrara por debajo de la tierra. Posteriormente, también dentro del siglo IV, el obispo de Gabala llegó a idénticas conclusiones extrayendo sus pruebas de la Biblia. El cielo no es una esfera, es una tienda de campaña o un tabernáculo, pues “es Él [...] quien tiende el cielo como una cortina y lo despliega como una tienda de campaña” (Isaías 40:22). Hay “aguas [...] sobre el firmamento” (Génesis 1:7). La tierra es plana, pues “el sol se había elevado sobre la tierra cuando Lot entró en Zoar” (Génesis 19:23). En pleno siglo VI, Cosmas Indicopleustes, un monje de Alejandría, podía reemplazar el sistema pagano por una detallada cosmología cristiana extraída, en sus principales rasgos de la Biblia. Su universo tiene la forma del tabernáculo que Dios mandó a construir a Moisés en el desierto. Tiene un fondo plano, paredes perpendiculares y un techo semicilíndrico, como los baúles de antaño. La tierra, escabel del Señor, es una superficie rectangular plana de longitud doble que su anchura, y reposa sobre el fondo liso del universo. Durante la noche el sol no pasa por debajo de la tierra siguiendo su trayectoria, sino que se esconde detrás de las regiones más septentrionales, zonas más elevadas que las meridionales⁷¹.

⁷¹ Kuhn, *La revolución copernicana*, 152-153. Las barras son mías.

De todas maneras, desde un punto de vista estrechamente positivista estas afirmaciones no tienen nada que ver con el desarrollo –en sentido estricto– de la cosmología científica de la antigüedad tardía. Sin embargo, no podemos olvidar que estos pensadores cristianos, aunque fuera desde el punto de vista de la ortodoxia religiosa, de todas formas, especularon sobre la naturaleza del cosmos. ¿Retroceso o laguna en el progreso de la ciencia? Según las tesis positivistas eso no es ciencia –debemos insistir: al menos ciencia como la entendieron los modernos–, sino especulación teológica, por la familiaridad de las explicaciones cosmológicas con las Sagradas Escrituras. ¿Es suficiente esta razón para negar la existencia de especulaciones científicas en la antigüedad tardía y a comienzos de la Edad Media? ¿No es necesario aclarar primero qué es lo que entienden por ciencia los pensadores de aquella época y considerar la vinculación esencial existente entre los planteamientos de tipo científico y el razonamiento teológico, y no sólo eso, sino también mirar qué lugar ocupaba la filosofía de la naturaleza, en su forma de hacer filosofía –en general–?

Si vemos el desarrollo científico como un hilo conductor que nace en cierto momento en Grecia y continúa por una línea de progreso hacia la elaboración de una ciencia cada vez más sofisticada, se puede perder el rumbo. Se supone que a medida que avanzan los años partiendo desde el siglo VI a. C. con Tales de Mileto, o desde mucho antes con los conocimientos que habían adquirido los babilonios y los egipcios sobre astronomía, matemáticas y otros saberes, la ciencia se perfecciona y avanza *en un inevitable y seguro progreso hacia el verdadero conocimiento científico*. Pero, ¿no son esas mismas historias de la ciencia las que no logran valorar –o en su defecto, sobrevalorar– las mutaciones que se dan con ciertas teorías cuando resquebrajan dicho progreso de la ciencia y quedan como islas en el cúmulo de conocimientos, como logros importantes de la capacidad de los filósofos para tratar de explicar la estructura del cosmos? ¿No es este el caso del sistema del mundo de Filolao, que los historiadores de la ciencia lo citan como valiosísimo y visionario, porque es uno de los primeros sistemas del mundo que ponen a girar la tierra como un planeta cualquiera, aunque sea alrededor del llamado Fuego Central? ¿No olvidan que Filolao no lo hace por razones

“científicas”, sino por razones metafísicas, o si se quiere, místicas o religiosas, cuando tiene que “inventarse” tres cuerpos celestes –la Tierra, la Anti-tierra y el Fuego Central– para que su totalidad coincida con el *número perfecto* –el diez–, para poder plantear lo más perfecto, ordenado y armónico por excelencia, esto es, el Cosmos? Como podemos ver, la historia de la ciencia no se ha visto independizada de los asuntos religiosos o místicos. Muchos problemas de la filosofía de la naturaleza tuvieron implicaciones directas en problemas teológicos. Esto es fácil de demostrar: nos podemos dar cuenta de ello si le damos una hojeda a algunos textos de Bruno, Kepler, Galileo, Descartes y el mismo Newton⁷².

Como sabemos, San Agustín fue el filósofo más influyente de la temprana Edad Media. Su forma de hacer filosofía teniendo como presupuesto los trabajos platónicos y la doctrina cristiana, ejerció un notable condicionamiento en la manera de hacer filosofía en los siglos siguientes. No es posible aseverar, desde ningún punto de vista, a no ser que se peque de exceso o de facilismo, que la concepción agustiniana de la filosofía se extienda hasta el siglo XIV. Su influencia en los siglos posteriores al siglo V es notoria y concluyente, pero luego del siglo XI es imposible seguir sosteniéndolo, pues la familiaridad de los pensadores cristianos con la filosofía, los copistas, traductores y comentaristas árabes, pondrá en escenario otro tipo de pensamiento que cambiará la manera de hacer filosofía: la filosofía de Aristóteles.

⁷² Véase, por ejemplo, *La Cena de las Cenizas y Sobre el Infinito Universo y los Mundos*, de Giordano Bruno; el *Mysterium Cosmographicum* de Johannes Kepler; *El Ensayador* de Galileo Galilei; el llamativo acontecimiento de Descartes retirando de la imprenta su *Le Monde*, cuando se entera de la condena de Galilei; y la disputa entre los newtonianos y Leibniz, a propósito de la naturaleza del universo, publicada en una colección de cartas llamada *La Polémica Leibniz-Clarke*.

La filosofía árabe: de todas maneras, filosofía griega

Entre 610 y 632, cuando el mundo Mediterráneo se encontraba a merced de los pueblos bárbaros, el Islam, una nueva familia religiosa, vio su aurora. En los años siguientes comenzó a expandirse por gran parte de los dominios del Imperio Romano⁷³. Antes de 610 los árabes se habían convertido en una próspera comunidad de comerciantes constituida por familias, tribus y clanes⁷⁴. La estratégica ubicación de la península arábiga como paso obligado entre el comercio del norte y el oriente de África, con el Mediterráneo a través de Judea y Siria, con el Asia Central, y con India y el lejano Oriente a través de las estepas asiáticas o el océano Índico, hacían de las ciudades árabes de Medina⁷⁵ y La Meca, lugares privilegiados en torno a la actividad económica árabe del siglo VII.

A pesar de la prosperidad de los árabes, la principal dificultad para su unión definitiva como pueblo y cultura era la cantidad de conflictos entre las tribus. Un sagaz personaje se dio cuenta de que, si los árabes querían ser una potencia en el Mediterráneo, necesitaban un elemento que los uniera en torno a objetivos específicos de hermandad y amor. Es así como surge la figura legendaria del profeta Mahoma.

Alrededor de 610 el profeta afirmó la aparición del Arcángel Gabriel. Es portador de un mensaje de Dios –en árabe Alá– que lo ha escogido como su profeta. En sucesivas apariciones Alá completó el mensaje divino a través de Gabriel, y alrededor de 612, Mahoma comenzó a predicar la nueva religión en La Meca, su ciudad natal,

⁷³ La historia de la conformación y expansión del Islam como religión –cuyo principal desarrollo fechamos entre el siglo VII y el siglo XIII–, es fundamental para la comprensión de la filosofía árabe y el posterior contacto cultural con los europeos.

⁷⁴ En un texto llamado *El cercano Oriente medieval*, se lee, a propósito de la organización social de los árabes de principios del siglo VII: “La única estructura reconocida era la tribu, articulada en grupos genealógicos, los clanes. Era una célula autónoma de gentes unidas entre sí por la sangre o la afiliación.”. Michel Kaplan, Bernardette Martin y Alain Ducellier, *El cercano Oriente medieval* (Madrid: Akal, 1988), 50.

⁷⁵ Nuevo nombre de Yatrib, “la ciudad del profeta”. En árabe: “Madinat al-Nabi”.

pues en los tres años anteriores su prédica se había circunscrito a sus amigos y parientes cercanos. La Meca es por aquellos tiempos el más grande centro comercial y ceremonial de las tribus árabes. En el centro de la ciudad se destacaba un imponente templo que varias decenas de años antes de 610 ellos habían llamado La Ka'aba.

En La Ka'aba se encontraban todos los dioses de los diversos clanes y tribus de los árabes de toda la península. Sus prácticas politeístas inmemoriales habían considerado La Meca como su lugar santo por excelencia y las familias influyentes la protegían como la joya hacia la cual debían mirar todos los árabes. Este período fue denominado por los árabes posteriores, es decir, todo lo que corresponde al paganismo árabe preislámico, como “yahiliyya”. Es en este ambiente religioso y cultural en el que Mahoma comenzó a predicar el mensaje de Alá, que no es sino la versión mahometana o árabe del Dios judeo-cristiano, que había conocido en sus múltiples viajes como comerciante en tierras habitadas por judíos y cristianos, a través de los cuales conoció las Escrituras judías y los Evangelios cristianos. Es innegable el origen judeocristiano del Islam o de la religión de Mahoma⁷⁶.

Tanto el término “Islam” como “Musulmán” significan “entregado o sometido a la voluntad de Dios”, con la diferencia de que “Islam” es una palabra árabe y “Musulmán” proviene del persa “Mouslim”, que quiere decir lo mismo. Por tal razón las dos expresiones son sinónimas y aluden a lo esencial de la religión de Mahoma: estar sometido a la voluntad de Dios.

Cuando Mahoma comenzó a predicar en La Meca es acusado de herejía por sus ataques frontales al politeísmo y la idolatría puesto que tomaba al pie de la letra el mensaje judío de la unicidad de Dios. Los árabes de La Meca –los Qurays que estaban a cargo del cuidado de la Ka'aba– asumieron que el mensaje de Mahoma era peligroso,

⁷⁶ Según Francesca Brezzi: “Siendo la ciudad de La Meca un importante centro de comercio y tránsito entre Arabia Meridional, Siria, Egipto e India, Mahoma conoce, gracias a estas expediciones, hombres de diversas religiones (hebreos y cristianos, sobre todo, pero también jacobitas y maniqueos).” Francesca Brezzi, *Las grandes religiones* (Bogotá: Norma, 1994), 92.

por lo que podría llegar a significar entre los árabes comunes y corrientes: la pérdida de su centro ceremonial, de sus dioses y de su identidad ancestral. Mahoma fue despojado de sus pertenencias y condenado a muerte. Alrededor de 622 escapó de La Meca y de la ejecución, convirtiéndose en el evento más crucial de los musulmanes de todos los tiempos, la Hégira (Hyyra) o la noche de la fuga⁷⁷.

El profeta Mahoma huyó a otra ciudad árabe ubicada en el noroeste de La Meca, hacia el Mar Rojo. La ciudad de Medina competía en importancia comercial con La Meca y es allí donde tomó asiento el mensaje religioso de Mahoma. La diferencia del ambiente religioso en las dos ciudades es que en Medina sus pobladores tenían directa familiaridad con la doctrina cristiana y con la judía, por lo cual la prédica de Mahoma no era extraña. El Islam se hizo fuerte y en poco tiempo sus habitantes fueron convertidos a la nueva religión y abandonaron sus prácticas anteriores por ser “idólatras y politeístas”.

En largas guerras que se extienden hasta 627, el profeta Mahoma logró someter militarmente a la ciudad sagrada de La Meca. En este año presidió una triunfal peregrinación desde Medina de diez mil personas, instituyendo, de ahí en adelante, como obligación de todo musulmán, el peregrinaje a La Meca al menos una vez en la vida⁷⁸. En el año de su muerte, en 632, toda la península arábiga y algunas áreas vecinas estaban unidas en una misma autoridad religiosa: el Islam. A pesar de que los pueblos conquistados por la vía militar o por el convencimiento doctrinal continuaban

⁷⁷ Es tan importante este acontecimiento que el calendario musulmán tiene como punto de referencia la Hégira. Los musulmanes cuentan sus años antes y después de la Hégira, como en el mundo cristiano antes y después de Cristo. Según Brezzi: “La comunidad de Mahoma fue perseguida y anatematizada hasta el año 622, cuando se presenta un hecho fundamental: la fuga (o Égira) de Mahoma y sus seguidores hacia la ciudad de Yatrib, que toma el nombre de Medina (ciudad del profeta). En ese momento se inicia la era musulmana”. Brezzi, *Las grandes religiones*, 92-93.

⁷⁸ Esta peregrinación consta de dos partes: la “Umra”, que es la pequeña peregrinación que se hace en La Meca, y la “Hayy”, que es la gran peregrinación por la ciudad sagrada y sus alrededores.

manteniendo sus particularidades, la ley del Corán los seguía uniendo con una poderosa fuerza espiritual.

Esta forma particular de nacimiento del Islam caracterizó por siglos su desarrollo, su expansión e ilimitada capacidad de trastocar diversos pueblos y culturas. En lo que resta del siglo VII y la primera mitad del VIII e irradiado desde la tierra santa de Arabia y la ciudad sagrada de La Meca, a través del poderío militar, la seducción por la palabra o viajando en las alforjas de los mercaderes árabes, el Islam se extendió por Occidente siguiendo la ruta del norte de África y el mar Mediterráneo hasta España, Portugal y el sudoeste de Francia; y por Asia Menor hasta Europa Oriental, y Asia Central hasta los límites occidentales de la lejana China, y más al sur a través de Persia, hasta India e Indochina. En aquellos días el mundo conocido era islámico.

Como se afirmó, la historia del nacimiento del Islam es fundamental para comprender el fenómeno de la conformación de la filosofía árabe, su familiaridad con la filosofía griega y su posterior conexión con el mundo cristiano alrededor del siglo XI. Juega aquí un papel primordial el hecho de la expansión del Islam en todas direcciones desde la península arábiga.

Pues bien, después de la muerte de Mahoma y como tarea ineludible de los califas sucesores del profeta, el dominio islámico se fue haciendo tangible sobre las antiguas tierras de influencia grecorromana y cristiana. Ese dominio no se va a expresar, únicamente, en la explotación económica, la opresión militar y el afianzamiento del Imperio Árabe, sino también en la cultura, el ejercicio del pensamiento y el cultivo de la filosofía –al estilo griego–.

Todo lo anterior fue posible porque en el momento en que los califas árabes comenzaron su misión de propagación del Islam, grandes centros de actividad intelectual con una fuerte herencia griega, quedaron ubicados en territorios de dominio árabe. Dependiendo de la ortodoxia religiosa islámica en determinados momentos, algunos de ellos fueron cerrados, pero muchos fueron tolerados. Lo más

interesante es que la mayoría fue asumida como parte de la herencia cultural del mundo antiguo a la naciente grandeza del Islam.

Es importante señalar que los árabes, además de invadir los territorios en los cuales se seguía desarrollando la actividad filosófica de las escuelas griegas, también se apoderaron de territorios que estaban influenciados por el pensamiento cristiano agustiniano y neoplatónico, aunque el neoplatonismo pasó a los árabes, a su vez, por medio de la tradición de los filósofos sirios.

Entre los elementos que componían esta tradición [el legado de las escuelas sirias a los árabes], las obras de Aristóteles constituían, evidentemente, la parte más importante y más fecunda en filosofía. Pero, en el catálogo de las obras aristotélicas que los sirios transmitían a los árabes, figuraban escritos de inspiración muy distinta, que el filósofo griego hubiera desautorizado seguramente, y que, sin embargo, tuvieron una influencia decisiva gracias a la autoridad que les daba el nombre de Aristóteles. Dos tratados esencialmente neoplatónicos, la Teología de Aristóteles y el Liber de Causis, pasaban por originales del maestro y determinaron profundamente la interpretación que se daba a su pensamiento. El contenido del primero está tomado de las Enéadas de Plotino (libros IV-VI); el del segundo, [...] de la Elementatio theologica de Proclo. La consecuencia más importante de este hecho fue que, en su conjunto, el pensamiento árabe puso bajo el nombre de Aristóteles una síntesis del aristotelismo y del platonismo; sobre ella tuvo que ejercerse necesariamente, a continuación, la reflexión y la crítica de los teólogos del siglo XIII⁷⁹.

Los árabes conocieron, por fuentes diversas, dos tradiciones que San Agustín de algún modo había intentado conciliar: la herencia filosófica de los griegos y el pensamiento cristiano de marcada herencia platónica. Además de la propia tradición agustiniana que había permanecido vedada a los filósofos árabes, como cuentan algunas historias de la filosofía con el propósito de resaltar el rasgo aristotélico de su pensamiento. Estas tradiciones convivieron en los siglos VII y VIII de manera heterogénea y variable.

⁷⁹ Gilson, *La filosofía en la Edad Media*, 322. Las barras son mías.

Es una historia compleja y fascinante. Desde la cristianización oficial del Imperio Romano a principios del siglo IV, muchas viejas escuelas filosóficas griegas siguieron con su proceso de enseñanza de la antigua filosofía, con el patrocinio o la tolerancia de las autoridades eclesiales o imperiales. Sin embargo, muchas fueron cerradas o eliminadas, como, por ejemplo, el emperador bizantino Justiniano I (482-565) que durante la reconquista de los territorios occidentales (Dalmacia, Italia, Sicilia, Malta, el sur de España y el norte del África) en poder de los bárbaros, cerró las escuelas filosóficas de Atenas en 529. Este es un hecho simbólico primordial pues señala la muerte temporal del agónico helenismo en Occidente. Sobre este acontecimiento nos dice Étienne Gilson:

Por lo tanto, podía pensarse que Occidente se cerraba definitivamente a la influencia de la especulación helénica: pero el pensamiento griego había comenzado, mucho antes de esa fecha, a ganar terreno en Oriente: ya había iniciado el movimiento de retorno que debía traer al Occidente desde el siglo XIII el pensamiento de Aristóteles y del neoplatonismo, a través de los filósofos sirios, árabes y judíos⁸⁰.

Y continúa E. Gilson:

Efectivamente, la especulación helénica se benefició de la difusión de la religión cristiana por Mesopotamia y Siria. La escuela de Edesa, en Mesopotamia, fundada en 363 por San Efrén de Nisibis, enseñaba las doctrinas de Aristóteles, Hipócrates y Galeno. La necesidad que los sirios convertidos al Cristianismo sentían de aprender griego para leer el Antiguo Testamento o los escritos de los Padres de la Iglesia les llevó a iniciarse en la ciencia y en la filosofía griegas. Se enseñaba filosofía, matemáticas y medicina allí donde se enseñaba teología, y se traducían al siríaco las obras clásicas griegas. Cuando la escuela de Edesa fue cerrada, en 489, sus profesores pasaron a Persia y enseñaron en las escuelas de Nisibis y Gandisapora; en Siria, las escuelas de Risaina y de Hinnerin adoptaron la filosofía de Aristóteles. Cuando el Islamismo reemplaza al Cristianismo en Oriente, el papel de los sirios como

⁸⁰ Gilson, *La filosofía en la Edad Media*, 321.

*agentes de transmisión de la filosofía helénica aparece con toda claridad. Los califas Abbasidas, cuya dinastía se funda en 750, llaman a su servicio a los sirios, que continúan sus enseñanzas y sus trabajos bajo los auspicios de estos nuevos señores. De esta manera, Euclides, Arquímedes, Ptolomeo, Hipócrates, Galeno, Aristóteles, Teofrasto y Alejandro de Afrodisia son traducidos, ya directamente del griego al árabe, ya directamente del griego al siríaco y, después, del siríaco al árabe. Así, las escuelas siríacas han sido intermediarias, y gracias a ellas el pensamiento griego llega a los árabes, esperando el momento en que de los árabes pase a los judíos y a los filósofos del Occidente cristiano*⁸¹.

En los complejos mundos religioso y político de aquellos tiempos participa también en este tipo de acontecimientos, como se puede deducir, desde este siglo IV, el naciente y, en el futuro, poderoso Imperio Bizantino. La razón es muy simple. Después de las invasiones de los pueblos bárbaros asiáticos al Imperio Romano, entre los siglos IV, V y VI, en la cuenca mediterránea no va a haber más unidad política y cultural al estilo del Imperio Romano de los césares contemporáneos a Cristo y a los primeros siglos del cristianismo. El Imperio que se extendía desde Britania hasta el norte de África y el Oriente Medio, y desde España a los Balcanes y el Cáucaso, fue dividido y arrasado por los bárbaros. Grandes extensiones de territorios se verán aisladas o disputadas entre el Imperio Romano occidental, el Imperio Bizantino y los mismos bárbaros. Aquí y allá florecerán centros de actividad intelectual, ya sea paganos o cristianos, o más aún, paganos y cristianos a la vez, en un inevitable proceso de sincretismo cultural que marcará el estado intelectual de la naciente Edad Media.

En este estado se encuentra la filosofía en el Mediterráneo cuando hace su aparición el Islam. La influencia política y cultural del cercano Oriente fue definitiva luego del siglo VII. Por un lado, los pueblos establecidos en los extensos territorios que abarca la Gran Nación Islámica y por otro los pertenecientes al Imperio Bizantino. Entre ambos rodearon los pequeños Estados europeos que dependían en gran parte del comercio, las guerras y las alianzas con los

⁸¹ Gilson, *La filosofía en la Edad Media*, 321-322.

primeros. Sus relaciones fueron turbulentas y azarosas. Pero es en este ambiente en el que las tareas del pensar o la filosofía sobrevivieron y renacieron para la Europa cristiana de los siglos XII, XIII y XIV, y más tarde, para la modernidad.

Como se ha dicho después del 750 la dinastía de los abbasidas puso a su servicio a los filósofos, copistas, traductores y comentaristas sirios, que habían mantenido en el Oriente la herencia de las escuelas filosóficas griegas. Este dato histórico puede parecer trivial; sin embargo, es de gran relevancia por cuanto los sirios fueron el puente entre la herencia intelectual de los griegos y los pensadores árabes. Este evento fue el que hizo posible que los árabes musulmanes se miraran como los herederos y continuadores de la filosofía helénica.

En los siglos posteriores al VIII se conocieron grandes nombres de filósofos árabes. El trabajo de estos filósofos es esencial en la conservación de la filosofía griega. Sin embargo, no podemos dejarnos extraviar en cuanto a la verdadera naturaleza de su trabajo. Se ha pensado que ellos mantuvieron o sostuvieron la antigua filosofía de los griegos. Pero lo cierto es que ellos no sólo conservaron, sino que también crearon y construyeron una filosofía propia que se podría llamar filosofía árabe o musulmana. Esos grandes nombres, entre otros, son Alfarabí, Avicena y Averroes. Por ejemplo, E. Gilson nos dice sobre Alfarabí, un filósofo del siglo X, en *La filosofía en la edad media*:

Una de sus obras más significativas es su Concordancia entre Platón y Aristóteles. Este título muestra por sí solo cuán inexacto es afirmar que la filosofía árabe no ha hecho más que prolongar la de Aristóteles. Muy al contrario, convencidos de que el pensamiento aristotélico se encontraba –en el fondo– de acuerdo con el pensamiento de Platón, los árabes hicieron grandes esfuerzos para conciliarlos. No olvidemos, por otra parte, que, como los occidentales, los árabes tenían una religión, de la que no podían prescindir, y que, por eso mismo, no pudo dejar de influir en sus doctrinas. Igual que el Dios del Antiguo Testamento, el Dios del Corán es uno, eterno, omnipotente y creador de todas las cosas; los filósofos árabes chocaron, antes que los cristianos, con el

*problema de conciliar una concepción griega del ser y del mundo con la noción bíblica de la creación*⁸².

En ciertas tradiciones positivistas se cita el trabajo científico de los filósofos árabes en óptica, matemáticas, astronomía y medicina, como si dichos trabajos se realizaran aislados unos de otros o como producciones independientes que se daban aquí y allá, y en cualquier momento entre los siglos IX y XII. Pero debemos preguntarnos, ¿realmente se encontraban estas porciones de saber separadas unas de otras, alejadas, además, de toda contextualización teórica que les había dado la especulación griega desde muchos siglos antes? ¿No obedecían más bien a una cierta tradición filosófica heredada de los griegos a través de los sirios? En efecto, la base de los trabajos de los filósofos árabes es la antigua filosofía griega: Euclides, Arquímedes, Ptolomeo, Hipócrates, Galeno, Aristóteles, Teofrasto, Alejandro de Afrodisia, Platón, Pitágoras, en fin, *toda* la filosofía antigua; es así como Alfarabí y otros filósofos árabes comprendieron la grandeza de esa herencia, pero también lo que significaban Platón y Aristóteles para la filosofía antigua. Sabemos que estos últimos dieron a la posteridad completos y complejos sistemas filosóficos en los que el saber no aparece fraccionado, sino, por el contrario, haciendo parte de un todo que denominaban *la filosofía*. El magno saber que abarca –al menos en la definición aristotélica, como se ha dicho– la totalidad del conocimiento humano.

Debemos considerar, pues, que los árabes conciben la filosofía de este modo y que Alfarabí, como Avicena y Averroes, no se alejan mucho de esta concepción de la filosofía. De hecho, es el concepto que recibieron los filósofos cristianos de los siglos XII, XIII y XIV, a través de ellos. Desde este punto de vista es notable que los pensadores musulmanes trataran de resolver la unidad del saber en la filosofía desde fundamentaciones metafísicas, de la misma manera que lo había hecho Aristóteles. En otras palabras, la realización del conocimiento del mundo y de los fenómenos desde primeras causas o primeros principios. En este sentido, las interpretaciones positivistas

⁸² Gilson, *La filosofía en la Edad Media*, 324.

del trabajo filosófico o científico de los árabes plantean mal el problema, pues su metafísica es esencial en el desarrollo de su pensamiento.

De esta manera, nos dice E. Gilson: “Así pues, el mundo de Alfarabí se nos presenta ya como muy semejante al de los metafísicos occidentales del siglo XIII. Depende de una causa primera en su existencia, en el movimiento de que está animado y en las esencias que definen a los seres que lo componen”⁸³. No es difícil observar que los árabes –en este caso Alfarabí– siguieran manejando la definición aristotélica de filosofía. En este orden de ideas, es una de las razones por las cuales los nombres, y la mayor parte de la obra de los filósofos árabes, son conocidos por los filósofos occidentales cristianos; verbigracia, el nombre de Avicena (Ibn Sina) es bastante conocido entre los filósofos cristianos de los siglos XIII y XIV, “... y, aunque se le considera un adversario, es un adversario al que se debe respetar, a causa de su poder, y con el que interesa contar”⁸⁴. Ni siquiera Copérnico a comienzos del siglo XVI se ve libre de la influencia de los pensadores árabes. En el *De Revolutionibus* cita varias fuentes árabes vitales para su astronomía matemática⁸⁵.

Además de los mencionados Alfarabí y Avicena debemos hablar de Averroes⁸⁶. Este es considerado el más grande filósofo árabe, cuya familiaridad con los filósofos cristianos de los siglos mencionados es indiscutible. Según É. Gilson:

El pensamiento de Averroes se presenta como un esfuerzo consciente por restituir a su pureza la doctrina de Aristóteles corrompida por todo el

⁸³ Gilson, *La filosofía en la Edad Media*, 326.

⁸⁴ Gilson, *La filosofía en la Edad Media*, 327.

⁸⁵ Copérnico, *Sobre las revoluciones*, particularmente: Alpetragius o Nur-ad-din al-Bitrugi (p. 30), Albatenius o Muhammed ibn Gabir al-Battani (p. 31), Averroes (p. 31), Azarquiel (p. 154), Thabit ben Qurra (p. 186), además del judío Iacophus ben Machir o Prophantius el Judío (p. 154).

⁸⁶ Jorge Luis Borges en su cuento *La busca de Averroes* comenta acerca de este filósofo: “Abulgualid Muhámmad Ibn- Ahmad ibn-Muhámmad ibn-Rushd (un siglo tardaría ese largo nombre en llegar a Averroes, pasando por Benraist y por Avenryz, y aun por Aben-Rassad y Filius Rosadis)...”. Jorge Luis Borges. “La busca de Averroes”, en *El Aleph* (Madrid: Alianza, 1981), 93.

platonismo que sus antecesores habían introducido en ella. Averroes se dio perfecta cuenta de cuáles habían sido los intereses teológicos que habían favorecido aquella mezcolanza. Él sabía que restaurar el auténtico aristotelismo era excluir de la filosofía aquellos elementos que mejor concordaban con la religión. Los cristianos que han leído a Averroes también se han equivocado sobre este aspecto de su pensamiento, y los que no vieron con buenos ojos su filosofía no dejaron de alegar –contra los cristianos que querían, por el contrario, inspirarse en ella– los peligros que hacía correr a la fe. El mismo Averroes partió de la convicción de que la filosofía de Aristóteles era verdadera. Las fórmulas que utiliza para expresar su admiración por el Estagirita son bien conocidas; y, efectivamente, hay que conocerlas, porque el culto excesivo a Aristóteles es una señal distintiva de la escuela averroísta, pero no, como a veces se piensa, de toda la Edad Media: Aristotelis doctrina est summa veritas, quoniam ejus intellectus fuit finis humani intellectus. Quare bene dicitur, quod fuit creatus et datus nobis divina providentia, ut sciremus quidquid potest sciri. Fuertes expresiones son éstas. Hay que tener en cuenta, probablemente, el buen consejo que a este propósito da un historiador sirio de la filosofía: no tomar a la letra las hipérboles laudatorias orientales; pero los latinos que se las apropien no tendrán esta excusa. Lo cierto es que hasta en Averroes queda algo de platonismo y que, consciente o inconscientemente, el Comentador ha producido una obra más original de lo que él mismo declara⁸⁷.

Este es el campo abonado que encontraron los filósofos cristianos desde la primera mitad del siglo XIII. Aristóteles y su obra estaban listos para retornar al mundo filosófico de Occidente. Las preguntas que sustentaron la filosofía aristotélica, luego de su próspero pasaje por la filosofía musulmana, vuelven a hacer germinar las tareas del pensar en una nueva estructura de pensamiento, cuya situación histórica sirvió de puente entre la antigua filosofía de los griegos y los albores de la filosofía y la ciencia modernas.

⁸⁷ Gilson, *La filosofía en la Edad Media*, 337.

Los escolásticos y la filosofía de Aristóteles: ¿ciencia oscurantista?

*Nihil igitur casu fit in mundo; nada sucede por casualidad en el mundo:
he ahí el verdadero punto de vista cristiano sobre el orden universal*⁸⁸.

No hay pensador cristiano, entre los siglos XI y XIII, que no esté familiarizado con los filósofos árabes. La grandeza de la cultura musulmana y, por ende, de su filosofía, era un hecho corriente conocido en la Europa cristiana de estos siglos. Son varias las razones que hicieron posible el contacto cultural entre los cristianos y los musulmanes: la existencia de centros intelectuales árabes en Europa; la separación de la Iglesia Ortodoxa Oriental de la Iglesia de Roma; las cruzadas y los libros que viajaban en las alforjas de los mercaderes venecianos y de los musulmanes en sus contactos comerciales en las islas de Malta y Sicilia.

Desde las invasiones musulmanas a la península Ibérica a principios del siglo VIII –en 711–, el sur de España se convirtió en un bastión cultural de los árabes. Allí, en el sur, floreció Córdoba como un pujante centro intelectual en el que el cultivo de la filosofía fue uno de los quehaceres de los pensadores árabes. Fue un punto de encuentro de dos enormes tradiciones: la cristiana y la islámica. Un lugar que sirvió como punto de intersección entre la cultura europea y la cultura árabe. Allí empezaron a circular por Europa textos escritos en árabe o traducidos del griego al árabe o del sirio al árabe –que a su vez habían sido traducidos del griego por los sirios antes de las invasiones árabes, como se ha mencionado– o sencillamente libros antiguos –originales o copias– en griego. Los filósofos cristianos encontraron esta fuente inagotable de sabiduría en este lugar árabe en el occidente del continente europeo.

En segundo lugar, a mediados del siglo XI, hacia el año 1054, la Iglesia Cristiana sufrió la primera de las grandes divisiones que enfrentó

⁸⁸ Gilson, *El espíritu de la filosofía medieval*, 337.

en el desarrollo de su historia⁸⁹. Desde los siglos VI y VII las invasiones eslavas y lombardas habían aislado a Roma de Constantinopla. Estas dos iglesias quedaron separadas en el orden político, étnico y lingüístico: en Roma se hablaba latín, en Oriente, griego. Más tarde, en el siglo VIII, surgió el conflicto por el movimiento iconoclasta de origen oriental: el Papa rechaza la iconoclastia y declara hereje al patriarca oriental. En fin, hasta que en el siglo XI, un evento aparentemente trivial señaló la ruptura definitiva, que se venía gestando desde varios siglos antes.

El único punto de contacto entre ambos mundos era Italia del Sur en donde coexistían obispados y monasterios de las dos obediencias. Además, desde la llegada de los normandos en el año 1018, los intereses políticos del papa y del emperador bizantino coinciden nuevamente. Pero Roma intenta controlar en el aspecto religioso Italia del Sur; su gobierno está en manos de hombres como León IX (1047-1054) y el cardenal Humberto, originarios de Lorena y muy distantes de las inquietudes bizantinas; así condenan el título asumido por el arzobispo de Constantinopla de patriarca ecuménico; esto quiere decir patriarca del Imperio –el bizantino–, pero los occidentales lo interpretan como “universal”, que es lo que literalmente quiere decir.

La llegada a Constantinopla en 1054 de una delegación romana encabezada por Humberto para negociar la alianza antinormanda después de los fracasos militares de 1053, proporciona una oportunidad para que se produzca una disputa entre Humberto y Cerulario [el patriarca del Imperio]; pronto sube el tono a partir de unos temas de no demasiada importancia. El 16 de julio de 1054, Humberto deposita sobre el altar mayor de Santa Sofía una carta en la que se excomulga a Cerulario; esto desencadena una sublevación que el emperador no puede contener; los delegados del papa, que han sido excomulgados por un sínodo, huyen. Cerulario se declara más independiente que nunca respecto a Roma.

89

Más tarde la Iglesia de Roma deberá enfrentar dos divisiones más: entre 1517 y 1521 el surgimiento de las Iglesias Protestantes y en 1538 el de la Iglesia Anglicana.

Sin embargo, no hay que exagerar el alcance de los acontecimientos de 1054 [...]. Las fuentes narrativas de la época están casi mudas y el “cisma” no será considerado como tal hasta el año 1204. Pero el contenido de la controversia muestra hasta qué punto de incompreensión se había llegado⁹⁰.

La consecuencia directa de este acontecimiento es la migración a Occidente de pensadores cristianos y algunas otras personas poseedoras de grandes riquezas –entre ellas vastas bibliotecas–, fieles al papado romano, hostigados por posiciones fundamentalistas de algunos seguidores de la Iglesia de Constantinopla. De pronto –luego de 1054 y por un período largo de tiempo– Europa Occidental se encuentra ante un enorme volumen de sabiduría, desconocida hasta el momento en estos lugares, expresada en los libros –en griego– que llegan con los exiliados de Europa oriental y que habían sobrevivido durante siglos a las mil y una invasiones que aquella estratégica ciudad de Constantinopla y sus áreas de influencia habían sufrido desde finales del siglo IV.

En tercer lugar, alrededor del siglo XI comenzaron las cruzadas para tratar de recuperar los lugares santos para el mundo cristiano⁹¹, que habían estado en poder de los musulmanes desde las invasiones expansionistas del siglo VII por los califas sucesores del profeta Mahoma, pues, como se sabe, estos sitios son también sagrados para los musulmanes. En largas guerras que se extienden hasta finales del siglo XIII, cristianos y musulmanes no sólo lucharon por apoderarse de los Santos Lugares, sino que hubo un descubrimiento excepcional de las formas de vida del adversario, que habían permanecido vedadas por el aislamiento propio de la época, tanto de los cristianos como de los musulmanes. Cada uno de ellos se encuentra ante formas, modos y estilos culturales tan extraños, que se manifiestan en un locuaz aprendizaje del otro. En el plano de la filosofía, de pronto los cristianos europeos tienen ante sí una forma de entender el

⁹⁰ Kaplan, *El cercano Oriente medieval*, 169-170. Las barras son mías.

⁹¹ Jerusalem y todos los lugares vinculados con la historia del naciente cristianismo o, lo que es lo mismo, con el nacimiento, vida, muerte y resurrección de Jesús.

mundo que no habían estimado hasta el momento, dado que su tradición se remontaba a las especulaciones metafísicas neoplatónicas y neoagustinianas. Se encuentran, de un momento a otro, con toda una herencia vedada a los cristianos por razones históricas. Todo lo que podríamos denominar –como se ha señalado– las investigaciones de la naturaleza que se sustentaban en los trabajos de la filosofía de Aristóteles y en los estudios de la matemática alejandrina: el legado de Claudio Ptolomeo y Euclides.

Tenemos datos serios, además, de que desde varios siglos antes de Cristo se habían establecido rutas comerciales entre Asia Menor y el norte del África con Europa septentrional, a través de España y de Europa oriental. Este comercio es corriente aún en tiempos de las guerras entre los cristianos europeos y los musulmanes por los Santos Lugares. Lo normal es que se piense en la interrupción del comercio entre estos mundos tan dispares. Sin embargo, la actividad comercial floreció aun en tiempos de guerra. Comerciantes venecianos y árabes, en territorios neutrales como la isla de Malta, intercambiaban mercancías, impresiones y cultura. Estos comerciantes no sólo compraban y vendían especias, mantas de algodón, seda china, cobre o estaño, sino también que algunos llevaban libros que circulaban por las rutas comerciales establecidas desde tiempos inmemoriales.

Todas estas fuentes de contacto entre cristianos y musulmanes hacen que, sobre todo después del siglo XI, los pensadores cristianos europeos descubran el universo de sabiduría antigua que había permanecido desconocido para ellos desde los tiempos de las últimas escuelas filosóficas griegas durante el Imperio Romano. Este siglo es, por ello, el que abrió nuevas perspectivas en el campo del conocimiento y el que hizo posible una nueva manera de hacer filosofía, al menos en la Europa cristiana.

Como se puede entrever, por estos tiempos la filosofía cristiana comenzó a abrirse a nuevos horizontes. San Agustín está perdiendo sus influencias en las formas de pensamiento que se ven modificadas por las nuevas fuentes de la filosofía. Los filósofos cristianos comienzan, después de varios siglos, a estimar algunos estadios del saber

que habían permanecido subvalorados por esta tradición, esto es, la física, la astronomía y las demás ciencias de la naturaleza.

Sabemos que una parte central de la filosofía de Aristóteles es la que tiene que ver con su concepción del universo y, por ende, su fundamentación desde la Filosofía Primera. Además, que su noción cosmológica aparece relacionada con las descripciones matemáticas que había hecho Ptolomeo de los movimientos celestes. Esta nueva visión del universo permite a los filósofos cristianos de la tardía Edad Media empezar a concebir un universo distinto al que habían heredado del pensamiento neoplatónico y agustiniano, aunque las nuevas concepciones del universo no aparecieron en un lapso de tiempo muy corto. El aclimatación de la *nueva* filosofía de origen griego fue lento, arduo y sometido a complejos menesteres sociales y religiosos. Es por ello que novedosas teorizaciones sobre la naturaleza del universo comenzaron a florecer desde el temprano siglo XI. Lento proceso que movió los hilos de las investigaciones sobre el cosmos hasta bien entrado el siglo XIV⁹².

En el desarrollo de este pensamiento cristiano de nuevo cuño, juegan un papel vital las traducciones de los libros clásicos en griego, árabe y sirio, a la lengua literaria de los europeos occidentales, el latín. “La obra de los traductores precedió, pues, y condicionó la obra de los filósofos y los teólogos”⁹³. Sobre este proceso nos dice E. Gilson:

Allí [en la Universidad de París] es donde, desde los primeros años de su actividad, aparecen por vez primera las traducciones de Aristóteles y de sus comentadores árabes. Por lo demás, muy pronto es leída y comentada en París una traducción de la Metafísica, hecha directamente sobre un texto griego, que acababa de llegar de Constantinopla. Los maestros ilustres que enseñan entonces en París –Guillermo de Auxerre

⁹² Sin embargo, es bueno reiterar que el punto de vista que defendemos aquí ha sido debatido una y otra vez, desde la consabida posición del llamado oscurantismo medieval o, en otras palabras, la negación radical de la existencia de actividad científica durante toda la Edad Media, como se afirma desde ciertas posturas positivistas.

⁹³ Gilson, *El espíritu de la filosofía medieval*, 354.

(t hacia 1237) y Felipe de Grève (t 1236), por ejemplo– no ignoran esta masa de ideas nuevas que comienzan a afluir. Guillermo de Alvernía (t 1249) reconoce la superioridad de la física de Aristóteles para la explicación del mundo sublunar, conoce y admira a Ben Gabirol y critica gran parte de la doctrina de Avicena. En los años siguientes se asiste a la llegada progresiva de las obras de Averroes. Rogerio Bacon y Alberto Magno comienzan a citarlo por los años 1240-1250, sin que parezcan aún comprender exactamente el sentido de su doctrina, ni, por consiguiente, el nuevo peligro que oculta; pero Alberto no tardará en advertirlo y, casi simultáneamente, San Buenaventura sabrá denunciarlo. Entonces comienza la gran época de la teología y de la filosofía escolásticas; dicha época coincide con el esfuerzo que los pensadores cristianos realizan para canalizar o para contener la marea greco-árabe⁹⁴.

Y continúa Gilson:

Los primeros comentarios de obras científicas de Aristóteles parecen ser de origen inglés; por lo demás, Oxford se distinguirá durante todo el siglo XIII por un interés vivo y constante por el estudio de las ciencias, que contrasta con el afán por los estudios lógicos que entonces reinaba en París. [...] Daniel de Morley, que perteneció al círculo de traductores de Toledo, es autor de un Liber de naturis inferiorum et superiorum en el que, desde la segunda mitad del siglo [XII], se utilizan el De naturali auditu (Física), el De caelo et mundo y el De sensu et sensato de Aristóteles. A comienzos del siglo XIII, Miguel Escoto (t 1235) traduce los comentarios de Averroes al De caelo et mundo, al De sphaera de Alpetragio (Al Bitrogi), al De animalibus de Avicena, y quizá al De anima, a la Metafísica y al De substantia orbis de Averroes. No es menos importante para la historia del movimiento inglés la obra de Sareshel (Alfredus Anglicus). Traductor del apócrifo aristotélico De vegetalibus, de un apéndice aviceniano a los Meteoros, conocido con el título de Liber de congelatis, es también autor de un tratado De motu cordis (anterior a 1217), en el que un neoplatonismo inspirado en el Timeo y en Boecio –análogo, por lo demás, al de los chartrianos– se alía con la doctrina emanatista del Liber de causis y con la psicología

⁹⁴ Gilson, *El espíritu de la filosofía medieval*, 362. Las barras son mías.

de Aristóteles que acababa de descubrir. Alfredo se propone demostrar cómo el alma mueve al cuerpo por medio del corazón, tesis que ocupará un lugar destacado en la antropología de Alberto Magno. Ahora bien, este mismo Alfredo ha escrito también Comentarios al De vegetalibus y a los Meteoros que, al parecer, hacen de él el más antiguo de los comentaradores conocidos de los escritos científicos de Aristóteles, o atribuidos a Aristóteles (A. Pelzer). Recientemente, otros nombres ingleses han venido a unirse al suyo. Adán de Bocfeld, autor de Comentarios al De caelo et mundo, a los Meteoros, a la Metafísica (en su traducción árabe-latina) al De generatione et corruptione, al De sensu et sensato; Adán de Bouchermefort, comentador del De anima, de la Física, del Liber de causis y del De generatione et corruptione. Además de estas atribuciones actualmente tenidas por ciertas (M. Grabmann), se han propuesto otras como probables; pero éstas son suficientes para demostrar que la curiosidad intelectual de estos ingleses desbordaba ampliamente el ámbito de la lógica. Aun cuando no se pueda precisar exactamente la fecha de sus comentarios, existe la certeza de que se remontan a la primera mitad del siglo XIII, es decir, al tiempo en que hemos visto aparecer o formarse en Inglaterra hombres tan profundamente impregnados de este espíritu nuevo como Roberto Grosseteste, Tomás de York, el autor de la Perspectiva communis, Juan Peckham, y Rogerio Bacon⁹⁵.

Muchos de los logros de estos autores no se quedan en el simple comentario de las obras científicas de Aristóteles. Tales comentarios son a la vez interpretación y crítica, y, por ende, la penetración en la Europa cristiana de una nueva forma de pensar la física, las ciencias naturales y, por supuesto, la metafísica.

Ahora bien, “De hecho la naturaleza medieval existe, pero no es ni la de la filosofía griega ni la de la ciencia moderna, aunque conservara mucho de la primera y la segunda quizá haya guardado algo”⁹⁶, nos dice E. Gilson. Se ha llegado a señalar que los filósofos medievales conservan el saber sin incluir ninguna innovación y, como consecuencia, se convirtieron en meros traductores o comentaradores

⁹⁵ Gilson, *El espíritu de la filosofía medieval*, 511-512. Las barras son mías.

⁹⁶ Gilson, *El espíritu de la filosofía medieval*, 333-334.

de las obras clásicas griegas. Es decir, que sus especulaciones acerca del cosmos son las mismas que las de Aristóteles, Teofrasto o Ptolomeo. Y, en segundo lugar, que el trabajo filosófico de los medievales fue opuesto a las investigaciones acerca del mundo empírico que hicieron los griegos, no como un progreso o perfeccionamiento de la ciencia griega, sino como retroceso e incluso una mala ciencia que se diferenciaba de ella. Por el contrario, debemos decir que, para los filósofos medievales, según se veían a sí mismos, su época o su tiempo, era una prolongación de la antigüedad. Una continuación histórica y, a la vez, en el campo de la filosofía –incluido todo lo que tiene que ver con las investigaciones acerca del Cosmos–. Estaban convencidos de dicha continuidad. Otra cosa es la separación radical que los modernos en tiempos de Galileo y Descartes, además de nosotros, pretendemos poner entre esas grandes épocas.

Pero, ¿hicieron los medievales, al menos después del siglo XI, un estudio científico de la naturaleza, que es lo que han negado los positivistas y muchas historias de la filosofía y de la ciencia? ¿Existen tales investigaciones de la naturaleza del mundo y del Cosmos? Veamos un interesante resumen sobre este asunto de E. Gilson, que nos puede dar cierta luz para solucionar dicha cuestión:

Santo Tomás estima que los movimientos de los cuerpos inferiores son causados por los de los cuerpos celestes, y que los fenómenos del mundo sublunar son regidos por los movimientos de los astros. Alberto Magno y Rogerio Bacon fueron aún más lejos; de hecho, este último no vacila en hacer el horóscopo de las religiones, inclusive el de una determinación de los fenómenos naturales, no es extraño que se concibiera la idea de un estudio propiamente científico de la naturaleza. Roberto Grosseteste deja muy atrás la física aristotélica de las formas cuando las reduce todas a la luz, cuya ciencia depende de la óptica y finalmente de la sola geometría. Rogerio Bacon sigue la misma vía, y la insistencia con que reclama una ciencia experimental, aunque nada hiciera por constituir-la, testimonia un sentido justo de lo que puede ser una demostración verdaderamente científica⁹⁷.

⁹⁷ Gilson, *El espíritu de la filosofía medieval*, 335-336.

Aunque la determinación de los fenómenos naturales por los astros hoy no es caracterizada como ciencia, pues la astrología se acerca más al misticismo y a la adivinación, durante los tiempos de Santo Tomás de Aquino, Alberto Magno, Bacon y Grosseteste, e incluso hasta Kepler, no hay una clara distinción entre la astronomía como ciencia –en sentido moderno– y la astrología como pseudo-saber sustentado en cuestiones adivinatorias. Como no existía una clara distinción, los astrónomos-astrólogos se movían entre las observaciones de los movimientos celestes, el registro exhaustivo de dichos movimientos, la consiguiente teorización sobre la naturaleza del universo y la creencia milenaria de la participación de los astros en los destinos de la humanidad. En consecuencia, las estimaciones acerca del conocimiento de los cielos, por una razón u otra, conllevan un cierto conocimiento de él y, por ende, a las subsecuentes concepciones cosmológicas.

Según E. Gilson, en *La filosofía en la edad media*, en el siglo XII, aparecen en la Europa cristiana varias obras enciclopédicas que se ocupaban del universo y de su estructura. Esas obras no se diferencian unas de otras y aquello que las distingue es la acentuación que le ponen a ciertos temas que de todas maneras son comunes a todas. Esta es la razón por la cual E. Gilson sugiere que al examinar cualquiera de esas obras, se puede sustentar y deducir la concepción del universo que tenían los filósofos cristianos de este siglo –una buena pista para mostrar que ellos, y otros medievales, sí especulaban sobre la naturaleza del cosmos–. Para ello nos remite a una obra llamada *De imagine mundi* de un autor de nombre Honorius Augustodunensis (Honorio de Autun)⁹⁸:

⁹⁸ Según E. Gilson la obra de Honorio de Autun se clasifica al lado de la de Guillermo de Conches, otro famoso enciclopedista del siglo XII, es decir, que sus obras eran de divulgación, como toda enciclopedia. Y continúa Gilson: “Cometeríamos un grave error si buscáramos en ellas –así se ha hecho– la imagen de la ciencia de su tiempo. En el *De imagine mundi* no se encuentra nada comparable a las doctrinas de Thierry de Chartres, de Gilberto de la Porrée, de Abelardo o de San Bernardo, doctrinas que fueron obra de los espíritus verdaderamente creadores del siglo XII. Igualmente, en el siglo XIII, la expresión fiel del saber de esta época se encuentra en las obras de Alberto

¿Qué es el mundo? Mundus dicitur quasi undique motus: la palabra mundus, o mundo, significa “en movimiento por todas partes”, porque se encuentra en movimiento perpetuo. Es una bola cuyo interior está dividido como el de un huevo; la gota de grasa que hay en el centro de la yema es la Tierra; la yema es la región del aire cargada de vapores; la clara es el éter, y la cáscara del mundo es el cielo. El origen del mundo es su creación por Dios. Primeramente, el mundo es concebido en el pensamiento divino antes del comienzo de los siglos: tal concepción engendra el arquetipo del mundo⁹⁹.

No hay una diferencia esencial con respecto a la cosmología de origen aristotélico. Sin embargo, hay una variación notable en este modelo del mundo: los primeros principios o las primeras causas que presuponen la existencia del mismo, no son las de Aristóteles; de hecho, la entidad causal que fundamenta esta concepción se encuentra en las Sagradas Escrituras.

Es evidente que los filósofos cristianos no se alejan mucho de Aristóteles, pero lo es también que hay pequeñas y, sin embargo, notables variaciones que le dan cierta originalidad a la cosmología cristiana. Veamos otro ejemplo:

El mundo, tal como es actualmente, está hecho de cuatro elementos. Elemento significa a la vez hyle (materia) y ligamento. Efectivamente, la tierra, el agua, el aire y el fuego son la materia de que todo ha sido hecho, y se ligan entre sí en el curso de una incesante revolución circular. El fuego se transforma en aire, el aire en agua, el agua en tierra, y después, a su vez, la tierra en agua, el agua en aire y el aire en fuego. En efecto, cada elemento posee dos cualidades: una de ellas le es común con otro elemento, y se puede decir que, gracias a estos elementos comunes

Magno, Rogerio Bacon, San Buenaventura y Santo Tomás de Aquino...” (Gilson, *El espíritu de la filosofía medieval*, 303-304).

⁹⁹ Gilson, *La filosofía en la Edad Media*, 297-298. Sobre el sentido de la palabra “mundo”, San Isidoro de Sevilla escribe: “Mundus (Mundo) es el compuesto del cielo, tierra, mar y todas las estrellas; se llama así porque siempre está en movimiento, in motu; sus elementos no tienen descanso alguno.” Isidoro de Sevilla. *Etimologías* (Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos, 1951), 88.

se dan la mano. Fría y seca, la tierra está ligada al agua por medio del frío; fría y húmeda, el agua se une al aire por la humedad; el aire, que es húmedo y cálido, se asocia al fuego en virtud del calor, y, por fin, el fuego, que es cálido y seco, se une a la tierra mediante la sequedad. La tierra, el más pesado de los elementos, ocupa la parte baja del mundo; el fuego, que es el más ligero, ocupa el lugar más elevado; al agua se sitúa cerca de la tierra, y el aire más cerca del fuego. La tierra soporta a lo que camina, como el hombre y las bestias; el agua, a lo que nada, como los peces; el aire, a lo que vuela, como los pájaros; el fuego, a lo que brilla, como el sol y las estrellas.

Hay que empezar por la Tierra, puesto que ocupa el centro. Tiene forma redonda. Si se le mirase desde lo alto, se verían las montañas y los valles como rugosidades menores que las que se aprecian en una pelota sostenida en la mano. [...] Situada exactamente en el centro del mundo, no descansa en nada salvo en el poder de Dios. Por lo demás, leemos en la Escritura: No me temáis –dice el Señor– a Mí, que he suspendido la tierra en la nada, pues está fundada en su estabilidad (Salmo CIII, 5). En otras palabras: como cualquier elemento la Tierra ocupa el lugar conveniente a su cualidad distintiva¹⁰⁰.

Esta concepción del mundo terrestre, esto es, lo que hay entre la esfera de la Luna y el centro del mundo –donde se ubica la Tierra–, puede *parecer*, en sentido estricto, lo que Aristóteles pensaba sobre la naturaleza de la región sublunar. Sin embargo, podemos señalar diferencias fundamentales con la noción del mundo citada. Por ejemplo, Aristóteles pensaba que entre la esfera de la Luna y el centro del universo sólo hay un tipo de movimiento. Dicho movimiento es el rectilíneo hacia y desde el centro, dependiendo de la naturaleza de los elementos, esto es, si son graves o leves. Así, los graves que son la Tierra y el Agua se mueven *naturalmente* hacia el centro; y los leves, o sea, el Aire y el Fuego, se mueven *naturalmente* desde el centro. Los demás movimientos existentes allí, verbigracia, los de los proyectiles o los móviles que se desplazan entre dos puntos A y B, ya sea por trayectorias curvas, circulares, rectas o cualquiera

¹⁰⁰ Gilson, *La filosofía en la Edad Media*, 298. Las barras son mías.

otra, no son movimientos naturales sino movimientos violentos, es decir, movimientos que se hacen contra la naturaleza de los elementos materiales que hay en el mundo sublunar, que deben ocurrir hacia o desde el centro del universo.

Ahora miremos de cerca lo citado: los cuatro elementos que componen el mundo sublunar se relacionan entre sí en “una incesante revolución circular”. Como si el movimiento circular en esta región fuera el natural. De hecho, Aristóteles no concibe el movimiento circular entre la esfera de la Luna y el centro del cosmos. Es un absurdo. Este movimiento es propio de la perfección, inmutabilidad y eternidad de los cielos, constituido por la quinta-esencia o el éter. De existir bajo la esfera lunar sería imperfecto, corruptible y cambiante, de ninguna manera natural. ¿No es ésta una posición distinta a la concebida en la física aristotélica? ¿No se nos plantea una concepción del mundo esencialmente distinta? Además de que, hablando de la Tierra “no descansa en nada salvo en el poder de Dios”, es decir, que una de las razones por las cuales la Tierra está en el centro del universo es el poder de Dios, en otras palabras, un argumento metafísico y teológico. Sin embargo, al lado de este argumento aparece uno de carácter físico, o si se quiere, filosófico: la “Tierra ocupa el lugar conveniente a su cualidad distintiva”. Eso sí, como se puede ver, un argumento aristotélico.

La cosmología tomista

La nueva filosofía cristiana, en el siglo XIII, aparecerá sobre la base conceptual de la filosofía de Aristóteles. El más grande de los filósofos de esta época, que se ocupa de su física, es Santo Tomás de Aquino (1224 o 1225-1274). Se ha afirmado –como se ha dicho muchas veces hablando de Santo Tomás o de cualquier otro filósofo medieval– que éste lo que hace es parafrasear a Aristóteles y que sus propuestas cosmológicas son meros comentarios a las especulaciones sobre el mundo que aparecen en la magna obra del filósofo. Es importante mencionar que, pese a lo que ha sostenido la tradición

positivista, se pueden establecer diferencias sustanciales entre la obra de los dos pensadores. Según E. Gilson:

Por muy grande que fuese su admiración hacia el filósofo griego, Alberto Magno y Santo Tomás de Aquino jamás se habían propuesto como fin la simple asimilación de su doctrina. Puede decirse, por el contrario, que su fe cristiana les había liberado previamente de todo servilismo respecto de la letra de Aristóteles. Estos teólogos habían visto desde el principio que, si bien el peripatetismo contenía verdades, no era, sin embargo, la verdad; de ahí aquella vigorosa rectificación de las posiciones falsas, de la que nacería el tomismo. Pero entre los mismos contemporáneos de Santo Tomás los habrá que reaccionarán, ante la influencia de Aristóteles, de manera muy diferente¹⁰¹.

En este orden de ideas podemos hacer algunas consideraciones generales sobre las investigaciones del mundo natural de Santo Tomás. Para ello, no se puede olvidar que su trabajo tenía la intención de hacer compatible la ciencia antigua –sobre todo la cosmología aristotélica– con la fe cristiana. Este objetivo mediatizaba cualquier intención de tipo filosófico. El resultado, en primer lugar, es la aceptación y explicación *casi* literal de algunos principios de la visión aristotélica del mundo. Por ejemplo, desde este punto de vista Thomas Kuhn, nos hace saber que:

La estructura física y cosmológica del nuevo universo cristiano era básicamente aristotélica. Santo Tomás [...] el escolástico que contribuyó de forma más decisiva a montar la trama de dicha estructura, describe la perfección y el apropiado carácter de los movimientos celestes en términos que, excepto por su claridad, muy bien podrían haber sido escritos por el mismo Aristóteles: “Por consiguiente, se desprende de la naturaleza intrínseca del material de los cielos la imposibilidad de generación y corrupción en los mismos, puesto que es el primer tipo de cuerpos alterables y el más similar por su naturaleza a los intrínsecamente inmutables. {El único cuerpo auténticamente inmutable en el universo cristiano es Dios, del que procede todo cambio en la tierra y

¹⁰¹ Gilson, *La filosofía en la Edad Media*, 517.

en el cielo.} De ahí que los cielos sólo experimenten el mínimo absoluto de cambios. El movimiento es su única alteración, y ésta {a diferencia de los cambios de dimensión, peso, color, etc.} no modifica en lo más mínimo su naturaleza intrínseca. Además, de todos los tipos de movimiento a los que podría verse sometido, el suyo es el circular, el que produce un mínimo de alteraciones ya que la esfera, considerada como un todo, no cambia de lugar”¹⁰².

Pero, ¿de qué alteraciones –por leves que sean– habla Santo Tomás, si según Aristóteles el mundo celeste, esto es, lo que hay entre la esfera de la Luna y la esfera de las estrellas fijas, es pura perfección, inmutabilidad y eternidad? Santo Tomás está permitiendo, de alguna manera, “leves” imperfecciones en los cielos. Sin embargo, ¿no eran dichas imperfecciones en el mundo celeste –por mínimas que sean– el principal argumento de los modernos para destruir la cosmología aristotélica? ¿No es lo que Galileo demostró cuando observó los satélites de Júpiter, la superficie irregular de la Luna y las manchas solares? ¿No eran las “alteraciones” que encontró Galileo lo que llevó a dudar a Kepler de la perfección de los cielos cuando aparecen cuatro planetas alrededor de Júpiter atentando contra la armonía, el orden y la perfección del Cosmos de las seis esferas planetarias, sostenidas por los cinco sólidos regulares, en el presupuesto kepleriano de que Dios había creado el mundo con una regularidad matemática tal, que no es posible que tenga más de seis planetas? ¿No era la perfección o la imperfección de los cielos lo que estaba en el fondo de la discusión de Galileo con los jesuitas, a propósito de si los cometas se mueven por encima o por debajo de la esfera lunar, como se discute en *Il saggiatore*? ¿No es ese cielo inalterable el que Descartes disuelve con su universo ilimitado?

Lo que es claro aquí es que el cielo de Santo Tomás no es el mismo de Aristóteles. A fin de cuentas, su universo no es tan *literalmente*

¹⁰² Kuhn, *La Revolución copernicana*, 154-155. El texto citado de Santo Tomás de Aquino por Kuhn es *Commentaria in libros Aristotelis “De Caelo” et “De mundo”*, en *Opera omnia*, III, Sacra Congregatio de Propaganda Fide, Roma, 1886, p. 24. Las barras son mías.

aristotélico. Sin embargo, lo central no es que sus universos sean distintos, sino cuál es la razón que llevó a Santo Tomás a afirmar dicha cuestión. La cosmología de Aristóteles que él recibe, estaba mediada por dieciséis siglos de observaciones astronómicas –intermitentes, pero justas y válidas–, hechas por los alejandrinos y los árabes. Las variaciones entre las diversas observaciones hicieron cada vez más compleja la correspondencia entre este modelo teórico y los fenómenos observados. Además de que en tiempos de Santo Tomás la cosmología de Aristóteles aparece al lado de las descripciones matemáticas de los movimientos celestes de Ptolomeo, que corrían con el mismo problema: once siglos de observaciones y, por lo tanto, de nuevas imprecisiones cada vez que se observaba de nuevo¹⁰³. Uno y otro evento son insoslayables a la hora de proponer una nueva teoría, pues la revisión de las antiguas cosmologías se había convertido en una ardua y complicada labor que exigía nuevas observaciones y precisiones que Santo Tomás no podía llevar a cabo porque no era astrónomo ni matemático. Sólo podía especular de la misma manera que lo había hecho Aristóteles: acerca del orden cualitativo del universo, mas no sobre su cuantificación basada en la observación empírica. Opta por una especie de cielo intermedio: aristotélico, pero que permitía ciertas alteraciones producto de la dificultad misma que enfrentaba como cosmólogo y no como observador o matemático.

Y, en segundo lugar, las explicaciones resultantes cuando se presentaban incompatibilidades sustanciales de la cosmología de Aristóteles con la doctrina cristiana. Este trabajo es fecundo y novedoso, ya que la obra aristotélica se veía sustentada teóricamente desde una nueva dimensión. Acudamos de nuevo a Th. Kuhn:

Según las Escrituras, Cristo “ascendió más allá de todos los cielos para completar todas las cosas” (Carta a los Efesios 4:10). Tomás de Aquino consiguió ajustar este fragmento de la historia cristiana a un universo

¹⁰³ Es importante tener en cuenta que las posiciones de las estrellas varían con respecto al movimiento aparente del Sol y de los planetas. La variación de la posición del Sol con respecto a las estrellas fijas fue señalada por Hiparco de Nicea en el siglo II a. C., cuando calculó su desplazamiento con respecto a ellas, de aproximadamente un día (o un grado) cada 71 años.

de esferas, pero para conseguirlo tuvo que resolver muchos y variados problemas, entre ellos el siguiente:

“No parece demasiado adecuado a la naturaleza de Cristo afirmar que ascendió a los cielos, pues el filósofo {Aristóteles} dice (Del cielo, libro II) que las cosas que están en un estado de perfección poseen su bien sin movimiento. Pero Cristo estaba en un estado de perfección {...}. Por consiguiente, tenía su bien sin movimiento. Pero la ascensión es movimiento, de donde se desprende cuán impropio era para Cristo ascender {...}.

Además, tal como se demuestra en el libro I Del cielo, no hay lugar alguno por encima del cielo. Pero todo cuerpo debe ocupar un lugar. Por consiguiente, el cuerpo de Cristo no ascendió por encima de todos los cielos {...}.

Además, dos cuerpos no pueden ocupar un mismo lugar. Puesto que no hay forma de pasar de un lugar a otro si no es a través del espacio intermedio, no parece posible que Cristo se haya elevado más allá de todos los cielos a menos que {las esferas de cristal de} éstos se hayan dividido, lo cual es imposible”¹⁰⁴.

Esta noción del universo es la que van a recibir los modernos desde Copérnico hasta Descartes. Una cosmología o visión de la estructura del universo a la vez aristotélica y cristiana, con las consabidas dificultades que este acontecimiento conllevaba, entre otras, la misión de hacer compatibles dos tradiciones diferentes, la filosofía griega y la fe cristiana; hacer actuales conceptos y teorías de dieciséis siglos de antigüedad después de múltiples interpretaciones, comentarios y traducciones; y “el extremo detalle y erudición con que estaban confeccionadas sus obras [las de Santo Tomás] oscurecían la estructura general del nuevo universo cristiano que comenzaba a emerger a finales de la Edad Media”¹⁰⁵. En otras palabras, un nuevo sistema del mundo que por las dificultades que planteaba, se asemejaba a

¹⁰⁴ Kuhn, *La Revolución copernicana*, 56. El texto citado de Santo Tomás de Aquino por Th. Kuhn es *Summa theologiae*, 3.57.1-4.

¹⁰⁵ Kuhn, *La Revolución copernicana*, 57. Las barras son mías.

las tradiciones cosmológicas que le dieron origen, la aristotélica y la cristiana. En adelante, o se asumirán ambas como una especie de híbrido teórico, o por separado, una como cosmología aristotélica y la otra como especulación teológica.

Las especulaciones cosmológicas de los nominalistas de París

Como se insinuó al comienzo de este escrito, los modernos –desde Copérnico hasta Descartes– recibieron su formación filosófica en las universidades europeas escolásticas, en las que se daba por sentado la autoridad intelectual de Santo Tomás y de Aristóteles. En esta pretendida unidad en la que la traducción, el comentario y la crítica sobre este último, que germinó en un nuevo estilo de pensamiento, podemos evidenciar argumentos claros sobre la correspondencia directa entre la metafísica o la Filosofía Primera, y la física como aquella ciencia que trata de todo proceso de generación y corrupción. Pero es allí también donde, en segundo lugar, vamos a encontrar los primeros trabajos que van a privilegiar la física como teoría del cambio de lugar. Y esta es la línea de investigación que siguieron los modernos desde Copérnico hasta Galileo, por supuesto, con frecuentes recurrencias a la metafísica o a la teología, de vez en cuando, como, por ejemplo, en el caso de Bruno y del proyecto inicial del *Mysterium cosmographicum* de Kepler.

En este orden de ideas, la filosofía explorada en una porción del saber, en la física, sólo como teoría del cambio de lugar, en sus dos divisiones teóricas: la astronomía o la física celeste y la física de los movimientos de la región sublunar. Asunto que Descartes cambió cuando vuelve a concebir la filosofía como un todo, a la manera aristotélica, como totalidad del conocimiento, donde la metafísica es su parte más importante.

Esta parcelación de la filosofía en los límites de la física como teoría del cambio de lugar, comienza en el siglo XIV en la escuela nominalista de París con Guillermo de Occam, Jean Buridan y Nicolás de Oresme.

Allí no vamos a encontrar una metafísica al estilo de la de Aristóteles o de Santo Tomás, sino una analítica más detallada y más precisa de la física como teoría del movimiento, en sentido restringido. Thomas Kuhn llama a este trabajo “importantes anticipaciones al pensamiento copernicano”, aunque sus métodos sean “típicamente escolásticos”¹⁰⁶. De hecho, lo escolástico y lo copernicano no riñen como ha querido dar a entender cierta rama de la historia de la ciencia.

Según Kuhn, Oresme en su obra *Le livre du ciel et du monde*, criticaba el principio aristotélico sobre la unicidad de la Tierra. Escribe Kuhn:

*Aristóteles afirmaba que, en caso de existir dos tierras en el espacio (y cuando la tierra se convierte en un planeta lo que hay son seis “tierras”), ambas caerían hacia el centro del universo para unirse en una sola, pues la tierra tiene un modo natural a ocupar el centro del espacio. Esta demostración, dice Oresme, no tiene validez alguna, pues presupone una teoría del movimiento que no ha sido probada. Quizá la tierra no tienda naturalmente hacia el centro, sino hacia otros fragmentos de tierra próximos. Nuestra tierra tiene un centro, y tal vez sea hacia él, independientemente de la posición que ocupe dentro del universo, [...] Según esta teoría oresmiana, el movimiento natural de un cuerpo se halla gobernado, no por la posición que ocupa en un espacio aristotélico absoluto, sino por su posición relativa con respecto a otros fragmentos de materia*¹⁰⁷.

Asombrosa especulación que deja indeterminada la cuestión del espacio absoluto de Aristóteles. No hay, pues, demostración de que el espacio sea como este último lo concebía, por lo tanto, no sólo se puede permitir una argumentación que lo niegue, sino que lo demuestre lógicamente. Kuhn va más allá cuando afirma: “Esta tesis representa algo así como un requisito previo para las nuevas cosmo-
logías de los siglos XVI y XVII”¹⁰⁸.

¹⁰⁶ Kuhn, *La Revolución copernicana*, 61.

¹⁰⁷ Kuhn, *La Revolución copernicana*, 161-162. Las barras son mías.

¹⁰⁸ Kuhn, *La Revolución copernicana*, 162.

Además de dejar indeterminada esta cuestión que no se discutía, al menos, desde la autoridad de Aristóteles, pues la Tierra se ubicaba en el centro del mundo y tenía forma esférica, por estar constituida de materia pesada, Oresme discute también el principio de la cosmología aristotélica: la inmovilidad de la Tierra. Así anota:

*Parto del supuesto de que el movimiento local sólo puede ser percibido cuando un cuerpo altera su posición con respecto a otro. Por tal razón, un hombre situado sobre un navío a que se mueva con uniformidad, rápida o lentamente, y que tan sólo puede ver otro navío b que se mueva del mismo modo que a, {...} tendrá la sensación de que ninguna de ambas naves está en movimiento. Si a está en reposo y b en movimiento, creerá que b se mueve; pero si es a el que está en movimiento y b el que permanece en reposo, seguirá creyendo, como en el caso anterior, que a está en reposo y b es el que se mueve {...}. Así pues, afirmo que si, de las dos partes del universo mencionadas anteriormente, la superior {o celestial} gozara hoy de movimiento diario, **tal como es el caso**, mientras que la inferior {o terrestre} permaneciera en reposo, y si mañana se invirtiera la situación y la parte inferior gozara de movimiento mientras que la otra, el cielo, careciera de él, seríamos incapaces de apercibirnos en lo más mínimo de tal mutación, pues lo mismo veríamos hoy que mañana. En uno y otro caso tendríamos la sensación de que permanece en reposo la parte sobre la que estamos situados mientras se mueve la parte restante del universo, de forma totalmente idéntica a lo que le sucede a un hombre a bordo de una nave que cree ver en movimiento los árboles situados en la orilla¹⁰⁹.*

“Tal como es el caso”, es decir, se presume de antemano la veracidad de Aristóteles, sin embargo, en última instancia, da lo mismo mover la tierra que dejarla quieta para efectos de explicar los mismos fenómenos. Esto es lo más importante que se puede entresacar de este punto de vista oresmiano. De hecho, es un argumento similar a los que fueron usados en los siglos XVI y XVII para refutar el sistema absoluto del mundo aristotélico, pues es el mismo ejemplo que fue

¹⁰⁹ Nicolás de Oresme, “Le Livre du Ciel et du Monde”, en Koestler, *Los sonámbulos*, 162-163.

usado por Copérnico, Bruno y Galileo, para demostrar, desde el llamado Principio de Relatividad del Movimiento¹¹⁰, que los movimientos descritos dependen del observador, y por ende, tratar de demostrar que los argumentos aristotélicos sobre la inmovilidad de la Tierra no eran tan concluyentes, que era como se querían presentar entre los siglos XVI y XVII, por la filosofía tradicional. Oresme no va más allá de la argumentación misma y no llega a las consecuencias que se podrían haber sacado de tan preciso razonamiento –como sí lo hicieron los mencionados Copérnico, Bruno y Galileo, además de Kepler y Descartes–. Oresme, de todas maneras, sigue convencido de que Aristóteles tiene razón, como es evidente: es un hecho que la parte superior del universo es la que se mueve y la Tierra está quieta, que, como dice Kuhn, “... la elección entre una tierra inmóvil y una tierra en rotación debe ser una simple cuestión de fe”, y continúa, “ningún argumento, dice, sea lógico, físico, o incluso bíblico, puede refutar la posibilidad de una rotación diaria de la tierra”¹¹¹.

Sin embargo, las críticas de los nominalistas de París no se quedan sólo en exponer lo poco concluyentes que pueden ser los argumentos aristotélicos acerca de la afirmación de una Tierra estática. Para ellos no podía pasar desapercibida una de las explicaciones “físicas” de Aristóteles más problemáticas. Se trataba del mencionado fenómeno de antiperístasis. Según Kuhn:

*[La explicación de este fenómeno] creó dificultades casi de inmediato. Juan Filopón, el comentarista cristiano del siglo VI que registra el primer enfrentamiento con la teoría de Aristóteles, atribuye su propia solución parcial a la teoría del impetus al astrónomo helenístico Hiparco. La mayor parte de los comentaristas restantes se vio como mínimo desazonada por este aspecto del pensamiento aristotélico. Quizá nadie, ni el propio Aristóteles, haya tomado nunca en serio la idea del aire actuando como propulsor*¹¹².

¹¹⁰ Por supuesto, conceptos diferentes en su concepción para cada uno de ellos, tanto en su fundamentación como en su aplicación como principio físico.

¹¹¹ Kuhn, *La Revolución copernicana*, 162.

¹¹² Kuhn, *La Revolución copernicana*, 166. Las barras son mías.

La explicación de la antiperístasis era bastante problemática. Ello no quiere decir, que por tal razón carezca de seriedad. De hecho, si Aristóteles lo explicó de esa forma era porque no lo podía hacer de otra manera. Un proyectil, como cualquier cuerpo material de su universo, es movido por una causa. Esa causa es una fuerza, que *está implícita en la naturaleza* del cuerpo que se mueve, desde, hacia o alrededor del centro, o en su defecto, un móvil cualquiera que, para desplazarse, la fuerza *tiene que estar en contacto directo* con él. Es el caso de los proyectiles: no tienen un movimiento natural hacia arriba o uno horizontal; su movimiento natural es hacia abajo, sin embargo, lo vemos moverse de esta manera. ¿Dónde está la fuerza que lo mueve? Según Aristóteles, el aire que desplaza el proyectil en su recorrido, se desplaza hacia atrás impulsándolo hacia adelante.

Tal vez este argumento no sea muy convincente, pero lo que no podemos olvidar es que éste estaba inscrito en el corpus teórico de la dinámica aristotélica y, posiblemente, no había otra manera –como muchas otras argumentaciones o teorías de la ciencia antigua que hoy nos pueden parecer descabelladas– de demostrar “físicamente” el movimiento de los proyectiles, cuya naturaleza escapaba a la clasificación de los movimientos rectilíneos y circulares.

Según Buridan, “se pretende saber si un proyectil, una vez abandona la mano de quien lo arroja, sigue en movimiento por acción del aire [...]. Creo que tal pregunta es muy difícil de responder, pues Aristóteles, según mi parecer, **no ha sabido resolver satisfactoriamente el problema**”¹¹³. Contrario a lo que pensaban muchos modernos, entre ellos Galileo –como es evidente en su *Diálogo*–, los medievales cristianos sí establecieron, de alguna manera, una severa crítica a los aspectos de la filosofía de Aristóteles que encontraban problemáticos. Aunque asumían su autoridad, también veían que ciertas partes de esa filosofía eran contradictorias entre sí o poco concluyentes o falsas. Por tal razón se atrevieron a ir más allá de dicha filosofía, con

¹¹³ Jean Buridan, “Quaestiones Super Octo Libros Physicorum”, en Kuhn, *La Revolución copernicana*, 166. Las negrillas son mías.

todo lo que ello significa. En el caso de Buridan y el movimiento violento de los proyectiles, la solución se plantea en estos términos:

Así pues, podemos y debemos afirmar que en la piedra, o en cualquier otro proyectil, se halla impreso algo que constituye la fuerza motriz del proyectil en cuestión. Evidentemente, tal suposición es mucho mejor que caer de nuevo en la afirmación de que el aire quiere continuar moviendo el proyectil ya que lo cierto es que parece resistirse a ello {...}. {El ente propulsor} imprime un cierto ímpetus o fuerza motriz al cuerpo en movimiento, impulso que actúa según la dirección en que ha sido lanzado el proyectil, ya sea hacia arriba o hacia abajo, lateral o circularmente. El ímpetus otorgado al cuerpo por parte del motor tiene un valor superior al necesario para imprimir su actual velocidad, siendo precisamente tal ímpetus el que permite a la piedra continuar su movimiento una vez ha dejado de actuar el motor. No obstante, dicho ímpetus disminuye continuamente a causa de la resistencia presentada por el aire y de la gravedad de la piedra, que tira de ella en dirección contraria hacia la que se sentiría naturalmente predispuesto a mantenerla el ímpetus. Así pues, el movimiento de la piedra va haciéndose cada vez más lento, hasta que llega el momento en que el ímpetus disminuye o se corrompe de tal forma que la gravedad de la piedra se sale con la suya y la hace descender hasta su lugar natural¹¹⁴.

Esta elaborada solución al problema del movimiento de los proyectiles está más cerca de la modernidad que de la filosofía de Aristóteles. El razonamiento de Buridan –al menos en lo que concierne a la antiperístasis– está fuera de la filosofía aristotélica, pues no habla del concepto de fuerza, la organización del sistema del mundo, los movimientos naturales rectilíneos y circulares, el centro del universo como lugar absoluto, las regiones sublunares y supralunares, que en la explicación de la naturaleza del movimiento en dicha filosofía son imprescindibles. Los elementos teóricos y filosóficos son otros. Como se ha podido ver, esta parte de la filosofía medieval difiere de sus antecedentes agustinianos y tomistas. No hay aquí una

¹¹⁴ Kuhn, *La Revolución copernicana*, 166-167.

justificación analítica de los fenómenos naturales desde principios metafísicos, como lo hacían los medievales.

Metafísica y ciencia

A manera de conclusión de esta parte, podríamos decir que no es desconocido el hecho de que, en la reflexión filosófica de la época, y aun teológica, la astronomía y la física ocuparan un papel preponderante, contrario a lo que se ha creído hasta el momento, sobre todo en ciertas historias de la ciencia positivistas. La necesidad, creada por los griegos, de establecer las primeras causas que hicieran posible la existencia del mundo físico –aun cuando creyeran que se alejaban de las explicaciones teológicas o mitológicas–, en vez de trazar una división radical entre el pensamiento religioso y el pensamiento racional, dejaron abierta la posibilidad de que aquella primera causa demostrada racionalmente pudiera convertirse en cualquier momento en un principio, ya no racional sino divino. Tienen razón Giorgio Colli en *El nacimiento de la filosofía* y Jean-Pierre Vernant en *Mito y pensamiento en la Grecia antigua*, cuando advierten que en sus orígenes la filosofía no reemplaza al mito –si lo entendemos como historia sagrada–, estableciendo una radical ruptura con este tipo de concepción del mundo, sino que se convierte en una continuadora de él, incluso con sus mismas pretensiones y lenguajes¹¹⁵.

En este contexto, después de la aclimatación del pensamiento aristotélico en los siglos XIII y XIV, la astronomía y la física se convierten en dos de los principales instrumentos explicativos del lugar de Dios en el mundo. Por un lado, como complemento esencial de la Filosofía Primera o de las explicaciones metafísicas, esto es, como constituyente primario de toda aquella estructura teórica que Aristóteles alguna vez llamó filosofía, entendida como totalidad del

¹¹⁵ Véase el pequeño tratado de Giorgio Colli, *El nacimiento de la filosofía* (Barcelona, Tusquets Editores, S.A., 1994); y el capítulo VII, “Del mito a la razón”, del texto de Jean-Pierre Vernant, *Mito y pensamiento en la Grecia antigua* (Barcelona, Ariel S.A., 1993), 334-364.

conocimiento humano, y por otro, como soporte de la doctrina cristiana. En el siglo XIII y los tres siguientes, el triángulo formado por la astronomía y la física, la filosofía aristotélica y la teología cristiana, no sólo hace que sean elementos correspondientes, sino también isomórficos. Por ello no es extraño encontrar claras alusiones astronómicas y físicas vinculadas con problemas filosóficos y teológicos.

Capítulo III

La astronomía matemática de Nicolás Copérnico

Muchos siglos de trabajo han hecho caer finalmente el velo que cubría al sistema del mundo. El hombre se ha visto entonces sobre un planeta casi imperceptible en medio de la vasta extensión del sistema solar, el cual a su vez no es sino un punto insensible en la inmensidad del espacio. Pero los sublimes resultados a los que este descubrimiento ha conducido son más que suficientes para consolarle por la extremada pequeñez y el rango que se asigna a la Tierra¹¹⁶.

No se crea, pues, que –como los pitagóricos– he afirmado a la ligera el movimiento de la Tierra: en mi exposición acerca de los círculos podrá hallarse un argumento de peso en su favor. De hecho, los argumentos a los que recurren los filósofos naturales para demostrar la inmovilidad de la Tierra se basan por lo común en las apariencias: son estos argumentos los primeros en derrumbarse aquí, puesto que la propia inmovilidad de la Tierra se interpreta como una apariencia¹¹⁷.

Fueron las tesis copernicanas, y no otras, las que despertaron, en el siglo XVI y el siguiente, el interés por un sistema del mundo con un Sol central –o más exactamente, más o menos central–, y una Tierra girando como un planeta cualquiera –a pesar de la antigüedad de esta teoría–, es decir, que es luego de Copérnico, y no de ningún otro pensador, cuando se consideró y se aceptó este asunto en la

¹¹⁶ Pierre-Simon Laplace. “Exposition du système du monde”, Alberto Elena, “Introducción”, en Copérnico, Digges y Galilei, *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*, 7.

¹¹⁷ Nicolás Copérnico, “Commentariolus”, en Copérnico, Digges y Galilei, *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*, 28.

historia del pensamiento. En otras palabras, luego de la publicación del libro de Copérnico en 1543, o se asume la defensa del sistema del mundo aristotélico-ptolemaico, o la defensa del sistema heliostático¹¹⁸ de Copérnico, cuyas raíces se remontan hasta el período helénico. Se gestó, pues, desde este tiempo, un clima de discusión entre dos teorías opuestas que explican los mismos fenómenos.

Elaboradas y conocidas las propuestas de la teoría de Copérnico, surgieron sus defensores, esto es, los copernicanos. Ellos –Bruno, Kepler, Galileo y Descartes, entre otros– debieron argumentar por qué Copérnico tenía razón, por qué su estructura del mundo era más plausible que la escolástica, y por qué y de qué manera se debía instaurar una nueva ciencia o, más bien, una nueva filosofía –al menos tal como lo entendía Descartes–.

En la primera mitad del siglo XVI Nicolás Copérnico desarrolló su teoría heliostática. Las dificultades de presentación de un modelo del mundo de esta naturaleza son notables, tanto en las formas sociales apreciadas en la época, como en las disputas de carácter filosófico. A pesar de que Copérnico encontró un ambiente propicio para la publicación de su obra, alentado por muchos de sus amigos influyentes en el ambiente religioso e intelectual de su tiempo, como Nicolás Schoemberg, Cardenal de Capua, entre los católicos –además, el *De Revolutionibus orbium coelestium* está dedicado al Papa Pablo III¹¹⁹– y Joachim Rethicus, un teólogo protestante, no se puede negar que un planteamiento de tal naturaleza encontraría adversarios, tanto desde el campo filosófico, como desde la ortodoxia religiosa.

¹¹⁸ Como se sabe, el modelo del mundo de Copérnico, no es exactamente heliocéntrico, porque el Sol no se encuentra en el centro, sino “como en el centro”, es decir, que ocupa un lugar cerca de un *punto ecuanter* central. Por ello, es más correcto afirmar que es un sistema heliostático, que significa *un Sol aproximadamente central y sin ningún movimiento*, como nos lo hace saber en el Tercer Postulado de su *Commentariolus*. (Copérnico, “Commentariolus”, 27). En adelante, designaremos al sistema copernicano como heliostático, para efectos de superar el fantasma histórico que tradicionalmente lo señala de heliocéntrico.

¹¹⁹ La dedicatoria de Copérnico dice así: “AL SANTÍSIMO SEÑOR PABLO III, PONTÍFICE MÁXIMO.” Copérnico, *Sobre las revoluciones*, 7.

La cuestión es que para mediados del siglo XVI discutir la filosofía de Aristóteles era discutir la autoridad de la Iglesia –ya sea católica, protestante o anglicana–, pues el sistema aristotélico se había convertido en la sustentación y justificación filosófica de la existencia del cristianismo. Muchos contemporáneos de Copérnico estaban convencidos de ello en tanto confundían lo que les había enseñado la tradición, esto es, la directa y esencial relación entre la filosofía aristotélica y el cristianismo. El caso más conocido es el de Martín Lutero, quien acusaba a Copérnico de herejía, consecuencia de las hipótesis de aquel pequeño escrito que circuló entre sus amigos –el *Commentariolus*–, o de los rumores que circulaban de lo que enseñaba o defendía en el castillo de Lidzbark, sede del Obispo de Warmia, Lucas Watzenrode, o desde su remota parroquia en Frombork, Prusia Real. Lutero, en una observación que hizo en sus *Tischreden*, se refiere a Copérnico como: “... un astrólogo advenedizo que pretende probar que es la Tierra la que gira, y no el cielo, el firmamento, el Sol o la Luna [...]. Este loco echa completamente por tierra la ciencia de la astronomía, pero las Sagradas Escrituras nos enseñan que Josué ordenó al Sol, y no a la Tierra, que se detuviese”¹²⁰.

En los avatares que rodearon la publicación del libro de Copérnico, jugó un papel de vital importancia Nicolás Schoenberg. El Cardenal de Capua fue uno de los personajes más interesados en que Copérnico publicara el *De Revolutionibus*. Según el mismo Copérnico este libro había sido escrito con mucha anterioridad: “... pues retenido por mí había estado en silencio, no sólo nueve años, sino ya cuatro veces nueve”¹²¹. Es decir, que por varias razones –entre ellas la más importante, el recelo por la posible reacción que suscitara el libro–, no lo había hecho a pesar de haberlo tenido escrito desde hacía mucho tiempo. A Nicolás Schoenberg debemos una de las páginas más antiguas en la que se hace no sólo un ruego para que el libro sea dado a conocer, sino también una clara defensa de la teoría copernicana. Esta página aparece publicada como uno de los varios prólogos del *De Revolutionibus*, de la edición citada, intitulada:

¹²⁰ Alberto Elena, “Introducción”, 8. Las barras son más.

¹²¹ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 8.

Nicolás Schoemberg, Cardenal de Capua, a Nicolás Copérnico. Saludos.

Habiéndome hablado hace algunos años de tu capacidad, constante conversación de todos, empecé entonces a tenerte ya en la más alta estima y a felicitarme también de nuestros hombres, entre los que florece con tanto prestigio. Comprendí que no sólo conocías con suficiencia los hallazgos de los antiguos matemáticos, sino que habías establecido una nueva estructura del mundo, en virtud de la cual enseñas que la Tierra se mueve, que el Sol ocupa la base del mundo y por tanto el lugar central, que el octavo cielo permanece inmóvil y fijo perpetuamente, que la Luna, junto con los elementos de su esfera, situada entre el cielo de Marte y el de Venus, gira anualmente alrededor del Sol; y que de toda esta estructura de la astronomía hay comentarios elaborados por ti, y que han sido plasmados en unas tablas los movimientos de las estrellas errantes, calculados con gran admiración de todos. Por lo tanto, doctísimo varón, si no te molesto, te ruego una y otra vez vehementemente, que comuniques a los estudiosos este hallazgo tuyo y tus pensamientos con respecto a la esfera del mundo, junto con las tablas y si tienes alguna otra cosa concerniente a este asunto, me lo envías también en la primera ocasión. He dado el encargo a Teodorico de Raden para que a mi cargo se copie y se me envíe todo ello. Pues si eres condescendiente conmigo en este asunto, comprenderás que lo has hecho con un hombre admirador de tu nombre, y que desea corresponder a tan gran talento. Adiós. Roma 1 de noviembre de 1536¹²².

En el campo de la filosofía la discusión se hace en otro tono. El *De Revolutionibus* apareció como una alternativa de explicación de los fenómenos que explicaba el sistema aristotélico-ptolemaico. Los defensores de la filosofía de Aristóteles sabían que ya los antiguos habían hecho explicaciones de los movimientos planetarios más o menos de la misma manera que Copérnico; por ejemplo, el modelo heliocéntrico de Aristarco de Samos, y el del pitagórico Filolao que había puesto la Tierra a girar en torno al llamado Fuego Central como un planeta común y corriente.

¹²² Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 5-6.

Debemos resaltar la expresión “alternativa de explicación” para efectos de aclarar que, en términos filosóficos, la teoría heliocéntrica de Copérnico, en la segunda mitad del siglo XVI, fue entendida por los filósofos aristotélicos como un planteamiento válido para explicar los mismos fenómenos de que trataba la cosmología de Aristóteles y el modelo matemático de Ptolomeo sobre los movimientos planetarios y la estructura del mundo –al menos como lo asumían algunos filósofos jesuitas de esta segunda mitad del siglo–.

Debemos tener como presupuesto el hecho de que, en el siglo XVI, tanto Aristóteles como Ptolomeo pertenecían a la misma tradición, aunque sus explicaciones de la estructura y de los movimientos existentes en el universo hayan sido distintas y a veces contradictorias –como ya se ha dicho–. Aristóteles daba la base filosófica o si se quiere, metafísica, esto es, realizaba un completo planteamiento de las primeras causas o principios de la existencia del movimiento, y Ptolomeo describía matemáticamente –o geoméricamente– esos mismos movimientos de una manera más precisa que el sistema de esferas transparentes de Aristóteles. Sin embargo, los lectores modernos de los siglos XVI y XVII siguieron utilizando el viejo término aristotélico, tomado de Eudoxio, de “esferas”, o en su defecto, de “círculos”, usado por Ptolomeo, cuando se referían a la posible descripción de los movimientos planetarios alrededor del Sol. Sobre este asunto nos dice Alberto Elena en una de sus notas aclaratorias al *Commentariolus* de Copérnico:

El empleo del término orbis por Copérnico (y, en general, por todos los astrónomos renacentistas) es enormemente problemático, situación que viene a agravarse en virtud de la importancia capital del mismo. Orbis puede significar tanto ‘esfera’ como ‘círculo’ y, de hecho, a lo largo del Commentariolus resulta perfectamente intercambiable como sphaera o circulus: para comprobarlo basta con remitirse al primero de los postulados con que se abre el opúsculo. [...]

La alusión a las esferas celestes por parte de Copérnico nos enfrenta con un problema adicional: ¿se trata de esferas reales o de meros expedientes matemáticos? Aunque algunos autores afirman que Copérnico evitó

*siempre pronunciarse al respecto, lo cierto es que las esferas de su sistema del universo son tan reales como lo fueran las de la astronomía antigua o medieval. Diversos pasajes del De Revolutionibus, que no cabe reproducir aquí, lo evidencian sin lugar a dudas*¹²³.

Como se afirmó, la idea central de la tesis copernicana sobre la estructura del mundo había sido expuesta por su autor, treinta y seis años antes de 1543. Sin embargo, surge otro asunto esencial para la comprensión del trabajo de Copérnico. Se trata de la publicación entre sus amigos de un pequeño opúsculo llamado *Nicolai Copernici de hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*, *Breve exposición de las hipótesis de Nicolás Copérnico acerca de los movimientos celestes*. Texto conocido en su tiempo, y también ahora, con el nombre de *Commentariolus*¹²⁴.

En general, se ha dicho del *Commentariolus*, que se trata de una especie de borrador de la obra cumbre *De Revolutionibus*, o de un manual de divulgación cuyo objetivo consistió en *tantear* el ambiente

¹²³ Alberto Elena, “Notas a Nicolás Copérnico”, en Copérnico, *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*, 91. Las barras son mías. La posible confusión entre los dos términos alude a toda la tradición establecida a finales de la Edad Media, en la cual Aristóteles y Ptolomeo conformaban una misma unidad o *corpus*. Además, es oportuno señalar que cuando Copérnico hablaba de esferas estaba hablando de las mismas esferas reales, tal y como las entendían Eudoxio, Aristóteles, Tomás de Aquino y los escolásticos; en otras palabras, Copérnico es, en este sentido, lo que llamaríamos, sin temor a equivocarnos, un buen aristotélico. Además, es importante considerar que la ambigüedad del término latino orbis, introduce una dificultad de primer orden para las traducciones del libro de Copérnico, verbigracia, los estudiosos prefieren citar el título del libro en latín *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, para evitar la ambigüedad de la palabra.

¹²⁴ La fecha de publicación admitida es 1514, sin embargo, los especialistas no han podido señalar todavía exactamente cuándo se escribió. También es bueno tener en cuenta la nota aclaratoria del traductor de la obra al español: “El *Commentariolus* une a su ya problemática condición de obra inédita la circunstancia adicional de conocerse a través de tres manuscritos diferentes que, por más que puedan proceder de una misma copia [...], presentan innumerables variantes de detalle, tanto en la terminología como en los parámetros.” Alberto Elena, “Nota sobre la edición”, en Copérnico, Digges y Galilei, *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*, 24. Además, véase la “Introducción” de Alberto Elena al texto: Copérnico, Digges y Galilei, *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*, 7-21.

intelectual de su tiempo para preparar la llegada de la “magna obra”. En otras palabras, que uno y otro básicamente son lo mismo, o que hacen parte de la misma unidad. Nada más alejado de la realidad. Hasta ahora se ha logrado demostrar que ambos textos son autónomos e independientes, y aun cuando tratan del mismo tema, esto es, la presentación de un mundo heliostático, se pueden señalar sus diferencias. Por tal razón para entender el verdadero significado de la teoría copernicana no nos debemos limitar al *De Revolutionibus*, sino también al *Commentariolus* como elemento constitutivo de la evolución del pensamiento de Copérnico.

El *Commentariolus*: la cosmología copernicana

El *Commentariolus* comienza a desarrollarse de la misma manera que el *De Revolutionibus*: revisando las diversas *cosmologías* que, según Copérnico, preceden a sus obras. “Observo que nuestros predecesores recurrieron a un elevado número de esferas celestes a fin, sobre todo, de poder explicar el movimiento aparente de los planetas respetando el principio de uniformidad”¹²⁵. Como se ha dicho, este principio de uniformidad, desde Platón, se había convertido en el eje de cualquier explicación de la naturaleza de los movimientos celestes. Copérnico no se vio fuera de su aplicación en el nuevo intento que hizo por explicar lo mismo que todos los antiguos. Él tiene que partir de dicho presupuesto: salvar los fenómenos respetando la uniformidad de los movimientos de los cuerpos celestes. Por ello tuvo que recurrir a los clásicos argumentos conocidos desde los tiempos de Platón y Aristóteles para plantear una nueva concepción del mundo. En consecuencia, prosigue:

Calipo y Eudoxo, que trataron de resolver el problema por medio de círculos concéntricos, no fueron sin embargo capaces de dar cuenta por este procedimiento de todos los movimientos planetarios. No sólo tenían que explicar las revoluciones aparentes de los planetas, sino también el hecho de que tales cuerpos tan pronto nos parezcan ascender en los cielos como

¹²⁵ Copérnico, *Commentariolus*, 25.

descender, fenómeno éste incompatible con el sistema de círculos concéntricos. Este es el motivo de que pareciera mejor emplear excéntricas y epiciclos, preferencia que casi todos los sabios acabaron secundando.

Las teorías planetarias propuestas por Ptolomeo y casi todos los demás astrónomos, aunque guardaban un perfecto acuerdo con los datos numéricos, parecían comportar una dificultad no menor. Efectivamente, tales teorías sólo resultaban satisfactorias al precio de tener asimismo que imaginar ciertos ecuantos, en razón de los cuales el planeta parece moverse con una velocidad siempre uniforme, pero no con respecto a su deferente ni tampoco con respecto a su propio centro. Por ese motivo, una teoría de estas características no parecía ni suficientemente elaborada ni tan siquiera suficientemente acorde a la razón¹²⁶.

El planteamiento es claro dado que a Copérnico le llegaron dos tradiciones cosmológicas fundidas en una sola. La explicación de los movimientos celestes por el sistema de las esferas concéntricas, transparentes y materiales de Eudoxio, y heredada por su discípulo Calipo y por Aristóteles en su conocida física celeste; y el complejo sistema de los epiciclos de Ptolomeo. No es posible aventurarse en una nueva propuesta de la estructura del universo sin la revisión exhaustiva, límites y problemas de estos dos asuntos. Por tal razón concluye:

Habiendo reparado en estos dos defectos, me preguntaba a menudo si sería posible hallar un sistema de círculos más racional, mediante el cual se pudiese dar cuenta de toda irregularidad aparente sin tener para ello que postular movimiento alguno distinto del uniforme alrededor de los centros correspondientes, tal y como el principio del movimiento perfecto exige¹²⁷.

La insuficiencia de los sistemas de Eudoxio, Aristóteles y Ptolomeo, para explicar los movimientos celestes, lo llevó a concluir que es sumamente necesario emprender un proyecto que cumpla con dos requisitos: elaborar un sistema del mundo cuya característica principal

¹²⁶ Copérnico, *Commentariolus*, 25-26.

¹²⁷ Copérnico, *Commentariolus*, 26.

sea la sencillez explicativa para evitar la consecuente complicación del enorme número de esferas, y las innumerables y complejas combinaciones de círculos y excéntricas en el sistema de epiciclos; y en segundo lugar, respetar el principio de uniformidad y circularidad del movimiento, tal y como se había hecho desde Platón.

La solución copernicana en el *Commentariolus* es sencilla y aparentemente eficaz. Dicha solución a los problemas planteados viene dada en forma de siete postulados para elaborar un nuevo sistema del mundo.

Primer postulado

No existe un centro único de todos los círculos o esferas celestes.

Segundo postulado

El centro de la Tierra no es el centro del mundo, sino tan sólo el centro de gravedad y el centro de la esfera lunar.

Tercer postulado

Todas las esferas giran en torno al Sol, que se encuentra en medio de todas ellas, razón por la cual el centro del mundo está situado en las proximidades del Sol.

Cuarto postulado

La razón entre la distancia del Sol a la Tierra y la distancia a la que está situada la esfera de las estrellas fijas es mucho menor que la razón entre el radio de la Tierra y la distancia que separa a nuestro planeta del Sol, hasta el punto de que esta última resulta imperceptible en comparación con la altura del firmamento.

Quinto postulado

Cualquier movimiento que parezca acontecer en la esfera de las estrellas fijas no se debe en realidad a ningún movimiento de ésta, sino más bien al movimiento de la Tierra. Así, pues, la Tierra –junto a los elementos circundantes– lleva a cabo diariamente una revolución completa alrededor de sus polos fijos, mientras que la esfera de las estrellas y último cielo permanece inmóvil.

Sexto postulado

Los movimientos de que aparentemente está dotado el Sol no se deben en realidad a él, sino al movimiento de la Tierra y de nuestra propia esfera, con la cual giramos en torno al Sol exactamente igual que los demás planetas. La Tierra tiene, pues, más de un movimiento.

Séptimo postulado

Los movimientos aparentemente retrógrados y directos de los planetas no se deben en realidad a su propio movimiento, sino al de la Tierra. Por consiguiente, éste por sí solo basta para explicar muchas cosas de las aparentes irregularidades que en el cielo se observan¹²⁸.

Se dice *solución sencilla y aparentemente eficaz*, siempre y cuando asumamos estos postulados en términos genéricos, sin entrar en la descripción minuciosa de cada uno de los movimientos de los planetas alrededor del Sol, esto es, tratar de hacer corresponder el movimiento real descrito con el modelo teórico que se pretende asumir, el fenómeno con la teoría; en el caso de Copérnico sólo se solucionaría este problema si se entra por los laberintos de la explicación matemática o geométrica. Asunto que no es asumido en el *Commentariolus* sino en el *De Revolutionibus*.

De hecho, en el primero no existe el propósito de exponer un sistema del mundo con rigurosidad matemática, tal y como se hace en el segundo. Parece más bien que su objetivo fue hacer una presentación general de un universo con un Sol aproximadamente central estático, pero sobre todo reiterar una y otra vez que los movimientos diarios que observamos del Sol y los planetas son efectos ópticos, dados por los movimientos de la Tierra de traslación alrededor del Sol, de rotación sobre su propio eje y de precesión de los equinoccios –como se puede deducir de los siete postulados mencionados–, cuando lo que pasa es que los planetas se mueven con uniformidad en torno al Sol siguiendo un círculo perfecto o una esfera.

¹²⁸ Copérnico, *Commentariolus*, 26-28.

En última instancia, se trata de diferenciar tres cosas: en primer lugar, movimientos aparentes que son productos visuales de aquellos movimientos de la Tierra; en segundo lugar, movimientos reales uniformes circulares o esféricos de los planetas; y, finalmente, que esta explicación no es matemática a pesar de que se hable de círculos o esferas, o, lo que es lo mismo, que no hay una estricta explicación matemática de los movimientos celestes al estilo de Ptolomeo, sino una exposición cualitativa de la naturaleza de esos movimientos a la manera aristotélica.

En las líneas siguientes de los postulados en el *Commentariolus*, Copérnico nos presenta el punto nodal del problema: “Una vez establecidos estos postulados, voy a tratar de mostrar brevemente cómo puede preservarse sistemáticamente la uniformidad de los movimientos. Me ha parecido que, en beneficio de la brevedad, convendría prescindir aquí de las demostraciones matemáticas, que reservo para una obra más amplia”¹²⁹. Cuestión que nos puede conducir a cierta confusión. Ésta es una de las razones por las que se ha aseverado, de manera equívoca, que el *Commentariolus* y el *De Revolutionibus* forman una unidad, como se ha dicho. Puede parecer que el primero sea el prólogo del segundo. Sin embargo, visto el *Commentariolus* como texto independiente, dichas explicaciones matemáticas no son necesarias para lo que se quiere decir, o lo que es lo mismo, para el objetivo que se propuso el texto. El libro está bien tal y como está, pues, aunque esencialmente traten de lo mismo –el Sol *aproximadamente central* y la Tierra girando como un planeta cualquiera– no abordan estos problemas de la misma manera¹³⁰.

Así pues, antes de entrar en la argumentación de los siete postulados es necesario enunciar los presupuestos que anteceden cualquier tipo de teorización de Copérnico sobre la naturaleza del mundo, ellos son:

¹²⁹ Copérnico, *Commentariolus*, 28.

¹³⁰ Es importante reiterar que las motivaciones, propósitos, límites, alcances y contenidos temáticos son autónomos, cuestión que quedará demostrada cuando leamos el *De Revolutionibus*. Por el momento ya sabemos a dónde se dirige y qué es lo que quiere el *Commentariolus*.

- a. Todos los movimientos celestes ocurren en torno al Sol¹³¹.
- b. La Tierra es un planeta que gira alrededor del Sol.
- c. El universo está limitado por la esfera de las estrellas fijas.

Ahora bien, miremos los principales asuntos de que trata cada uno de los postulados:

- a. (Del Primer Postulado) En el intento de la cosmología clásica de origen griego por encontrar un universo perfecto, armónico y ordenado, se había aceptado siempre un centro único para todos los movimientos celestes. Este Primer Postulado niega tal cuestión cuando sentencia que no hay un centro único para los círculos o esferas celestes, esto es, que cada uno de ellos tiene su propio centro. Además, dichos centros no son materiales sino, necesariamente, puntos matemáticos, o en términos de la astronomía matemática ptolemaica, ecuanes.
- b. (Del Segundo Postulado) En las cosmologías antiguas la Tierra era el centro del mundo –excepto en los sistemas de Aristarco y Filolao, como se sabe–. Según este postulado, la Tierra no lo es –pues al fin y al cabo gira como un planeta cualquiera–, sino únicamente de la gravedad terrestre, es decir, de aquel fenómeno que mantiene unidas las cosas a la Tierra, incluida la Luna, en un mismo sistema físico.
- c. (Del Tercer Postulado) En las argumentaciones del *Commentariolus* todas las esferas giran en torno al Sol, pero salvando el hecho de que él no es el centro del universo, sino sólo un cuerpo celeste que cumple funciones de ser referencia de dichos movimientos. El centro del universo es un punto matemático –como las ecuanes de Ptolomeo, como se afirmó anteriormente– que no coincide con el Sol como cuerpo material.
- d. (Del Cuarto Postulado) Antes del *Commentariolus* el tamaño del universo era relativamente pequeño. La distancia entre el centro –ya fuera material o matemático– y la esfera de las estrellas fijas,

¹³¹ Lo que no quiere decir que sea el centro absoluto de los movimientos como se confirmará más adelante. Una cosa es decir que el Sol sea el centro de los movimientos celestes y otra que ellos ocurran en torno a él.

no era muy grande en relación con el diámetro de la Tierra o la distancia Tierra-Sol. En este postulado Copérnico va a asumir que la distancia entre el centro –que coincide más o menos con el Sol– y las fijas, es enorme en comparación con el tamaño de la Tierra, esto es, si es imperceptible la distancia Sol-Tierra en comparación con la distancia Sol-esfera de las fijas, lo será mucho más el insignificante diámetro de la Tierra. En otras palabras, el universo de Copérnico es mucho más grande que los clásicos sistemas universales.

- e. (Del Quinto Postulado) La esfera de las estrellas fijas –si observamos el fenómeno diario– tiene un movimiento de rotación completo de veinticuatro horas alrededor de la Tierra. Según Copérnico, dicho movimiento es aparente, pues lo que ocurre realmente es que la Tierra tiene un movimiento de rotación sobre su propio eje y la esfera de las fijas permanece inmóvil, produciendo como efecto visual el movimiento de ésta.
- f. (Del Sexto Postulado) Además del movimiento observable de la esfera de las estrellas fijas también vemos tres movimientos del Sol a través del cinturón zodiacal. El movimiento diario de veinticuatro horas, el anual de aproximadamente trescientos sesenta y cinco días y el de precesión de los equinoccios –en sentido contrario– de más o menos veinticinco mil ochocientos ochenta y cuatro años. Según este postulado, dichos movimientos no son reales, sino producto de los distintos movimientos de la Tierra. Allí se dice que la Tierra tiene más de un movimiento, ellos son: el de rotación, el de traslación y el de precesión de los equinoccios, respectivamente. En otras palabras, es la Tierra la que tiene movimientos y no el Sol.
- g. (Del Séptimo Postulado) El otro movimiento que se observa en los cielos es la retrogradación de los planetas. Según Copérnico, estos movimientos no son reales, sino que se deben a los distintos movimientos de la Tierra. Los movimientos retrógrados son aparentes y son un efecto óptico, puesto que observamos desde una Tierra en movimiento, los planetas en movimiento.

Los siete postulados que caracterizan esta noción del universo de Copérnico se complementan, además, con lo que él pensaba, es el

orden de los planetas desde las fijas hacia el centro. Como se afirmó en cierto momento, el problema del orden planetario parecía un problema trivial, pues muchos historiadores de la ciencia no le han dado la importancia del caso. En el *Commentariolus* escribe:

Las esferas celestes se inscriben unas dentro de otras según el orden siguiente. La superior es la esfera inmóvil de las estrellas fijas, que contiene todas las demás cosas y les da un lugar. Inmediatamente después se encuentra la esfera de Saturno, seguida por la de Júpiter y, a continuación, por la de Marte. Debajo de ésta se halla la esfera en la que nosotros giramos, a la cual siguen la esfera de Venus y, finalmente, la de Mercurio. La esfera lunar, por su parte, gira en torno al centro de la Tierra y es arrastrada con ella a la manera de un epiciclo. Idéntico orden guardan asimismo las velocidades de la revolución de las esferas, según sean mayores o menores los círculos que trazan. Así, el período de la revolución de Saturno es de treinta años, de doce el de Júpiter, dos el de Marte, un año el de la Tierra, nueve meses el de Venus y tres el de Mercurio¹³².

Luego de los trabajos cosmológicos de Hiparco en el siglo II a. C., muchos astrónomos asumieron el ordenamiento planetario de origen caldeo defendido por éste. Entre ellos Claudio Ptolomeo que asumió –como más tarde lo haría Copérnico– que el más correcto era el presentado por Hiparco, pues dicho orden está fijado por la duración del período del planeta alrededor del Sol: de menor a mayor desde el centro hacia la periferia y tomando como unidad de medida el año solar, para los modelos geocéntricos, y el año terrestre, para los heliocéntricos.

Debemos tener en cuenta, pues, cuál es el presupuesto esencial del sistema del mundo copernicano: el Sol es el punto de referencia de los movimientos planetarios. Todos los planetas –excepto la Luna– giran en torno a él, y su orden viene dado según la duración del período de cada uno de ellos, tomando como unidad de medida el año terrestre. De esta manera, tomando el antecedente caldeo de Hiparco, Copérnico cambió de lugar a la Tierra y al Sol, poniendo

¹³² Copérnico, *Commentariolus*, 28-29.

una en el lugar del otro y viceversa, y a la Luna girando alrededor de ella en un epiciclo.

En esta argumentación es importante considerar, también, que Copérnico, tanto en el *Commentariolus* como en el *De Revolutionibus*, va a caracterizar el mundo como un ente finito, limitado por la esfera de las estrellas fijas. Es decir, un universo tal y como lo habían concebido todos los clásicos, y aun, como lo defendían los pensadores aristotélicos del siglo XVI. Sus explicaciones para sustentar la finitud del universo por la esfera de las fijas son las mismas que en cierto momento esbozó Aristóteles –incluso las mismas que Platón enseñaba en el *Timeo*–. Recapitulemos sobre la cita anterior: “La superior es la esfera inmóvil de las estrellas fijas, que contiene a todas las demás y les da un lugar.” El continente que no es contenido por nada, según su forma esférica perfecta; esto es, la esfera, la única figura que puede contener a todas las demás¹³³. ¿No es este un argumento típicamente aristotélico –o si se quiere platónico–? ¿En qué medida Copérnico se aleja de los antiguos con su propuesta de un universo heliostático y se acerca a ellos cuando usa análogas argumentaciones, o sigue pensando, de alguna manera, como un aristotélico, a pesar del enorme esfuerzo que significa invertir los fundamentos de la astronomía y la filosofía tradicional?

Para tratar de resolver estos cuestionamientos y otros que puedan surgir, debemos entrar en el *De Revolutionibus*. Allí tendríamos la visión completa del trabajo de Copérnico y todo lo que él significaba para los pensadores posteriores que van a defender, discutir o superar, su tesis central: la estructura de un universo heliostático.

¹³³ Sin embargo, el universo finito limitado por la esfera de las fijas, no hace parte de los postulados fundamentales del *Commentariolus*, como sí del *De Revolutionibus*. Esta es una de las diferencias radicales entre los dos textos.

El *De Revolutionibus*: la nueva astronomía matemática

*Les arguments présentés par Copernic en faveur de l'astronomie nouvelle sont, on le voit, de deux sortes: a) elle permet d'expliquer certains phénomènes (les mouvements apparents de Mercure, de Vénus et de Mars) mieux que l'ancienne, b) elle nous offre une image beaucoup plus systématique et beaucoup mieux ordonnée de l'Univers que ne le faisaient Ptolémée et même Aristote*¹³⁴.

Es necesario tener presente las diferencias radicales entre el *Commentariolus* y el *De Revolutionibus*. La más importante de todas es que el primero presenta consideraciones cosmológicas generales, de tipo argumentativo, sin demostraciones matemáticas; y el segundo va más allá, pues razona en favor de esos mismos conceptos universales –y de otros– que caracterizan el nuevo universo, pero trata de demostrarlos matemáticamente.

Su esfuerzo se dirige, pues, hacia la precisión, el orden y la coherencia que sólo puede dar la explicación matemática, de la misma manera que lo había intentado hacer Ptolomeo. Por ello no deja de reiterar este asunto:

Si por casualidad hay mataiologoi {charlatanes} que, aun siendo ignorantes de todas las matemáticas, presumiendo de un juicio sobre ellas por algún pasaje de las Escrituras, malignamente distorsionado de su sentido, se atrevieran a rechazar y atacar esta estructuración mía, no hago en absoluto caso de ellos, hasta el punto de que condenaré su juicio como temerario. Pues no es desconocido que Lactancio, por otra parte, célebre escritor, aunque matemático mediocre, habló puerilmente de

¹³⁴ Alexandre Koyré, *La révolution astronomique* (París: Hermann, 1961), 56. En castellano: “Los argumentos presentados por Copérnico en favor de la nueva astronomía son, según podemos ver, de dos tipos: a) ellos nos permiten explicar ciertos fenómenos (como los movimientos aparentes de Mercurio, Venus y Marte) mejor que los antiguos, y b) nos ofrece una imagen mucho más sistemática y ordenada del universo, que la que hizo Ptolomeo y hasta el mismo Aristóteles.” La traducción es mía.

*la forma de la Tierra, al reírse de los que transmitieron que la Tierra tiene forma de globo. Y así, no debe parecernos sorprendente a los estudiosos, si ahora otros de esa clase se ríen de nosotros. Las matemáticas se escriben para los matemáticos, a los que estos trabajos nuestros, si mi opinión no me engaña, les parecerán que aportan algo a la república eclesiástica, cuyo principado tiene ahora tu Santidad*¹³⁵.

Podemos evidenciar una vinculación entre la astronomía y las matemáticas. Relación que era clara en la obra de Ptolomeo, mas no en la aristotélica. Recordemos que las especulaciones de Aristóteles acerca de la naturaleza del universo se circunscribían a las formas cualitativas, en las que la participación de la medida, la cantidad, el número y las figuras geométricas, son escasas. Copérnico, que está inscrito en la tradición matemática pitagórico-platónica, asumió, evidentemente, esta cuestión:

*De ahí, que si la dignidad de las artes se estima por la materia que tratan, será sin duda importantísima, ésta que unos llaman Astronomía, otros Astrología, y muchos entre los antiguos la consumación de las matemáticas. Ella es la cabeza de las demás artes nobles, la más digna del hombre libre, y se apoya en casi todas las ramas de las matemáticas. Aritmética, Geometría, Óptica, Geodesia, Mecánica, y si hay alguna otra más, todas se dirigen a ella*¹³⁶.

En la carta-prefacio de Copérnico al *De Revolutionibus* dedicado al Papa Pablo III, aparece con claridad el estado de la astronomía a principios del siglo XVI y lo que él pensaba de ello, hasta el punto de sentir la necesidad de dar otra explicación sobre la estructura del mundo y, por supuesto, de la forma en que se mueven los planetas, además de los movimientos de la Tierra. Allí escribe:

En consecuencia, reflexionando largo tiempo conmigo mismo sobre esta incertidumbre de las matemáticas transmitidas para calcular los movimientos de las esferas del mundo, comencé a enojarme que a los

¹³⁵ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 11.

¹³⁶ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 13.

filósofos, que en otras cuestiones han estudiado tan cuidadosamente las cosas más minuciosas de ese orbe, no les constara ningún cálculo seguro sobre los movimientos de la máquina del mundo, construida para nosotros por el mejor y más regular artífice de todos. Por lo cual, me esforcé en releer los libros de todos los filósofos que pudiera tener, para indagar si alguno había opinado que los movimientos de las esferas eran distintos a los que suponen quienes enseñan matemáticas en las escuelas¹³⁷.

No hay certeza, pues, acerca de la estructura del universo. Copérnico tiene ante sí una gran variedad de explicaciones a propósito de los movimientos de los astros. Podríamos decir que ellas se agrupan en dos teorías contrarias: la geocéntrica y la heliocéntrica. En su tiempo la aceptada era la cosmovisión aristotélico-ptolemaica o, lo que es lo mismo, la fusión que él y sus contemporáneos había recibido a través de los filósofos musulmanes y cristianos de los siglos anteriores: la filosofía de Aristóteles y la descripción matemática de los movimientos celestes de Ptolomeo. Por ello, sus tesis parten de la crítica del modelo geocéntrico sostenido desde el siglo XIII por la filosofía escolástica, como nos lo hace saber en la Introducción al Libro I de su *De Revolutionibus*:

... el curso de los astros y la revolución de las estrellas no ha podido definirse con un número exacto, ni reducirse a un conocimiento perfecto, si no es con mucho tiempo y con muchas observaciones realizadas de antemano, con las que, como ya diré, se transmite a la posteridad de mano en mano. Pues, aunque C. Ptolomeo el Alejandrino, que destaca ampliamente sobre los demás por su admirable ingenio y escrupulosidad, llevó toda esta ciencia a su más alto grado mediante observaciones, de manera que durante más de cuatrocientos años parecía no faltar nada que él no hubiera abordado. Sin embargo, vemos que muchas cosas no coinciden con los movimientos que debían seguirse de su enseñanza, ni con algunos otros movimientos, descubiertos después, aún no conocidos para él¹³⁸.

¹³⁷ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 9.

¹³⁸ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 14.

En cuanto a la teoría heliocéntrica, ésta se limitaba a la filosofía pitagórica, al menos como Copérnico la entendía. De los modelos heliocéntricos antiguos el más coherente con la visión moderna es el que vemos en el trabajo realizado por Aristarco de Samos, pero Copérnico en su *De Revolutionibus* no se refiere a éste como uno de los más grandes astrónomos de la antigüedad que concibieron un universo heliocéntrico, con un Sol central, una Tierra girando a su alrededor y la Luna a la vez girando en torno a ésta en un epiciclo. Hoy sabemos que la estructura del universo de Copérnico es la misma que la de Aristarco. Pero, aunque en el *De Revolutionibus*, Aristarco aparece citado en varias ocasiones, no es por su concepción heliocéntrica del mundo, sino por sus observaciones y mediciones astronómicas¹³⁹.

Copérnico atribuye su concepción del universo, más bien, a los pitagóricos, esto es, a aquellos que habían hablado del movimiento de la Tierra. Sin embargo, el modelo astronómico del pitagórico Filolao –que es citado por él– afirmaba el movimiento circular de la Tierra, pero no alrededor del Sol, sino del Fuego Central. En otras palabras, lo más importante para él son las distintas concepciones cosmológicas de la antigüedad que estimaban, de una manera u otra, la movilidad de la Tierra, ya fuera de traslación alrededor de un centro o de rotación sobre su eje, y como consecuencia, un Sol estático que sirva como referencia a dichos movimientos terrestres y a los planetarios. Se trata, pues, en última instancia, de negar la completa inmovilidad de la Tierra. Veamos:

... encontré en Cicerón que Niceto fue el primero en opinar que la tierra se movía. Después, también en Plutarco encontré que había algunos otros de esa opinión, cuyas palabras, para que todos las tengan claras, me pareció bien transcribir:

¹³⁹ Véase: Copérnico, *Sobre las revoluciones*, III, 2, p. 154; III, 6, p. 164; III, 13, p. 183, 184 y 186. Una razón poderosa, por lo que sabemos, puede ser el desconocimiento de la obra de Aristarco, sus argumentaciones y procesos mentales, necesarios para afirmar un sistema del mundo de tales características.

oi me/n aÁlloi me¿nein thìn gh=n, Filo/laoj deì Puqagoreioj kukl%
perifē resqai perì toì pu=r katai kuklon locou omoiotropwì hli/%
kaì selh/nv. Hraklei/dhj deì o Pontikoij kaì āEkfantoj o Puqago/
reioj kinou=si meìn thìn ghn, ou© mh/n ge metabatikw=j <allai
treptikw=j>troxou=di/khne© nhconisme/nhn,a poidusmw=ne
piā natola/j, perì toì iĀdion au th=j ke/ntron.

{Algunos piensan que la Tierra permanece quieta, en cambio Filolao el Pitagórico dice que se mueve en un círculo oblicuo alrededor del fuego, de la misma manera que el Sol y la Luna. Heráclides el del Ponto y Ecfanto el Pitagórico piensan que la Tierra se mueve pero no con traslación, sino como una rueda, alrededor de su propio centro, desde el ocaso hasta el orto}.

En consecuencia, aprovechando esa ocasión empecé yo también a pensar sobre la movilidad de la tierra¹⁴⁰.

Más adelante, en la Introducción del Libro I, escribe:

De ahí que, incluso Plutarco, cuando habla del giro anual del Sol, dice: hasta ahora, el movimiento de los astros ha vencido la pericia de los matemáticos. En efecto, tomando como ejemplo el año, han sido evidentemente tan diversas las opiniones, que incluso muchos han desesperado de poder encontrar un cálculo seguro sobre él. Así, favoreciéndome Dios, sin el que nada podemos, voy a intentar investigar con más amplitud sobre estas cosas respecto a las otras estrellas, poseyendo más datos para apoyar nuestra doctrina, a causa del mayor intervalo de tiempo entre nosotros y los autores de este arte que nos precedieron, con cuyos hallazgos tendremos que comparar los nuevos descubiertos por nosotros. Confieso que voy a exponer muchas cosas de diferente manera que mis predecesores, aunque conviene apoyarse en ellos, puesto que por primera vez abrieron la puerta en esta investigación¹⁴¹.

¹⁴⁰ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 9-10.

¹⁴¹ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 14-15.

El proyecto del *De Revolutionibus* es demostrar matemáticamente que el Sol se encuentra *como* en el centro del universo. Es decir, que su ubicación se convierte en el punto de referencia absoluto de todos los movimientos celestes, incluida la esfera de las estrellas fijas. También que la Tierra tiene varios movimientos que a su vez responden los interrogantes que habían intentado solucionar los antiguos, esto es, la retrogradación de los planetas, su acercamiento y alejamiento con respecto al observador y sus cambios de velocidad en sus irregulares órbitas aparentes. Pero, ante todo, mostrar que las órbitas reales de los planetas, incluidas la Tierra y la Luna, son circulares y perfectas, de la misma manera que lo sostuvieron los clásicos desde los tiempos de Platón hasta los escolásticos.

Llegamos así, pues, al planteamiento de los postulados del *De Revolutionibus*¹⁴²:

- a. *El mundo es esférico.*
- b. *La Tierra es esférica.*
- c. *El movimiento de los cuerpos celestes es regular y circular, perpetuo o compuesto por movimientos circulares.*
- d. *El tamaño de la Tierra es un punto con respecto a la enorme magnitud del mundo o, subsecuentemente, a la distancia entre el Sol y la esfera de las estrellas fijas.*
- e. *La Tierra tiene más de un movimiento.*
- f. *El Sol está como en el centro del mundo.*
- g. *El mundo está limitado por la esfera de las fijas o, lo que es lo mismo, es finito.*
- h. *Los movimientos retrógrados observables de los cinco planetas son producto de la combinación del movimiento de la Tierra y el de los planetas.*

Estos postulados son el punto de partida del trabajo llevado a cabo por Copérnico en el *De Revolutionibus*. Como se puede ver, algunos

¹⁴² Estos postulados corresponden a los nombres de los primeros capítulos del Libro I del *De Revolutionibus*, que es donde Copérnico esboza los rasgos generales de su sistema del mundo.

de ellos son los mismos que se plantean en el *Commentariolus*, pero la mayoría difieren. Además, con la salvedad de que en el *De Revolutionibus* dichos postulados comunes van a ser demostrados matemáticamente, aunque se parta de premisas falsas como la suposición, por ejemplo, de que los seis planetas, incluida la Tierra, tienen órbitas circulares y perfectas –cuestión que más tarde refutará Kepler a principios del siglo XVII con su primera ley del movimiento planetario–. Recordemos que los siete postulados del *Commentariolus* se resumen en lo siguiente:

- a. *No hay un centro único para los movimientos celestes.*
- b. *La Tierra sólo es el centro de la gravedad terrestre.*
- c. *Todos los movimientos celestes ocurren en torno a Sol, pero éste no es el centro del universo.*
- d. *El tamaño de la Tierra y la distancia Tierra-Sol, son insignificantes comparados con la enorme altura del firmamento.*
- e. *El movimiento de las estrellas fijas es aparente y observable, como efecto visual de la rotación de la Tierra en veinticuatro horas.*
- f. *Los tres movimientos que se observan del Sol son, también, aparentes, y son observables, como consecuencia de los movimientos de la Tierra.*
- g. *Los movimientos retrógrados planetarios se deben a la combinación del movimiento de traslación de la Tierra con el de los planetas.*

Si comparamos estos postulados con los planteados en el *De Revolutionibus*, coinciden únicamente tres de ellos:

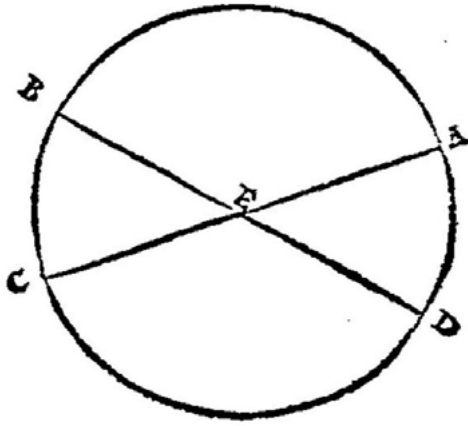
- a. *El tamaño de la Tierra es un punto con respecto a la enorme magnitud del mundo o, subsecuentemente, a la distancia entre el Sol y la esfera de las estrellas fijas.*
- b. *El Sol está como en el centro del mundo.*
- c. *Los movimientos retrógrados observables de los cinco planetas son producto de la combinación del movimiento de la Tierra y el de los planetas.*

En el *Commentariolus* estos postulados sólo son enunciados y no hay ningún tipo de demostración. En cambio, en el *De Revolutionibus*, como se ha señalado, son demostrados matemáticamente.

Ahora bien, consideremos más dichas demostraciones. Para ello partamos de los postulados comunes del *Commentariolus* y del *De Revolutionibus*. En primer lugar, la afirmación acerca del tamaño de la Tierra con respecto al del universo. En el capítulo VI del libro I, cuyo nombre es “De la inmensidad del cielo con respecto a la magnitud de la Tierra”, Copérnico escribe:

El hecho de que esta gran masa de tierra no sea comparable a la magnitud del cielo, puede entenderse por lo siguiente: porque los círculos limitantes {horizonte} (pues así se traducen los orizontaz de los griegos) cortan en dos toda la esfera del cielo, esto no podría suceder si la magnitud de la tierra comparada con el cielo, o su distancia desde el centro del mundo, fuera muy importante. Pues el círculo que corta la esfera en dos pasa por el centro de la esfera y es el máximo de los circunscribibles. Así pues, el horizonte sea el círculo ABCD, y sea E la tierra, donde está nuestro punto de vista y el centro del horizonte, desde el cual se separan las {estrellas} visibles de las no visibles. Por medio de una dioptra o de un horoscopo o un corobate, colocado en E, se ve el principio de Cáncer naciente en el punto C, y en el mismo momento aparece el principio de Capricornio poniente en el punto A. En consecuencia, estando AEC en línea recta según la dioptra, consta que es un diámetro de la eclíptica, porque los seis signos {del Zodíaco} visibles delimitan el semicírculo, y el centro E es el mismo que el del horizonte. Pero terminada la revolución, cuando el principio de Capricornio surja en B, entonces se verá también el ocaso de cáncer en D y la línea BED será recta y un diámetro del mismo círculo: y es patente que su centro está en la sección común. En consecuencia, el círculo del horizonte cortará siempre en dos a la eclíptica, que es el círculo máximo de la esfera. Y como en la esfera, si un círculo corta por la mitad alguno de los círculos máximos, también el que corta es máximo¹⁴³.

¹⁴³ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 22.



Si la Tierra fuera una esfera muy grande con respecto a la esfera de las estrellas fijas, una línea recta que se trace desde el horizonte hacia los límites del círculo más grande no lo divide en dos semicírculos iguales, como ocurre cuando imaginamos la Tierra como un minúsculo punto con respecto a dicho círculo grande. En consecuencia, la Tierra no puede ser un círculo proporcionalmente muy grande con respecto al círculo de la esfera de las estrellas fijas. Es decir, que la línea del horizonte, tal como la podemos concebir observando desde la Tierra –según el ejemplo de Copérnico citado anteriormente–, que es el caso de las líneas AEC y BED, coincide con la línea que divide en dos partes iguales la esfera, que es la esfera celeste. Desde este punto de vista, la Tierra es insignificante con respecto al enorme tamaño del universo.

En segundo lugar, la ubicación del Sol –aparentemente– en el centro del universo. Copérnico en el *De Revolutionibus* nos hace dos tipos de explicaciones: una metafísica y una matemática. La más conocida es la metafísica, pues, al fin y al cabo, es más compatible con los rasgos generales de su sistema del mundo, insinuado desde el *Commentariolus* y confirmado en el *De Revolutionibus*. En este último anota:

Y en medio de todo permanece el Sol. Pues, ¿quién en este bellissimo templo pondría esta lámpara en otro lugar mejor, desde el que pudiera

iluminar todo? Y no sin razón unos le llaman lámpara del mundo, otros mente, otros rector. Trimegisto le llamó dios visible, Sófocles, en Electra, el que todo lo ve. Así, en efecto, como sentado en un solio real, gobierna la familia de los astros que lo rodean. Tampoco la Tierra es privada en manera alguna de los servicios de la Luna, pero, como dice Aristóteles en De Animalibus, la Luna tiene con la Tierra un gran parentesco. A su vez la Tierra concibe del Sol y se embaraza en un parto anual¹⁴⁴.

El Sol está en el centro del mundo porque es más grande, tiene luz propia y sus características lo hacen superior a los demás cuerpos celestes, incluida la Tierra. Sin embargo, un tipo de aseveración como ésta, plantea un falso presupuesto que Copérnico refutará cuando intente la explicación matemática. Se trata de la frecuente enunciación del Sol central. De hecho, cuando se hace dicha demostración no es posible pensar al Sol como centro de los movimientos celestes, ni siquiera ubicarlo *en el centro* geométrico que Ptolomeo había llamado, en su momento, punto ecuante, y que en Copérnico sigue siendo lo mismo.

La demostración matemática debe tener en cuenta un evento fundamental: las observaciones precisas de los distintos movimientos celestes, referenciados a las estrellas fijas, que, como en los modelos cosmológicos y astronómicos antiguos, continuaba siendo la forma más conveniente de medir y describir dichos movimientos, a través de la eclíptica o el cinturón zodiacal. Copérnico encontró que la manera más eficaz de demostrarlos es recurrir a la combinación de esferas –como lo hizo Aristóteles–, y de círculos, epiciclos y excéntricas –como Ptolomeo–. De allí que en el intento de explicar los movimientos retrógrados de los planetas debió asumir un Sol descentrado, con respecto a las órbitas circulares y perfectas, y la Tierra girando a su alrededor, para que pudiera ser coherente su argumentación sobre dichos movimientos, como combinación de movimientos, círculos y esferas.

¹⁴⁴ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 34-35.

En otras palabras, la presunción de una Tierra con movimiento de traslación circular como los demás planetas, es la premisa matemática más plausible, y por ende esencial, de la observación de los movimientos aparentes de los planetas; y como consecuencia necesaria, obtenemos la ubicación *aproximadamente* central del Sol.

Y, finalmente, la demostración matemática de los movimientos retrógrados de los planetas. Para esta explicación hay dos presupuestos básicos: la denominada relatividad óptica del movimiento y el axioma de la circularidad. En primer lugar, debemos partir del hecho de que, para explicar los movimientos planetarios, es lo mismo proveer la Tierra de movimiento que dejarla inmóvil, como lo entendía Oresme en el siglo XIV. Copérnico, después de aceptar que muchos autores admiten que la Tierra está en reposo, dice que, en realidad, tal cuestión no está resuelta, porque:

...todo cambio según la posición que aparece, o es por el movimiento de lo mirado, o del que mira, o evidentemente por un cambio dispar de uno y otro. Pues no se percibe movimiento entre movimientos iguales entre sí, me refiero a entre lo visto y el que ve. Y es desde la Tierra, a partir de donde se contempla el ciclo celeste y se representa ante nuestra visión¹⁴⁵.

Y, en segundo lugar, debemos indicar que el presupuesto básico del sistema copernicano es el de la perfección de los movimientos circulares de los planetas –entre ellos, el de la Tierra–; en otras palabras, que sus órbitas son circulares y uniformes.

Estos dos presupuestos son la base para poder argumentar por qué observamos, “desde la Tierra”, los movimientos retrógrados de los planetas. En verdad, los “vemos” desplazarse con movimientos retrógrados, velocidades variables y, a veces, se acercan o se alejan de la Tierra cambiando su brillo. La razón por la cual se pueden observar estos fenómenos es debido a las distintas posiciones de la Tierra –y, por ende, del observador– en su órbita alrededor del Sol, y a las

¹⁴⁵ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 20. Recordemos los argumentos de Nicolás de Oresme acerca de la posibilidad de que la Tierra tenga movimientos.

diferentes ubicaciones del planeta observado, ya sea interior o exterior. De la combinación de los dos movimientos resulta un efecto que es visualizado en la esfera de las estrellas fijas –como en una pantalla o en un fondo–. La “ilusión óptica” es la retrogradación y los demás fenómenos planetarios mencionados. Así, pues, tenemos movimientos reales –circulares, perfectos, infinitos e inmutables–; y aparentes –retrógrados, con velocidades y distancias cambiantes–.

Los demás postulados del *De Revolutionibus* son independientes del *Commentariolus*.

Ellos son los siguientes:

- a. El mundo es esférico.
- b. La Tierra es esférica.
- c. El movimiento de los cuerpos celestes es regular y circular, perpetuo o compuesto por movimientos circulares.
- d. La Tierra tiene más de un movimiento.
- e. El mundo está limitado por la esfera de las fijas o, lo que es lo mismo, es finito.

Estos cinco postulados se dividen en dos grandes grupos temáticos: en primer lugar, consideraciones acerca de la naturaleza esférica del mundo y de sus componentes primarios; y, en segundo lugar, sobre los movimientos terrestres.

La demostración de que el mundo es esférico y por lo tanto finito, la Tierra esférica y los movimientos planetarios circulares y perfectos, es matemática. Aunque se realiza de la misma manera que muchas de las demostraciones clásicas, debemos señalar que, para Copérnico, sus argumentos demostrativos son matemáticos. Esto es, se basan en la perfección de la esfera y el círculo como figuras privilegiadas o superiores dentro de la matemática. Así, para hablar de la esfericidad del mundo, escribe:

... hemos de señalar que el mundo es esférico, sea porque es la forma más perfecta de todas, sin comparación alguna, totalmente indivisa, sea

*porque es la más conveniente para comprender todas las cosas y conservarlas, [...] sea porque con esta forma todas las cosas tienden a perfeccionarse, [...] ya que tienden a limitarse por sí mismos, para que nadie ponga en duda la atribución de tal forma a los cuerpos divinos*¹⁴⁶.

En consecuencia, el mundo es finito y limitado por la esfera más alta: la de las estrellas fijas. Fuera de la cual hay nada, pues es el continente de todo lo que puede llegar a ser contenido. En otras palabras, el continente que no es contenido, y fuera del cual nada hay, ni movimiento, lugar o cuerpo alguno.

Sin embargo, cuando se trata de la demostración de la esfericidad de la Tierra acude a argumentos a la vez matemáticos y observacionales, o lo que es lo mismo, a argumentos empíricos. En cuanto a los primeros, Copérnico nos dice:

*Esto [la redondez de la Tierra] se clarifica de la siguiente manera: marchando hacia el norte, desde cualquier parte, el vértice de la revolución diurna se eleva poco a poco, descendiendo el otro por el contrario otro tanto, y muchas estrellas alrededor del septentrión parecen no ponerse y algunas hacia el punto austral parecen no salir más. [...] Además, las inclinaciones de los polos en relación a espacios medidos de la Tierra están en cualquier parte en la misma proporción, lo que en ninguna otra figura sucede, únicamente en la esférica. De donde es evidente que la Tierra también está incluida entre vértices, y por tanto, es esférica*¹⁴⁷.

Más adelante esboza los argumentos empíricos:

Hay que añadir, también, que los habitantes de oriente no perciben los eclipses vespertinos del Sol y de la Luna, ni los que habitan hacia el ocaso los matutinos; con respecto a los eclipses medios, aquellos los ven más tarde y éstos más pronto. También se deduce porque las aguas surcadas por los navegantes tienen esta misma figura [esférica]: puesto que quienes no distinguen la tierra desde la nave, la contemplan desde

¹⁴⁶ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 15. Las barras son más.

¹⁴⁷ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 16. Las barras son más.

*la parte más alta del mástil; desde la tierra, a los que permanecen en la orilla, les parece que desciende poco a poco al avanzar la nave, hasta que finalmente se oculta, como poniéndose*¹⁴⁸.

Por analogía, los planetas son, también, esféricos. Además de la evidencia de la forma circular que se observa en el Sol y en la Luna. Los cinco planetas restantes son, pues, esféricos. Por lo tanto, deben tener *el movimiento que más les conviene*: el circular alrededor de un centro. Los movimientos celestes son, pues, circulares, perfectos e infinitos. Esto es, movimientos cuya causa primera se expresa en la forma de los cuerpos celestes. Los planetas se mueven en círculos porque es “natural” que los cuerpos esféricos –por su forma geométrica– tengan ese tipo de movimiento. Aunque los movimientos naturales de que habla Copérnico son distintos de los ya mencionados de Aristóteles. En el *De Revolutionibus* escribe Copérnico: “Dice Aristóteles que el movimiento de un cuerpo simple es simple. Pero hay un movimiento simple y recto circular; de los rectos hay uno hacia arriba y otro hacia abajo. Por lo que todo movimiento simple o se dirige hacia el centro, que es hacia abajo, o parte del centro, que es hacia arriba, o alrededor del centro, que es el circular.”¹⁴⁹ Estos no son los mismos movimientos que presenta Copérnico en su *De Revolutionibus*. Si entendemos en Aristóteles el movimiento como teoría del cambio de lugar –y no en su amplia acepción, como él la concibe en su física–, los movimientos rectilíneos hacia o desde el centro, o los

¹⁴⁸ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 16. Las barras son mías. En otro pasaje del *De Revolutionibus*, Copérnico alude al descubrimiento de América como el argumento más concluyente sobre la redondez de la Tierra. De hecho, prácticamente, desde el siglo XVI, su verdadera forma no será más un asunto crucial en las discusiones cosmológicas. El pasaje dice: “Si además se añaden a estas tierras [Egipto, Arabia y Catay] las islas encontradas en nuestro tiempo por los príncipes de los Hispanos y de los Lusitanos, y sobre todo América, llamada así por su descubridor, el jefe de las naves, a la que por su magnitud aún desconocida la consideran otra superficie de la tierra {orbis terrarum}, además de las muchas islas desconocidas antes, por lo que tampoco sorprendería que hubiera antípodas o antíctonas. Pues el cálculo geométrico obliga a pensar que la propia América es diametralmente opuesta a la India del Ganges por su situación.” (Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 17-18).

¹⁴⁹ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 24-25.

movimientos circulares alrededor del centro, ocurren debido a la ubicación espacial de los cuerpos, esto es, a que los móviles se ubican debajo o arriba de la esfera de la Luna. En otras palabras, los movimientos circulares de los planetas son causados por la “naturaleza” propia de ser cuerpos ubicados en el mundo supralunar infinito, divino y perfecto. A. Koyré, nos hace una precisa aclaración sobre este asunto:

Que el movimiento circular sea el movimiento natural de los cuerpos celestes es un dogma de la física precopernicana tanto como de la física de Copérnico, y ello por una razón muy simple: el movimiento circular es el único movimiento uniforme que puede proseguir indefinidamente en un espacio finito. Pero para Aristóteles este movimiento es una propiedad de los cuerpos celestes y expresa la forma sustancial de ellos. Las esferas giran porque son celestes, es decir, eternas, divinas. Para Copérnico, giran en virtud de su forma esférica, forma geométrica, ya no sustancial. Por ello también, mientras Aristóteles está obligado a admitir una materia celeste propia, Copérnico no tiene necesidad de nada por el estilo. La forma geométrica tiene en él una virtud dinámica¹⁵⁰.

Ahora bien, el otro grupo temático de los postulados del *De Revolutionibus* se refiere a los movimientos terrestres. En el *Commentariolus* se hace alusión expresa a estos movimientos, pero, como se ha dicho, no hay demostración matemática de su existencia.

Para demostrar, matemáticamente, los distintos movimientos de la Tierra, debemos partir de una premisa fundamental: “... el movimiento [de la Tierra] es consecuencia de su forma [esférica]...”¹⁵¹. No hay otra razón por la cual la Tierra tiene más de un movimiento. Su forma esférica es condición de posibilidad de sus movimientos de rotación, traslación y precesión de los equinoccios, es decir, que ella es uno más de los planetas, o lo que es lo mismo, de los astros errantes. En otras palabras: la forma geométrica –esférica– de la

¹⁵⁰ Alexandre Koyré, nota de pie de página, en Nicolás Copérnico, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, (Buenos Aires: Eudeba, 1965), 27.

¹⁵¹ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 20. Las barras son mías.

Tierra, explica por sí misma por qué tiene movimiento de rotación de veinticuatro horas, cuyo eje son los polos. Además, hay otras razones. Copérnico citando a Ptolomeo, escribe que según éste:

... si la Tierra diese vueltas, al menos una revolución diaria, [...] su movimiento tendría que ser muy violento y su rapidez insuperable, ya que en XXIII horas recorrería todo el ámbito de la Tierra. Pero este movimiento vertiginoso lanzaría de repente todas las cosas y parecerían incapaces de unirse, y más bien se dispersaría lo unido, [...] Y ya hace tiempo, dijo, la tierra dispersada se habría elevado al mismo cielo (lo que es totalmente ridículo), y con mayor motivo, los seres animados y las demás cosas sueltas en manera alguna permanecerían estables¹⁵².

Para Copérnico este argumento es poco razonable. No es concebible que la Tierra se desintegre por causa de su enorme tamaño y su violento movimiento de rotación en veinticuatro horas. Pues, si la Tierra no tuviera movimiento habría que aceptar el movimiento diario de la esfera de las estrellas fijas en esa misma cantidad de tiempo. Y prosigue:

Pero ¿por qué no sospecha eso mismo [la desintegración y la dispersión], con mayor razón del mundo, cuyo movimiento debe ser tanto más veloz cuánto es mayor el cielo que la tierra? ¿O se ha hecho el cielo tan inmenso, porque un movimiento de inefable vehemencia lo aleja del centro, y de no ser así caería si estuviera quieto? Con seguridad, si este razonamiento tuviera razón de ser, la magnitud del cielo también se dirigiría hacia lo infinito. Pues un movimiento cuanto más es llevado hacia lo alto por su ímpetu, tanto más veloz será a causa de la siempre creciente circunferencia, que necesariamente ha de recorrer en el espacio de XXIII horas: y a la vez, al crecer el movimiento, crece la inmensidad del cielo. Así la velocidad hará avanzar hasta el infinito a la magnitud y la magnitud a la velocidad. Y según aquel axioma físico: lo que es infinito, no puede ser atravesado ni movido bajo razón alguna. Luego necesariamente el cielo estará quieto¹⁵³.

¹⁵² Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 25. Las barras son mías.

¹⁵³ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 26. Las barras son mías.

En pocas palabras, es más razonable que la Tierra tenga un movimiento de rotación y no la esfera de las fijas, que por su tamaño supera a aquella, millones de veces; si nos atenemos al postulado cuya aserción es que la Tierra es un punto en comparación con la altura del mundo. ¿Cómo se puede desintegrar y no pasa lo mismo con la esfera de las fijas que es más grande y se debería mover en el mismo tiempo a una velocidad mayor? Es más lógico pensar que la Tierra tiene un movimiento diario de rotación y no la esfera de las fijas.

En segundo lugar, el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol como un planeta común y corriente. Esta es una de las tesis centrales de la cosmología copernicana. Como se afirmó este es uno de los presupuestos para poder explicar el movimiento retrógrado de los planetas, además, del movimiento anual “aparente” del Sol por las constelaciones del zodiaco. No es posible hacer demostración matemática alguna de la retrogradación de los planetas, si no asumimos primero el movimiento de traslación terrestre. En otras palabras, en la cosmología de Copérnico la concepción de dicho movimiento es irrefutable y concluyente (como fue entendido por los copernicanos).

Y, en tercer lugar, la demostración del movimiento de precesión de los equinoccios. Esta argumentación se apoya, como es de suponer, en los registros de las observaciones astronómicas, desde el período alejandrino hasta los días de Copérnico. El descubrimiento de este movimiento, como se expuso en líneas anteriores, se le atribuye a Hiparco de Nicea, y consiste en el “balanceo” o “cabeceo” de la Tierra como una peonza o un trompo durante, más o menos, 26.000 años. Su consecuencia directa es la observación de las estrellas fijas en posiciones distintas aproximadamente cada 71 años, además de la mayor duración del año que se mide con relación a cualquiera de ellas. Durante muchos siglos este movimiento se le atribuyó a la propia esfera de las fijas e, incluso, se llegó a especular con la existencia de una novena, una décima y una undécima esfera, hasta que Copérnico, como Hiparco, lo caracterizan como uno de los movimientos de la Tierra.

En el *De Revolutionibus* se recurre a una exhaustiva enunciación de observaciones de posiciones de algunas estrellas fijas, que se realizaron desde la época clásica (ver Cuadro 1)¹⁵⁴.

Este mismo registro de observaciones de los citados astrónomos y de otros más, se hace a propósito de la estrella que está en la frente de Escorpión, de las tres que están en su cabeza, la más al norte, y la primera en el orden de formación de este signo (de la cual Copérnico no menciona el nombre); y de Regulus, en el pecho de Leo. Ésta es una prueba del movimiento de precesión de los equinoccios. Por tal razón sostiene:

De todo ello me parece que ha quedado bastante claro, que en todo el tiempo desde Timócaris hasta Ptolomeo, en CCCCXXXII años, han cambiado los equinoccios y los solsticios, adelantando generalmente un grado cada cien años, tomada siempre la relación entre el tiempo y la longitud del avance de situación de ellos {cantidad de precesión} la cual en total era de IIII grados y un tercio. Pues en lo que concierne al triunfo del verano {solsticio de verano}, con respecto a Basiliscus de Leo, desde Hiparco a Ptolomeo, en CCLXVI años, avanzaron dos grados con tres cuartos, de modo que esto también manifestaba en la relación del tiempo, que cada cien años se había anticipado un grado. Más adelante, la estrella que está en primer lugar en la frente de Scorpio, desde {la observación de} Albatenio hasta la de Menelao, mediando DCCLXXXII años, habiendo adelantado XI grados, LV minutos, de ninguna manera parecerá que hay que atribuirle a un sólo grado cien años, sino LXVI, sin embargo desde Ptolomeo, en DCCXLI años, a un grado solamente corresponden LXV. Si, finalmente, se compara el restante espacio de años, DCXLV, con la diferencia de IX grados, XI minutos de nuestra observación, se obtendrá un grado por los LXXI años. De donde queda claro, que la precesión de los equinoccios en aquellos CCCC años antes de Ptolomeo, había sido más lenta que desde Ptolomeo a Albatenio, y que ésta fue más rápida desde Albatenio a nuestra época¹⁵⁵.

¹⁵⁴ Todos los datos citados aquí se encuentran en el Libro III, capítulo 2. Véase: Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, III, 1-3, pp. 149-157.

¹⁵⁵ Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 153-154.

Cuadro 1. Observaciones citadas por Copérnico de algunas estrellas fijas

Estrella observada	Astrónomo	Ubicación	Época de la observación
Spica (en la constelación de Virgo)	Timócaris de Alejandría	Desde el solsticio de verano una longitud de 82° y un tercio, con latitud sur de 2°	Año 36 del primer período de 76 años, según la división de Calippo, que era el año 30 después de la muerte de Alejandro Magno.
Spica (en la constelación de Virgo).	Timócaris de Alejandría	Desde el solsticio de verano una longitud de 81 grados y medio, con la misma latitud.	Año 48 del mismo período.
Spica (en Virgo).	Menelao, geómetra romano.	Desde el equinoccio de otoño distaba una longitud de 86 grados y un cuarto. En la misma latitud.	Año 1 del emperador Trajano, que fue el 99 a partir del nacimiento de Cristo y el 422 después de la muerte de Alejandro.
Spica.	Ptolomeo.	86 grados y medio de longitud desde el equinoccio de otoño. En la misma latitud.	Año 2 de Antonino Pío.
Spica (observada desde Frauenburg, en Prusia, cuya latitud era de 54 grados y 19 minutos y medio).	Copérnico.	Una desviación de su declinación en 8 grados, 36 minutos, y su posición estaba a 17 grados, 14 minutos de Libra. (Ptolomeo había declarado que ésta se había desviado solamente medio grado, luego su posición hubiera tenido que estar a 26 grados, 40 minutos de Virgo).	Año 1515 de Cristo, el primero después del intercalado {bisiesto} según el calendario romano, que es el 1849 de los años de los egipcios después de la muerte de Alejandro.
Spica (desde Frauenburg).	Copérnico.	Declinación desde el Ecuador de 8 grados y 40 minutos, desde el principio de Libra.	Año 1525 de Cristo.

Este tercer movimiento de la Tierra introduce variaciones en las posiciones de las fijas con respecto al observador en períodos de tiempos distintos, como se ha visto. Recordemos que el problema no era tanto dicha variación, sino, su explicación. La introducción de nuevas esferas o cielos fue la salida más rápida antes de Copérnico, puesto que era muy difícil emanciparse de las esferas de Eudoxio y Aristóteles. Para Copérnico era más sencillo asumir la explicación, que a tal movimiento le dio en su momento Hiparco de Nicea, esto es, atribuirle ese movimiento a la Tierra y no a la propia esfera de las fijas o más esferas, o al Sol, como se ha indicado.

Copérnico y la modernidad: a modo de conclusión

Las consecuencias tanto científicas como filosóficas del trabajo de Copérnico son inconmensurables. En el plano científico es el punto de partida de la fundación de la ciencia moderna. Los herederos de su obra serán, como se dijo en algún momento, copernicanos o anticopernicanos. Los copernicanos intentarán demostrar sus teorías, al menos en lo que concierne a los aspectos fundamentales de ella: el Sol como cuerpo celeste alrededor del cual se mueven todos los planetas, incluida la Tierra y, por ende, la afirmación de la movilidad de ésta, como causa real de los movimientos observados en los cielos.

Su importancia para la ciencia radica, también, en que la obra copernicana señalará el camino de una nueva forma de investigación, en este caso, la física o cualquiera de sus afines, la astronomía, la matemática, la dinámica o la mecánica-, hace parte de la filosofía, tal como se entendía desde Aristóteles, pasando por los escolásticos, por el mismo Copérnico, hasta Descartes y Newton¹⁵⁶.

Si el trabajo de Copérnico se centra en las demostraciones de un Sol “aparentemente” en el centro del mundo y de los distintos movimientos de la Tierra, podríamos afirmar que él se limita a especulaciones

¹⁵⁶ Contrario a lo que afirman algunos historiadores de la ciencia con S. Drake, que evita llamar filósofo a Galilei. Para él Galilei es un físico, nunca, un filósofo.

cosmológicas –en el *Commentariolus*– y demostraciones matemáticas de los movimientos y ubicaciones de los cuerpos celestes –en el *De Revolutionibus*–. Esto quiere decir que no se ocupa de la “filosofía” de la misma manera que Aristóteles y los escolásticos, con todo lo que ello significaba, sino de una parte de ella. En efecto, no encontramos que Copérnico siquiera se ocupe de la “física” como lo hacía Aristóteles. Recordemos que para este último la física designaba un conjunto de “ciencias” cuyo dominio tiene que ver, de un modo u otro, con los llamados principios generales de la *fu/sij* y de las diversas formas en que se manifiesta, además, de la cosmología, la meteorología, la minerología, la botánica, la zoología, la biología, la psicología, la antropología, la mecánica del mundo, la dinámica, etc., –si las ponemos en términos modernos–, es decir, todo proceso de generación y corrupción que se presente en ella –en la *fu/sij*–.

La filosofía de Copérnico¹⁵⁷ se limita, pues, a la cosmología y a la astronomía matemática –con fuertes implicaciones, eso sí, en la física moderna–. Es decir, a explicaciones sobre el orden del Cosmos y sobre la naturaleza real de los movimientos de la Tierra, de los astros, de la esfera de las estrellas fijas y de los que ocurren en el sistema físico terrestre –los seres que están en la Tierra o relacionados con ella, como los pájaros y las nubes–. En otras palabras, en el sentido en que la tradición había asumido el concepto de Cosmos o de Mundo, esto es, aquello que está en perpetuo movimiento. Se puede ver aquí una analítica del movimiento. Pero ese movimiento no es el movimiento aristotélico que alude, a todo proceso de cambio que

¹⁵⁷ Aunque suene extraño, Copérnico se consideraba a sí mismo como filósofo –asunto completamente normal, entre los pensadores que se ocupaban, en los siglos XVI y XVII, del cosmos o las matemáticas–. En la carta-prefacio a Pablo III escribe: “... puedo estimar suficientemente lo que sucederá en cuanto algunos adviertan en estos libros míos, escritos acerca de las revoluciones del mundo, que atribuyo al globo de la Tierra algunos movimientos, y clamarán para desaprobarme por tal opinión. Pues no me satisfacen hasta tal punto mis opiniones, como para no apreciar lo que otros juzgasen de ellas. *Y aunque sé que los pensamientos del hombre filósofo están lejos del juicio del vulgo, sobre todo porque su afán es buscar la verdad en todas las cosas*, en cuanto esto le ha sido permitido por Dios a la razón humana; sin embargo, considero que debe huirse de las opiniones extrañas que se apartan de lo justo.” Copérnico, *Sobre las Revoluciones*, 7.

se observe en la *fu/sij*. El movimiento, tal como lo concibe Copérnico, es un concepto más restringido que el aristotélico. Se entiende como teoría de cambio de lugar. Y es en esta dirección en la que los copernicanos enfocaron sus investigaciones sobre el movimiento, y por donde se desarrolló la ciencia moderna.

En el plano filosófico las consecuencias fueron enormes. La gestación de una nueva ciencia desde la publicación de la obra de Copérnico implicaba una revisión de la filosofía que la hacía posible y, por ende, el planteamiento de una nueva. En este punto es donde Descartes apuntala su física. No es posible concebir su trabajo en física sin la consiguiente metafísica que la fundamenta. Para él era claro que la filosofía –de la misma manera que lo había pensado Aristóteles– abarca la totalidad del conocimiento humano. Pero esa diversidad que se generaliza en *la filosofía* no puede aparecer de forma desordenada. Todo debe obedecer a un orden y a una jerarquización del saber, esto es, a una fundamentación que se debe hacer desde la metafísica.

De todas maneras, a pesar de que se diga que Copérnico comenzó la modernidad, su pensamiento aún posee limitaciones que no le permiten que pueda ser tenido como un moderno en todo el sentido de la palabra. Dichas limitaciones se encontraban en la frontera de la concepción del mundo clásico y medieval, por directa influencia de la filosofía aristotélico-escolástica. Es imposible que en un solo momento de principios del siglo XVI se cambiara de una vez por todas la visión del mundo y, por ende, la filosofía. Este trabajo fue completado por los herederos de su obra que, de una manera u otra, demostraron o refutaron los postulados presentados tanto en el *Commentariolus* como en el *De Revolutionibus*.

Capítulo IV

Johannes Kepler: del Dios geómetra a las leyes del movimiento planetario

... nada falta sino sólo que digamos con Platón “Dios siempre geometriza”...¹⁵⁸

En el desarrollo de la ciencia moderna el trabajo de Johannes Kepler (1571-1630) ocupa un lugar privilegiado. Arthur Koestler, en *Los sonámbulos*, dice que en el pensamiento de Kepler se puede trazar la línea divisoria entre el medioevo y la modernidad; de hecho, el título de la cuarta parte de esta obra es “La Línea Divisoria”¹⁵⁹. Dicha línea, en términos más precisos, se establece entre su primera obra, el *Mysterium cosmographicum*¹⁶⁰ (1597), y las dos obras en las que publica sus tres leyes del movimiento planetario, la *Astronomia nova* (1609) –la primera y la segunda ley– y *Harmonice mundi* (1619) –la tercera–¹⁶¹.

¹⁵⁸ Johannes Kepler, *El secreto del universo* (Barcelona: Altaya, 1994), 96.

¹⁵⁹ Cfr. Koestler, *Los sonámbulos*, 169-321.

¹⁶⁰ El título original completo es *Prodromus dissertationum cosmographicum continens mysterium cosmographicum* (*Pródromo de consideraciones cosmográficas conteniendo el secreto del universo*). Cf. La traducción española de Eloy Rada García, Kepler, *El secreto del universo*, 4.

¹⁶¹ Poseemos una dificultad de primer orden con la obra de Kepler. Sólo han sido traducidas al castellano, que sepamos, dos de sus obras: el *Mysterium cosmographicum* (*El secreto del universo*) y la *Dissertatio cum nuncio sidereo* (*Conversación con el mensajero sideral*, *El mensaje y el mensajero sideral*, Madrid: Alianza, 1984). Para ello hay varias razones: según Eloy Rada, “Lo que resulta aparentemente extraño es que de su amplia y variada producción apenas nada haya sido trasladado (que sepamos) a nuestro idioma, salvo a través de referencias de terceros o de síntesis históricas del carácter que suelen éstas revestir en los artículos de grandes enciclopedias o en los artículos destinados al tema por autores de manuales más o menos extensos de historia general o, incluso, especial de ciertas ciencias. Y es que, mientras pudo ser pertinente su

El sistema del mundo del *Mysterium cosmographicum*

El proyecto kepleriano del *Mysterium cosmographicum* se resume en un “poema” que escribe en la parte final de su “Epístola Dedicatoria”¹⁶².

LECTOR AMICE SALVI

*Quid mundus, quae causa
Deo ratioque creandi, Unde
Deo numeri, quae tantae
regula moli, Quid faciat sex
circuitus, quo quaelibet orbe
Intervalla cadant, cur tanto
Jupiter et Mars Orbibus
haud primis,
interstinguantur hiatus:
Hic te Pythagoras docet
omnia quinque figuris.
Scilicet exemplo docuit, nos*

presencia [...], su nombre andaba por el Índice de Libros Prohibidos, sometido a la escrupulosa interdicción de la Ley Divina y humana [...]; y cuando el Índice dejó de ser eficaz, sólo la curiosidad histórica, la inevitable simpatía intelectual ante una figura y una obra como la suya, nos induce a recuperar [...] alguno de sus admirables trabajos.” (Rada, “Introducción”, en Kepler, *El secreto del universo*, 13-14). Arthur Koestler tiene otro punto de vista. En *Los sonámbulos* afirma que la escasez de traducciones (al castellano y a otros idiomas) de la obra de Kepler se debe, en primer lugar, a la dificultad que presenta el latín usado por él en su obra: un latín muy difícil –incluso rústico–, escrito por un escritor alemán, cuya estructura se circunscribe a la de su lengua materna. Y en segundo lugar, a que sus obras cumbre, *Astronomia nova* y *Harmonice mundi*, están llenas de información que no han interesado tradicionalmente a la historia de la ciencia y a la ciencia misma: teología, historia, astrología, entre otros; y lo que podría interesarles, son tablas astronómicas, datos de posiciones de los planetas, que hoy no tienen actualidad, y que sólo podrían interesarle a un matemático especialista, con curiosidad por los procesos usados por Kepler en el hallazgo de sus teorías. Todo el contenido de esta Epístola Dedicatoria es fundamental en lo que tiene que ver con la declaración pública de su adhesión al copernicanismo. Además, de que es la Epístola escrita para la segunda edición del *Mysterium* entre el 20 y 30 de junio de 1621.

162

*posse renasci,
Bis mille erratis dum fit
Copernicus annis, Hoc,
melior mundi speculator,
nominis. At tu Glandibus
inventas noli postponere
fruges*¹⁶³.

Los principales postulados del *Mysterium cosmographicum* se encuentran esbozados en este corto escrito: su adhesión al copernicanismo; la pregunta fundamental de la metafísica, esto es, la pregunta por las primeras causas o los primeros principios; y la afirmación de la regularidad numérica o matemática de la estructura del universo.

El copernicanismo de Kepler no admite dudas. En la “Introducción” a la edición española citada del *Mysterium cosmographicum*, Eloy Rada escribe que Kepler sólo se llega a familiarizar realmente con el *De Revolutionibus* de Copérnico y la *Narratio prima* de J. Rheticus¹⁶⁴, en los mismos días que se encontraba redactando el *Mysterium cosmographicum*. “Esto le confiesa a Maestlin en carta de 3 de octubre de 1595, en que le comunica que ya tiene su propia copia de Copérnico”¹⁶⁵. De todas maneras, lo que sabemos hoy, según los biógrafos de Kepler, es que conoció a Copérnico a través de Michael Maestlin, su maestro de astronomía, matemáticas y filosofía natural. Esto significó

¹⁶³ Kepler, *El secreto cósmico*, 52. En la traducción de Eloy Rada: “SALUDOS, AMIGO LECTOR/Qué es el mundo, cuál es la causa y la razón/de Dios al crear,/De dónde los números a Dios, y cuál/la ley de tan gran masa,/por qué son seis los orbes, a cada orbe/qué espacios lo separan, por qué tanto/espacio entre Júpiter y Marte/no siendo los orbes primeros;/Todo esto aquí Pitágoras te hará saber/con las cinco figuras./Con este ejemplo claramente enseñó/qué podemos renacer,/tras dos mil años de error/hasta la aparición de Copérnico,/ nombre del mejor investigador del mundo./Pero no aplaces tú por más tiempo/ los frutos contenidos en estas envolturas.” (Kepler, *El secreto cósmico*, 52).

¹⁶⁴ Como se ha dicho, una obra copernicana que había aparecido antes de la publicación del libro de Copérnico en 1543, para *tantear* el ambiente intelectual y su *posible impacto* en aquellos días entre los filósofos.

¹⁶⁵ Véase la nota de pie de página número 8 de la “Introducción” de Eloy Rada al *Secreto del universo*, p. 21.

que, a pesar de que se declarara copernicano –como se puede ver en su poema–, su proyecto no es copernicano: en los problemas que se plantea y, por ende, en la forma de resolverlos, esto es, la pregunta por las primeras causas y por la estructura numérica y proporcional del universo. Según Kepler, es necesario “... probar con un nuevo argumento las hipótesis de Copérnico...”¹⁶⁶. Y continúa: “Tres cosas había en concreto sobre las cuales yo insistentemente quería saber por qué eran así y no de otra manera: el número, la magnitud y el movimiento de los orbes (Numerus, Quantitas et Motus orbium)”¹⁶⁷.

Los intereses y las preguntas de Copérnico eran de índole distinta, tanto en el *Commentariolus* como en el *De Revolutionibus*. Como se ha dicho, sobre la movilidad de la Tierra, la consiguiente explicación de los movimientos retrógrados de los planetas como movimientos aparentes y la ubicación del Sol como referencia de los movimientos celestes. Kepler lo enuncia en estos términos: “Entonces yo llegué a adscribir a la propia Tierra el movimiento del Sol, pero mientras Copérnico lo hizo con argumentos matemáticos yo lo hice con argumentos físicos o, mejor, metafísicos”¹⁶⁸. Más adelante afirma:

*Pues, qué se podría decir o imaginar más admirable, más apto para persuadir que: aquello que Copérnico estableció por observación, a partir de los efectos, a posteriori, como un ciego afirma sus pasos con el bastón (como solía decir Rhetico), en una conjetura más afortunada que fiable, y hasta creyó que las cosas eran así, todas estas cosas, digo, sean deducidas como perfectamente establecidas mediante razones a priori, a partir de causas, deducidas de la idea de creación*¹⁶⁹.

La pregunta por los primeros principios o las primeras causas se habían constituido desde Platón y Aristóteles en la pregunta fundamental de la filosofía. No es posible concebir un sistema del mundo si no aparece complementada por una elaboración metafísica.

¹⁶⁶ Kepler, *El secreto cósmico*, 92.

¹⁶⁷ Kepler, *El secreto cósmico*, 66.

¹⁶⁸ Kepler, *El secreto cósmico*, 65. Por supuesto, como se sabe, estos argumentos matemáticos sólo aparecen en su *De Revolutionibus*.

¹⁶⁹ Kepler, *El secreto cósmico*, 96.

Esto no sólo era una tradición en la manera de hacer filosofía sino también una necesidad: los filósofos musulmanes y los medievales escolásticos, no sólo lo entendieron, sino que lo heredaron a la modernidad. En el proyecto de Kepler en el *Mysterium cosmographicum* es un asunto de primer orden. Pero, ¿de qué manera aborda esta cuestión? “Al comienzo Dios creó la materia; y si conocemos su definición creo que resultará meridianamente claro por qué al principio Dios creó la materia y no otra cosa. Digo que la cantidad fue el propósito de Dios...”¹⁷⁰. En otras palabras, Dios es la primera causa o el primer principio del cual deducimos el número, la magnitud y la naturaleza de los movimientos de los orbes, además, de la forma del universo, su finitud y el privilegio de los movimientos circulares infinitos frente a la limitación de los movimientos rectilíneos en un espacio de tales características. Por ello Kepler se pregunta:

*Pero, ¿por qué, a la postre, fue propósito de Dios distinguir entre lo curvo y lo recto y establecer la nobleza de lo curvo? ¿Por qué, pues? Solamente porque era absolutamente necesario que el Creador perfectísimo realizase la más bella obra, pues ni ahora ni nunca se puede evitar que el mejor de los seres no produzca la más bella de las obras [...] Pero, puesto que el Creador del mundo preconcebíó en su mente (hablando en términos humanos, para que lo entendamos como hombres que somos) una Idea del mundo y la Idea es primero que la cosa, y además, como se ha dicho, anterior a una cosa perfecta, será ella misma óptima en tanto que forma de la obra futura; es evidente que Dios de ninguna otra cosa que de su propia esencia pudo obtener la idea para fundar el mundo con estas leyes que en su bondad se prescribió a sí mismo, esencia que puede ser considerada en dos aspectos cuán excelente y divina sea, primero en sí misma en tanto que es una en esencia y trina en personas, y después comparándola con las cosas creadas*¹⁷¹.

No cabe duda respecto al principio a priori del cual deducimos diversos fenómenos. Sin embargo, existe en el *Mysterium cosmographicum* un interesante tránsito entre la causa primera y la matemática

¹⁷⁰ Kepler, *El secreto cósmico*, 92.

¹⁷¹ Kepler, *El secreto cósmico*, 93. Las barras son mías.

o la geometría. Para Kepler, Dios geometriza o matematiza, es decir que, en el momento de la Creación del mundo, lo diseña con tal perfección y regularidad matemática que es posible conocer cuál es *su Plan para su Magna Obra*. La mente de Dios es la de un matemático. Así que no es raro que cuando habla de esa primera causa nos remita a la matemática pitagórica. Esa causa primera, es decir, Dios, a fin de cuentas, es también un principio matemático.

Mas, si alguien quisiere eliminar estas razones filosóficas sin argumentos y sólo con una sonrisa, bajo el pretexto de que un hombre nuevo como yo proponga al cabo de los siglos estas razones filosóficas, mientras callan las antiguas lumbreras de la filosofía, le mostraré como guía, autoridad y precursor desde la remota Antigüedad a Pitágoras [...], porque al haber visto la importancia de los cinco cuerpos sólidos [...], no pensó que era indigno de la atención divina el tenerlo en cuenta y acomodar cosas no matemáticas contempladas físicamente y bajo alguna propiedad suya accidental a las cosas matemáticas. Equiparó, pues, la Tierra a un Cubo, porque ambos son estables, cosa que no dice propiamente del cubo. Atribuyó el Icosaedro al cielo, porque ambos son giratorios; la Pirámide, al fuego, por tener la forma de la llama; y los otros dos cuerpos los distribuyó entre el aire y el agua, por la semejanza con sus vecinos en la formación de uno y otro¹⁷².

Por ello escribe que:

Es mi intención [...] demostrar [...] que el Creador Óptimo Máximo, al crear este mundo móvil y en la disposición de los cielos se atuvo a los cinco cuerpos regulares que han sido tan famosos desde los días de Pitágoras y Platón hasta los nuestros y también que en función de su naturaleza ajustó su número, sus proporciones y la razón de sus movimientos¹⁷³.

Los sólidos regulares se constituyen en el argumento principal para demostrar el número, la magnitud y los movimientos de los orbes. Las preguntas de las cuales parte Kepler son, pues, ¿Por qué Dios

¹⁷² Kepler, *El secreto cósmico*, 96-97. Las barras son mías.

¹⁷³ Kepler, *El secreto cósmico*, 65. Las barras son mías.

creó seis planetas? ¿Por qué no tres, cuatro, cinco, siete u ocho, o en cualquier otra cantidad? Su respuesta nos remite, como se ha insinuado, a los cinco sólidos regulares: el tetraedro, el cubo, el octaedro, el icosaedro y el dodecaedro.

El privilegio de los sólidos regulares frente a otras figuras tridimensionales, se sustenta en sus características especiales. La primera de ellas es que son figuras iguales por todas sus partes; la segunda, que dentro de ellas se puede introducir una esfera y la superficie exterior de ésta toca las caras interiores de los sólidos en puntos equidistantes; y la tercera que, si introducimos cualquier sólido en una esfera, cada uno de sus vértices toca la cara interior de la esfera, también, en puntos equidistantes. Kepler lo manifiesta en los siguientes términos:

La nobleza de los sólidos depende de la simplicidad y de la igualdad de distancia de los planos hasta el centro de la figura. Al igual que Dios es modelo y regla para las criaturas, del mismo modo lo es la esfera para los sólidos. Y ésta tiene las propiedades siguientes:

1. *Es simplicísima, porque se clausura con una sola superficie, esto es con ella misma.*
2. *Todos sus puntos distan absolutamente igual del centro. Por ello de entre los sólidos, los regulares se aproximan más a la perfección de la esfera. Su definición es ésta: 1) todos sus lados, 2) todas sus caras y 3) sus ángulos son respectivamente iguales tanto en especie como en magnitud, cosa propia de la simplicidad; y dada esta definición se sigue además que 4) todos los centros de las caras distan igual del centro, 5) que si se inscribe en un globo todos los vértices sean tangentes de la superficie, 6) que todos ellos se hallen situados en ella, 7) que todos los centros de las caras sean tangentes a un globo inscrito en el sólido, 8) que el globo inscrito, en consecuencia, se halle fijo e inmóvil, 9) y que tenga el mismo centro que el sólido¹⁷⁴.*

¹⁷⁴ Kepler, *El secreto cósmico*, 100.

Estas figuras y sus propiedades son fundamentales para la solución kepleriana de la magnitud y proporción de los orbes celestes. Por ello el Cubo está entre el orbe de Saturno y el de Júpiter; el Tetraedro, entre el de Júpiter y el de Marte; el Dodecaedro, entre el de Marte y el de Tierra; el Icosaedro, entre el de Tierra y el de Venus; y el Octaedro, entre el orbe de Venus y el de Mercurio. Las razones de la ubicación de un sólido determinado entre dos orbes, viene dada según su perfección, forma o conveniencia matemática¹⁷⁵.

Este sistema del mundo, expuesto en el *Mysterium cosmographicum*, se convirtió en una de las referencias filosóficas más importantes del siglo XVII. Los contemporáneos de Kepler y los lectores de finales de este siglo lo leyeron con interés y en general con desconfianza.

En las especulaciones filosóficas –o si se quiere, científicas– ya no fue posible obviar a Kepler, tanto para refutarlo como para aceptarlo. Galileo, Descartes, el mismo Kepler, y más tarde Newton, de una manera u otra volverán sobre este extraño y fascinante librito.

Las leyes del movimiento planetario

En el período que va de enero de 1600 hasta octubre de 1601, Tycho Brahe y Johannes Kepler se encuentran juntos en Praga, en la corte del emperador Rodolfo II¹⁷⁶. Kepler ya había sido reconocido como un matemático notable por la comunidad académica de Europa Occidental, desde algunos años antes de 1600, por la publicación del *Mysterium cosmographicum*, lo que significó que Brahe lo llamara a trabajar a su lado en Praga. Sin embargo, esto no se queda en la mera anécdota. Éste poseía detalladas observaciones de los movimientos del planeta Marte –además de otras– hechas durante treinta y ocho años¹⁷⁷, y a su muerte, quedaron en poder de Kepler,

¹⁷⁵ Véanse los capítulos III, IV, V, VI, VII y VIII, de *El secreto del universo*, Op. Cit., p. 104-115.

¹⁷⁶ Brahe falleció el 24 de octubre de 1601.

¹⁷⁷ Como escribe el mismo Kepler en su “Diario de Observaciones” en Koestler, *Los sonámbulos*, 243.

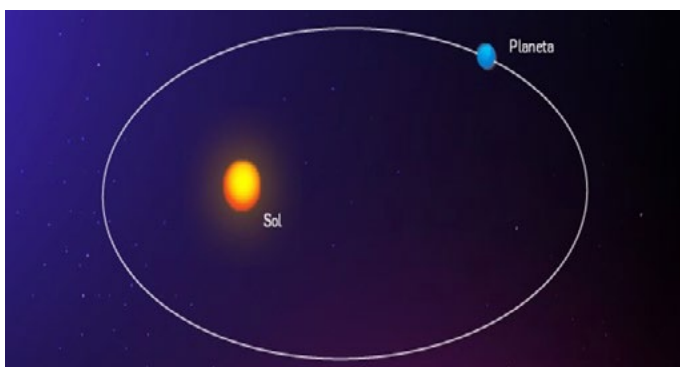
quien había sido nombrado por el emperador en el lugar del finado Brahe: matemático y astrónomo imperial. Esto puede parecer un dato histórico más. Sin embargo, este acontecimiento fue crucial para que él pudiera comenzar la ardua tarea de elaboración de las tres leyes del movimiento planetario. Sin esas observaciones dicho trabajo no habría podido llevarse a cabo con éxito. Según Kepler:

[Marte] es el gran vencedor de la curiosidad humana, se burló de todas las estratagemas de los astrónomos, les hizo romper sus instrumentos, derrotó sus ejércitos; mantuvo el secreto de sus reglas a salvo durante todos los siglos pasados y prosiguió su camino con una libertad sin restricciones; por ello, el más famoso de los latinos, el sacerdote de la naturaleza, Plinio, lo acusó especialmente: Marte es una estrella que pone a prueba la observación¹⁷⁸.

En la historia de la astronomía descriptiva, Marte fue el planeta que más inconvenientes presentaba en el momento de tratar de explicar y predecir su movimiento de traslación a través de las estrellas fijas; y es en la *Astronomia nova* donde aparece lo que luego se convertiría en la primera ley del movimiento planetario. Inicialmente, los cálculos se hacen sobre Marte, por lo que se formula así: “La órbita de Marte es una elipse con el Sol en uno de sus focos”. En el *Harmonice Mundi* este enunciado aparece aplicado, o generalizado, a todos los movimientos planetarios: “La órbita de un planeta es una elipse con el Sol en uno de sus focos”. Esta primera ley nos presenta dos aspectos para el desarrollo de la ciencia moderna: las órbitas elípticas de los planetas y la ubicación de un Sol descentrado en uno de los focos de la elipse.

¹⁷⁸ Kepler, “Dedicatoria a la *Astronomia Nova*”, en Koestler, *Los sonámbulos*, 247.

Figura 1. Diagrama de la primera ley del movimiento planetario.



El hallazgo de los recorridos elípticos de los planetas es uno de los descubrimientos más espectaculares de la modernidad. Este tipo de movimiento pone en tela de juicio toda la tradición cosmológica y a la misma astronomía matemática, en otras palabras, a toda la filosofía clásica, cuyas bases se ven sacudidas y socavadas por una sencilla ley matemática. La cosmología de Aristóteles pierde las esferas perfectas, transparentes y etéreas; la astronomía matemática de Ptolomeo, los círculos perfectos, eternos e inmutables, sus ex-céntricas, ecuantas, deferentes y epiciclos; el axioma platónico de la circularidad pierde su puesto de privilegio en las explicaciones de la naturaleza armónica del mundo, además, entra en tela de juicio el mismo sistema copernicano que defendía las órbitas circulares y perfectas. En fin, los fundamentos de la filosofía de Platón, Aristóteles, Ptolomeo y los filósofos musulmanes y cristianos, no pueden seguir dando cuenta de la estructura del universo. Además, el Sol como referencia de los movimientos celestes, esto es, aparentemente como centro absoluto del mundo, pierde validez de una vez por todas. Si en las tesis de Copérnico este acontecimiento es crucial, desde Kepler, ya no será más un problema que se deba discutir; la solución es definitiva y contundente.

La irrupción de la primera ley del movimiento planetario no sólo mueve los cimientos de la filosofía aristotélico-escolástica, sino

también los principios religiosos y teóricos del mismo Kepler. Por esta época, él sigue pensando que Dios creó el mundo con armonía y orden, cuya estructura matemática obedece a *su Plan* en el mismo acto de la creación. Según A. Koestler, Kepler, al final de sus días, siguió pensando en la validez del universo que concibió en el *Mysterium cosmographicum*; y su trabajo de la *Astronomia nova* y del *Harmonice mundi* como un inevitable producto de su razonamiento en matemáticas y astronomía, cuya lógica demostrativa no podía refutar desde la misma filosofía, a la teología, o desde la suposición de que su trabajo inicial, es decir, su universo de esferas sostenido por los cinco sólidos regulares, era el más conveniente dada su cercanía con el argumento teológico de la perfección de Dios y, por ende, de la perfección de *su Obra*, apoyado en la proporción y regularidad de la estructura matemática –y geométrica– del mundo¹⁷⁹.

Por tal razón, el proceso que lo lleva al descubrimiento de esta ley es arduo y doloroso. Kepler está atrapado entre la tradición, que aceptaba la perfección del movimiento circular como único movimiento que puede continuar indefinidamente, y sus ideas de un mundo armónico y ordenado desde la perfección de Dios, de su primera obra. La aparición de una órbita elíptica implicaba la aceptación de que Marte o cualquier planeta, se moviera en una curva mecánica imperfecta, una figura más parecida a un “huevo” o “un rostro regordete”, como nos lo hace saber en su *Astronomia nova*¹⁸⁰.

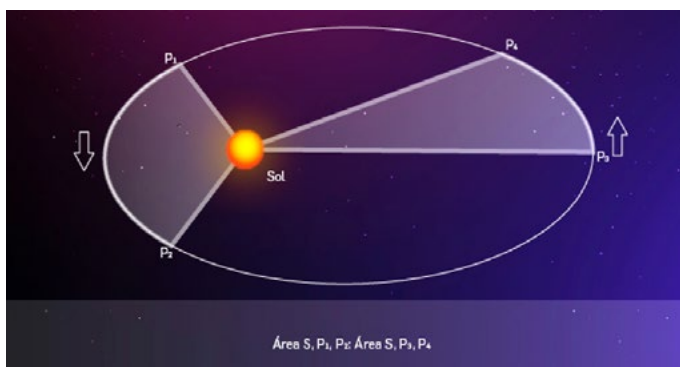
¹⁷⁹ De hecho, publicó una segunda edición del *Mysterium cosmographicum*, después de 1619, es decir, luego de las obras que contenían las tres leyes del movimiento planetario, la *Astronomia Nova* (1609) y el *Harmonice Mundi* (1619). En esa edición no desechó su concepción del universo de esferas sostenidas por los sólidos regulares. Veinticinco años después del nacimiento y publicación del *Mysterium Cosmographicum*, entre el 20 y 30 de junio de 1621, en la “Epístola Dedicatoria”, escribió: “... y a lo largo de estos veinticinco años me han proporcionado [los capítulos de este libro] más de una luz mientras entretejía la malla de restauración astronómica [...]; finalmente casi todo cuanto de astronomía he publicado desde entonces puede referirse a alguno de los principales capítulos propuestos en este libro, bien como ilustración, bien como perfeccionamiento...” Kepler, *El secreto del universo*, 47. Las barras son mías.

¹⁸⁰ Sobre el tortuoso proceso que lleva a Kepler a la formulación de esta ley, véase el párrafo 7, capítulo 6, cuarta parte, de *Los sonámbulos* de A. Koestler.

En consecuencia, los fundamentos de la filosofía de la naturaleza tienen que cambiar. Y es Kepler quien nos enseñó la necesidad de una nueva metafísica para una renovada y naciente filosofía natural.

En la *Astronomia nova*, como se ha dicho, aparece formulada, lo que luego conoceríamos como la segunda ley del movimiento planetario. Los términos de esta segunda ley son los siguientes: “Un planeta en su traslación alrededor del Sol recorre áreas iguales en tiempos iguales”¹⁸¹. Consideremos (ver la figura 2) la elipse como el recorrido de un planeta en su órbita (pues la primera ley es el punto de partida para poder explicar las otras dos), y las áreas (S, P1 y P2) y (S, P3 y P4), donde S es el Sol. Ahora, admitamos que esas áreas son iguales. Según esta ley, el planeta recorre las distancias P1, P2 y P3, P4 en el mismo tiempo. Es decir, que es más veloz en la proximidad del Sol –en el perigeo– y más lento en el apogeo.

Figura 2. Diagrama de la segunda ley del movimiento planetario¹⁸⁹.



Koestler, *Los sonámbulos*, 258-262.

¹⁸¹ Como se ha afirmado, tanto la segunda como la tercera ley, fueron, igual que la primera, formuladas a propósito de Marte, y luego generalizadas para los seis planetas conocidos.

Las consecuencias de esta ley son enormes. Para Kepler debía existir una razón por la cual el planeta se aceleraba cuando se acercaba al Sol y se desaceleraba cuando se alejaba de él. Es decir, se preguntó por la *causa* que hace posible dicho fenómeno de aceleración y desaceleración. Según Kepler, debería existir una fuerza que hiciera posible este acontecimiento, sin embargo, el problema era la naturaleza de esa fuerza. De alguna manera, en el prefacio de la *Astronomia nova* llegó a hablar de la existencia de una fuerza de atracción de naturaleza desconocida, tal vez magnética o espiritual, pues la atracción entre los cuerpos fue una constante preocupación de su trabajo. No sólo la atracción entre los cuerpos celestes, sino de cualquier ente material, por insignificante o pequeño que fuera. Esto se evidencia en ciertos pasajes de este texto:

*Si dos piedras se hallan situadas en un lugar cualquiera del espacio, la una cerca de la otra, y fuera del alcance de la fuerza de un tercer cuerpo de la misma naturaleza, entonces se unirán entre sí, aproximándose cada una a la otra en proporción a la masa de esta última. [...] Si una fuerza espiritual o de alguna otra naturaleza equivalente no mantuviera a la Tierra y la Luna en sus respectivas órbitas, la Tierra ascendería hacia la Luna 1/54 parte de la distancia, y la Luna descendería las restantes 53 partes del intervalo, y así se unirían. Pero este cálculo presupone que ambos cuerpos poseen la misma densidad. [...] Si la Tierra dejara de atraer las aguas del mar, los mares se elevarían y fluirían hacia la Luna... [...] Si la fuerza de atracción de la Luna llega hasta la Tierra se deduce que, del mismo modo, la fuerza de atracción de la Tierra se extiende hasta la Luna y aún más lejos...*¹⁸²

Ahora bien, *esa fuerza magnética o espiritual, posiblemente, es la que mantiene en movimiento a los planetas alrededor del Sol*. Como si el Sol los halara hacia sí, haciéndoles ganar velocidad cuando se acercan a él, o perder velocidad cuando se alejan. En otras palabras, una fuerza que Kepler calificó como “lazos o cadenas invisibles”. Pero, ¿por qué razón no se dirigen al Sol y chocan con él? Una segunda

¹⁸² Kepler, “Astronomia Nova”, en Koestler, *Los sonámbulos*, 265. Las barras son mías.

fuerza los mantiene en equilibrio: la fuerza centrífuga o, como más tarde se conocería desde Galileo y Descartes, la fuerza inercial.

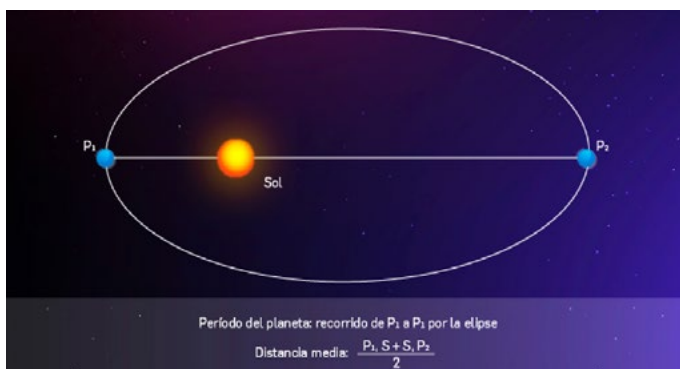
Aunque podríamos pensar que Kepler introduce el concepto de fuerzas (la magnética y la inercial) como causas del movimiento planetario, producidas por el Sol como un gran imán y la tendencia del planeta a salir disparado por la tangente, no hay todavía un concepto tan elaborado como el que vamos a encontrar más tarde en Newton, a propósito de la teoría de la gravitación; o en Galileo y Descartes, a propósito de la ley de inercia.

En otras palabras, por mucho que insistamos en aseverar que Kepler hace explícita una *teoría de la gravedad* o una *ley de inercia*, no las llegó a formular como leyes de la naturaleza, ni a explicar en qué consistía su noción de fuerza; las limitaciones de su pensamiento, de cierta manera aferrado a algunos aspectos de la filosofía medieval, impidieron tal asunto. Sin embargo, eso no quiere decir que no haya tenido una cierta comprensión de estos fenómenos físicos. Lo importante para el desarrollo de la ciencia moderna es que esa *causa* por la cual se pregunta, no es una causa metafísica, como las de Aristóteles o los medievales, sino, física, aun cuando no sepa en qué consiste o de qué naturaleza sea. Estas causas primeras netamente físicas –que fueron también valoradas por Galileo y Newton– estaban fuera del pensamiento de Descartes, quien, de nuevo, unos años más tarde retomará, las causas primeras, pero metafísicas.

Lo que se conoce como la tercera ley del movimiento la encontramos en el *Harmonice mundi*, así: “El cuadrado del período de un planeta es proporcional al cubo de su distancia media al Sol.” La duración del recorrido de los cinco planetas conocidos alrededor del Sol, además de la Tierra, desde que fue un planeta más, luego del *De Revolutionibus* de Copérnico y la gradual aceptación de esta teoría, entre mediados del siglo XVI y el siglo XVII, era un conocimiento que poseyeron todas las antiguas civilizaciones que habían desarrollado conocimientos en astronomía. Babilonios, egipcios, los pueblos Egeos del 2500 a. C., los antiguos británicos, los mayas en América y los chinos, habían determinado, algunos de ellos,

los ciclos planetarios con una precisión asombrosa. Así pues, dicho conocimiento había permanecido en la base de esas civilizaciones. Sin embargo, como es de suponer, las limitaciones experimentales y explicativas eran notables. Sabemos que se puede medir el ciclo de un planeta observando desde la Tierra, es decir, que para efectos de explicar este fenómeno da igual poner la Tierra en el centro de los movimientos planetarios, que hacerlo con el Sol. La unidad de medida sigue siendo la misma: el año solar en los sistemas del mundo que tenían la Tierra como el centro, y el año terrestre para los que conciben al Sol como dicho centro.

Figura 3. Diagrama de la tercera ley del movimiento planetario.



El problema que plantea Kepler va más allá. Ya lo había asumido como una parte fundamental de su proyecto del *Mysterium cosmographicum*. Se trataba de las distancias entre los planetas y las distancias de ellos con respecto al Sol que, a su vez, es la referencia de todos los movimientos. La solución del *Mysterium cosmographicum* tiene que ver, como se ha visto, con los sólidos regulares que sostienen las esferas perfectas en las que se mueven los planetas. En el *Harmonice mundi* dicha solución varía. Ahora las órbitas no son circulares y perfectas, los planetas no se mueven en esferas, éstas no están sostenidas por los sólidos, y más bien se mueven en elipses con el Sol en uno de sus focos. Además, no es posible dejar de lado la

segunda ley del movimiento planetario: dicha ley mostraba que el planeta cuando se acercaba al Sol se movía más rápido y cuando se alejaba de él perdía velocidad, para, en el apogeo, tener la velocidad mínima de todo su recorrido. Además de estos presupuestos también hay que señalar que el orden planetario estaba dado según la duración de su revolución: primero Mercurio cuya duración es de ochenta días; luego Venus en nueve meses; la Tierra, un año; Marte dos años terrestres; Júpiter, doce años; y Saturno, treinta años, según los datos citados por Copérnico en su *De Revolutionibus*¹⁸³.

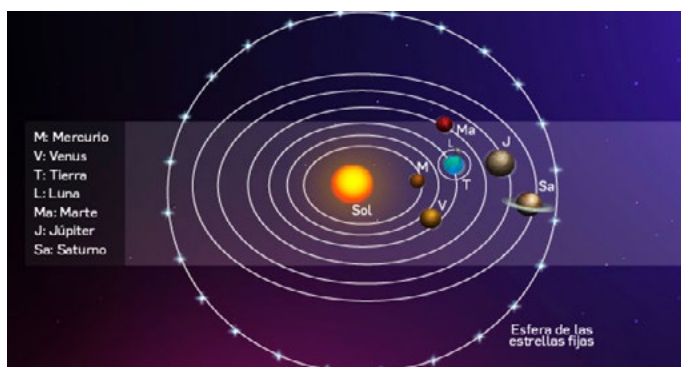
Por tales razones cuando Kepler calcula la distancia entre los planetas y la de éstos con el Sol, tiene que introducir el concepto de distancia media. La distancia media consiste, pues, en primer lugar, en medir la distancia máxima del Sol al planeta en el apogeo; en segundo lugar, su distancia mínima en el perigeo; sumarlas y dividir las por dos. Como hacer esto en la práctica era imposible, Kepler ideó la fórmula matemática que expresa la tercera ley del movimiento planetario. En esta ley aparecen dos variables: el período o duración de la revolución del planeta que denominaremos *Tiempo*, y la distancia media entre el Sol y el planeta a la que llamaremos *Espacio*. De las dos tenemos un dato conocido: el tiempo o período de revolución. Esto significa que conociendo un dato –en este caso el *Tiempo* que demora un planeta en darle la vuelta al Sol–, podemos conocer el que nos interesa –la distancia media o el *Espacio* que hay entre ellos–. Esta ley se convirtió en uno de los hallazgos más importantes de la ciencia moderna, y la posteridad la consideró como tal.

Sin embargo, a principios del siglo XVII las leyes de Kepler no son aceptadas inmediatamente. La fuerza de la filosofía clásica es enorme con respecto a las nuevas propuestas de la naciente ciencia moderna. De hecho, Galileo sigue pensando en órbitas circulares y perfectas y Descartes en los movimientos de los planetas en torbellinos de materia. Sólo Newton, en la segunda mitad de este siglo, las puso en la base de su sistema del mundo.

¹⁸³ Cfr. El dibujo del sistema del mundo hecho por el propio Copérnico en el *De Revolutionibus*, en Copérnico, *Sobre las revoluciones*, 34.

La lenta aceptación de las tres leyes del movimiento planetario en el siglo XVII tenía que ver con que el universo de Kepler rompía con los sistemas cosmológicos clásicos, que se habían caracterizado por ser ordenados¹⁸⁴, simples y en términos estéticos, muy bellos.

Figura 4. El universo de Kepler.



En general, los universos clásicos estaban limitados por la esfera de las estrellas fijas con órbitas planetarias circulares y perfectas o, en su defecto, esféricas, como las de Eudoxio y Aristóteles. En términos estéticos el universo de Kepler es desordenado¹⁸⁵. Es difícil que una época cambie su visión del universo y su lugar en él luego de dos mil años de tradición sostenida por los filósofos y reforzada por la religión –la griega, la romana, la islámica y la cristiana–. Kepler da el golpe de gracia a la ciencia institucional. Lo que no quiere decir que su sistema sea tan moderno como el de Newton, pues su universo sigue limitado por la esfera de las fijas, como las tradicionales concepciones del cosmos.

¹⁸⁴ Es la razón por la cual la palabra griega κόσμος (cosmos) significa *orden*. Fue la palabra para designar ese todo ordenado.

¹⁸⁵ Ver figura 4.

Capítulo V

Galileo Galilei: la polémica con Aristóteles

*No hay, tal vez, en la naturaleza nada más viejo que el movimiento [...], muchas de sus propiedades, muy dignas de conocerse, no han sido observadas ni demostradas hasta el momento*¹⁸⁶.

*Y prestar atención al gran libro de la naturaleza, que es el objeto propio de la filosofía, es el modo de elevar las miras*¹⁸⁷.

A la hora de caracterizar el pensamiento moderno es imprescindible leer la obra de Galileo Galilei (1564-1642). Es el primer pensador del siglo XVII señalado por los historiadores y filósofos de la ciencia como el pensador moderno, por excelencia. Esto quiere decir, en pocas palabras, que su pensamiento y obra se encuentran independizados de la filosofía medieval aristotélico-tomista. Esto ha significado que se mencione como una de las cumbres del pensamiento moderno.

Podríamos dividir las ideas galileanas sobre la ciencia moderna en tres partes: 1) las apreciaciones metodológicas, 2) las consideraciones cosmológicas, y 3) la formulación de los postulados de la nueva ciencia. Esto lo encontramos en sus principales obras: el *Sidereus nuncius*, *El ensayador*, el *Diálogo sobre los sistemas máximos* y las *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*¹⁸⁸.

¹⁸⁶ Galileo Galilei, *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* (Madrid: Editora Nacional, 1981), 265. Las barras son mías.

¹⁸⁷ Galileo Galilei, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano* (Madrid: Alianza, 1994), 3.

¹⁸⁸ *Sidereus nuncius* (1610), *Il saggiatore* (1623), *Diálogo sobre los sistemas máximos* (1632) y *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*

Apreciaciones metodológicas

*Mejor es, por tanto, dejar estas vaguedades a los retóricos y que pruebe lo que pretende con demostraciones necesarias, que es lo que debe hacerse en las ciencias demostrativas*¹⁸⁹.

Las apreciaciones metodológicas de Galileo se encuentran en *El ensayador* que, como se sabe, se centra en la polémica con el jesuita Orazio Grassi. Bien conocida por la historia de la ciencia es la relación entre los jesuitas y Galileo mucho antes de la escritura de este libro. Sin embargo, no es el verdadero propósito de *El ensayador* ni el más interesante. Es un texto que plantea una discusión acerca del lugar por el que se mueven tres cometas observados hacia 1619. Lo normal sería que los jesuitas hubieran tratado de demostrar que dicho cometa se moviera por debajo de la esfera de la Luna y que Galileo tratara de explicar que dicho movimiento se efectuara por encima de dicha esfera, es decir, los jesuitas en la clásica defensa de la cosmología aristotélica (pues así se concebían a sí mismos en la época y aun todavía hoy por la historiografía científica) y Galileo llevando a cabo alguno de sus demoledores ataques a dicha cosmología.

Pero las cosas ocurren de otro modo. Para comienzos del siglo XVII algunos jesuitas habían aceptado el sistema del mundo defendido por Tycho Brahe. El sistema copernicano del *De Revolutionibus*, mucho antes de eso, se había constituido en uno de los libros más estudiados por la Compañía de Jesús. Para ellos las tesis de Copérnico sobre la movilidad de la Tierra, eran una interesante explicación alternativa acerca de los movimientos celestes. Sin embargo, en 1616 la obra de Copérnico fue puesta en el Índice. Eso significó que

(1638). Aunque cada una de ellas obedece a un objetivo muy específico. El *Sidereus nuncius* expone los descubrimientos de 1609 y 1610 con el telescopio; *El ensayador*, su polémica con el jesuita Orazio Grassi, a propósito de la naturaleza del movimiento de los cometas; el *Diálogo sobre los sistemas máximos*, en el que defiende el sistema copernicano frente a los sistemas del mundo aceptados por la tradición medieval; y las *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, en la que alcanza su proyecto científico moderno.

¹⁸⁹ Galilei, *Diálogo*..., 10.

algunos jesuitas no pudieran declarar su copernicanismo, así que optaron por asumir un sistema del mundo que conciliaba la tradición aristotélica y las novedosas teorías del canónigo de Frombork. Ese sistema era el de Brahe.

Según Brahe, la Tierra es el centro del movimiento de la Luna y del Sol, y alrededor de éste se mueven Mercurio y Venus, en dos epiciclos concéntricos. Y a su vez Marte, Júpiter y Saturno describen órbitas circulares y perfectas, en torno al Sol y la Tierra. Lo más interesante aquí es que la Tierra no tiene movimientos, como en los clásicos sistemas del mundo, y el Sol siempre está acompañado de Mercurio y Venus, como en efecto parece ocurrir según la directa observación de sus órbitas aparentes.

Son bien conocidos los argumentos de Brahe para demostrar la completa inmovilidad de la Tierra. El primero es el de los cañones disparados a blancos ubicados en el norte y en el sur, y en oriente y occidente. Según Brahe, si la Tierra se moviera desplazaría los blancos del norte y el sur hacia occidente mientras la bala recorre la distancia entre el cañón y dichos blancos. De la misma manera, si se dispara hacia occidente, el blanco se aleja, y hacia oriente, el blanco se acerca, haciendo más largo y más corto el recorrido de la bala en cada dirección. De donde se concluye que la Tierra no tiene movimientos, pues esos fenómenos no se observan si se verifican en la experiencia¹⁹⁰. El segundo argumento se refiere a un grave que se deja caer desde una torre: si la Tierra tuviera movimientos, ésta desplazaría la torre consigo mientras el grave recorre desde lo alto hasta la base. Lo que se observa es que el grave cae al lado de esta última, por lo tanto, la Tierra no se mueve.

Ahora bien, después de que se observaron los tres cometas citados, el jesuita Orazio Grassi: "... escribió una *Disputatio astronomica de tribus cometis* en la que, adoptando los puntos de vista de Tycho

¹⁹⁰ En su *Diálogo* Galilei cita este ejemplo para afirmar que este tipo de argumentación no demuestra nada a propósito de la inmovilidad de la Tierra (Véase: Galilei, *Diálogo...*, 113-114).

Brahe, sostenía que los cometas giraban alrededor de Sol (lo que implicaba la acertada hipótesis de que los cometas son astros y no cuerpos corruptibles pertenecientes al mundo sublunar...)”¹⁹¹. Esta sentencia negaba de plano la física celeste de Aristóteles. Desde este punto de vista puede ser incomprensible la participación de Galileo en la polémica con Grassi, pues si se concibe el significado primario de tal afirmación, podríamos deducir una cierta aceptación del copernicanismo de parte de Grassi y, por ende, tener en cuenta la declarada adhesión de Galileo a las teorías de Copérnico.

Sin embargo, Galileo no participó en dicha polémica, al menos luego de la publicación de la *Disputatio* de Grassi. Lo que le interesó a Galileo, más bien, no fue tanto los tintes de copernicanismo de las tesis de Grassi, sino, que se fundamentara en la aceptación del híbrido sistema del mundo de Brahe. Así que la discusión no se hizo a propósito de combatir la física de Aristóteles o defender el copernicanismo. Se trataba de refutar el orden cosmológico presentado por Brahe.

Es claro, según los biógrafos de Galileo, que éste no refutó inmediatamente a Grassi luego de su *Disputatio*: “Sólo después de que Mario Guiducci defendiera las hipótesis galileanas respecto a la naturaleza de los cometas en *Discorso delle comete*, y de que Grassi –utilizando el seudónimo de Lottario Sarsi Sigensano– contrarreplicara a Guiducci en su *Libra astronomica ac Philosophica*, sólo entonces se decidió a intervenir Galileo.”¹⁹² Galileo asumió la defensa de Guiducci y tomó como personal la polémica con Orazio Grassi. El producto de esta polémica fue *El ensayador* de 1623. Sin embargo, lo esencial de este texto no es, como puede parecerlo, la refutación del sistema de Brahe. Lo que lo hace vital en la historia de la filosofía y de la ciencia es la presentación de los rasgos característicos generales de la ciencia moderna, en otras palabras, la descripción detallada de la metodología galileana.

¹⁹¹ José Manuel Revuelta, “El ensayador”, en Galileo Galilei, *El ensayador* (Madrid: Sarpe, 1984), 13.

¹⁹² Galilei, *El ensayador*, 13-14.

El ensayador es un texto escrito en un estilo muy particular. Como Galileo polemiza con Grassi, primero cita el *Libra astronomica ac philosophica* y luego refuta lo citado, parte por parte, en una demole-dora y concluyente argumentación cuyo fin es demostrar la invalidez metodológica usada por Lottario Sarsi –o Grassi, que es lo mismo–, frente a sus propias posturas con respecto a la manera de hacer ciencia.

El punto de partida de la discusión, como se ha indicado, según las propuestas de Grassi –siguiendo a Brahe–, fue tratar de demostrar que los cometas se mueven por encima de la esfera lunar. Así que, en última instancia, la polémica se establece con la cosmología de Brahe a partir de la idea de que los cometas se mueven en una “nueva” esfera. De esta manera Galileo nos dice:

*Pero que sobre una cuestión importante y difícil, como es el querer convencerme de que se encuentra realmente en la naturaleza, y fuera ya de burlas, una esfera celeste especial para los cometas, y sólo porque Tycho no sabe explicar la deformidad del movimiento aparente de ese cometa, y que nuestra mente deba contentarse y quedar pagada con una florecilla poética a la que no le sucede fruto alguno, esto es lo que el Sr. Mario [Guiducci] rehúsa y con razón, y con verdad afirma que la naturaleza no se deleita con poesías...*¹⁹³

La aparición de una nueva esfera como remodelación de los sistemas cosmológicos aristotélicos, para justificar el movimiento de los cometas por encima de la Luna, no deja de ser para Galileo un absurdo, un sinsentido. De la misma manera en que no se puede demostrar el movimiento de los planetas por aquel complejo sistema de esferas de Eudoxio, tampoco es posible hacerlo a propósito de los cometas. No deja de ser una simple especulación carente de contenido teórico, que en nada explica la naturaleza de dichos movimientos. De hecho, la cosmología galileana está alejada de este tipo de explicaciones y se encuentra, más bien, relacionada con las verificaciones llevadas a cabo con el anteojo y, además, de algún modo, a las demostraciones matemáticas –salvo algunas excepciones

¹⁹³ Galilei, *El ensayador*, 64. Las barras son mías.

que se presentan en el *Diálogo*, en el que parece moverse un poco hacia la especulación cosmológica–.

Por otro lado, según Galileo, no estamos seguros de la naturaleza real de los cometas. De esta manera, asume lo que Mario Guiducci pensaba sobre esta cuestión: “... habrá que probar antes que se trata de una cosa real”¹⁹⁴. No se puede hablar sobre la manera en que se mueve un cometa ni por dónde, si antes no se demuestra que es un objeto material. Tal demostración no existe, por lo que sabemos, en el siglo XVII.

Las proposiciones de Grassi se apoyan no en demostraciones experimentales o matemáticas, sino en la autoridad de Aristóteles, quien decía que un cometa no es una apariencia, sino una llama o fuego, y que por ende se encuentra en la esfera sublunar o, lo que es lo mismo, en el aire muy próximo a la Tierra. Aunque Grassi no está de acuerdo con la cosmología aristotélica, como se ha dicho, de todas maneras, asume que Aristóteles tiene razón, no tanto en la ubicación del movimiento de los cometas, sino en su constitución como una cosa real y no como una apariencia. Según Grassi, podemos aseverar, apoyados en el conocimiento por experiencia, que el fuego es real; lo que quiere decir que los cometas están constituidos por él. Dicha cuestión sólo es posible “demostrarla” aplicando el rigor lógico con el cual se desarrollan las explicaciones de la estructura del Cosmos según Aristóteles. Esto es, si el mundo sublunar está constituido de tierra, agua, aire y fuego, y esos elementos existen allí, cualquier cuerpo material que esté ubicado en este lugar estará hecho de uno de esos cuatro elementos o de combinaciones de ellos. En otras palabras, si los cometas están en la esfera sublunar, en este caso, están constituidos de fuego¹⁹⁵. Sin embargo, este planteamiento corre con otro problema adicional: trasladar un cuerpo “real”, corruptible e imperfecto, al mundo supralunar aristotélico.

¹⁹⁴ Galilei, *El ensayador*, 67.

¹⁹⁵ También podríamos decir que están hechos de aire, de cualquier otro elemento o de combinaciones de ellos.

Estas demostraciones, ya sea la de Aristóteles o la de Grassi, son argumentativas, lo que no significa que deban ser aceptadas o que sean concluyentes; y mucho menos en el plano de discusión en el cual se mueve Galileo, en el que tales demostraciones deben ser experimentales o matemáticas, para que puedan satisfacer todo tipo de duda y tener un conocimiento cierto sobre tal fenómeno. Así pues, desde el punto de vista de la metodología galileana, el razonamiento de Grassi está viciado desde sus premisas.

Podría pensarse que Galileo asumió que los cometas son simples apariencias, que no siendo posible demostrar su naturaleza real, concluiríamos, en consecuencia, la irrealidad de tales objetos, o afirmar que no existen. Pero el razonamiento galileano es severo. De la misma manera en que no se puede demostrar que los cometas son cuerpos reales, tampoco nada podemos decir de su apariencia o falta de realidad. Hay que demostrar que ellos, o son reales o son aparentes; y según Galileo, no tenemos argumentos o demostraciones certeras sobre estos asuntos. Por ello escribe: “Que el cometa sea, sin lugar a dudas, un vano simulacro y una simple apariencia, no ha sido nunca resueltamente afirmado, sino sólo puesto en duda y propuesto a la consideración de los filósofos, con unos razonamientos y conjeturas que podrían persuadir de que así pudiera ser.”¹⁹⁶

Y citando a Mario Guiducci, continúa:

He aquí las palabras del Sr. Mario al respecto: “Yo no digo resueltamente que el cometa se forme de este modo, pero sí puedo decir que éste se puede tomar en consideración con la misma razón con las que se pueden tomar los otros modos propuestos por los demás autores, los cuales, si quieren establecer su parecer como indudable, estarán en la obligación de mostrar, esta y todas las otras posiciones, como vanas y falaces”.¹⁹⁷

Del mismo modo, más tarde en el *Diálogo* de 1632 volvió a citar el tema de los cometas:

¹⁹⁶ Galilei, *El ensayador*, 145.

¹⁹⁷ Galilei, *El ensayador*, 145.

Porque respecto a los cometas, yo personalmente pondría pocas pegs tanto a que se consideren generados bajo la Luna como sobre ella. Ni he confiado nunca mucho en la locuacidad de Tycho, ni tengo inconveniente alguno en creer que la materia de los cometas sea elemental y que pueda elevarse cuanto se quiera, sin encontrar obstáculos en la impenetrabilidad del cielo peripatético, que yo considero más tenue, más dúctil y bastante más sutil que nuestro aire. En cuanto a los cálculos de los paralajes, por una parte las dudas de si los cometas están sujetos a tales accidentes y, por otra, la incertidumbre de las observaciones sobre las que se han hecho los cálculos me hacen sospechar tanto de unas opiniones como de otras.¹⁹⁸

No es posible, por ninguna circunstancia, hablar de la realidad o de la vana apariencia de los cometas. Más bien, lo que se debe hacer es poner en duda cualquier tipo de argumentación que intente “demostrar” una de las dos cuestiones. Por ello asevera: “... nunca hemos afirmado cosa alguna con respecto al lugar del cometa, ni negado que pudiera estar sobre la Luna sino que solamente se ha dicho que las demostraciones ofrecidas hasta ahora por diversos autores no dejan de presentar serias dudas...”¹⁹⁹. Es decir, no se debe dar por sentado ninguna explicación que no dé cuenta del fenómeno observado.

Como se ha podido entrever, partiendo de la discusión acerca de la naturaleza y de la ubicación espacial de los cometas, es donde se encuentran las reflexiones galileanas a propósito de cuáles deben ser las características de la filosofía de la naturaleza y de la forma o el método que debemos observar para hacer una buena ciencia:

- a. De hecho, como dice Galileo, la ciencia no tiene que explicarlo todo, no tiene que convertirse en una panacea de argumentaciones “demostrativas” de cuantos fenómenos aparezcan o se presenten a nuestro entendimiento. Su principal característica es, precisamente, su limitación en cuanto a la cantidad de demostraciones que puede llevar a cabo, estableciendo límites en

¹⁹⁸ Galilei, *Diálogo...*, 49-50.

¹⁹⁹ Galilei, *El ensayador*, 138.

la medida en que tales explicaciones no solucionen satisfactoriamente los asuntos abordados. Galileo lo expresa de este modo:

*Pero ¡ojalá fueran los filósofos verdaderos como las águilas y no como el ave fénix! Sr. Sarsi, infinito es el número de los tontos, es decir de los que no saben nada; bastantes son los que saben muy poco de filosofía; pocos los que saben alguna cosilla; poquísimos los que dominan alguna pequeña parte; un solo Dios, el que la sabe toda. De todo ello quiero inferir, tratando de la ciencia que por vía de demostraciones y el razonamiento humano pueden alcanzar los hombres, que cuanto más participe ésta de la perfección, tanto menor será el número de las conclusiones que prometerá enseñar y menor aún el número de las que demostrará ...*²⁰⁰

- b. ¿Qué método debemos seguir para poder en un momento determinado llevar a cabo demostraciones científicas? Es aquí donde encontramos la verdadera riqueza de *El ensayador*. Como se ha indicado, el punto de partida de las discusiones metodológicas galileanas en este texto es la supuesta demostración del lugar por el cual se mueven los cometas. Como no es posible llevarla a cabo, o en su defecto, probar todo lo contrario, entonces no se puede afirmar nada sobre tal asunto. Simplemente dudar de cualquier proposición por cierta que parezca. Se trata, pues, de solucionar problemas concretos y particulares, en primer lugar, evitando la especulación de la lógica argumentativa metafísica; en segundo lugar, eludiendo las explicaciones que se apoyan en sistemas deductivos desde primeras causas o primeros principios, a la manera del *Corpus* de Aristóteles, o como más tarde lo haría Descartes a propósito de su proyecto metafísico para el conocimiento en general; y, finalmente, no siguiendo la autoridad de ningún filósofo, o como lo dice el mismo Galileo, hablando de Sarsi:

... tiene [Sarsi] la firme convicción de que para filosofar es necesario apoyarse en la opinión de cualquier célebre autor, de manera que si

²⁰⁰ Galilei, *El ensayador*, 71.

*nuestra mente no se esposara con el razonamiento de otra, debería quedar estéril e infecunda; tal vez piensa que la filosofía es como las novelas, producto de la fantasía de un hombre, como por ejemplo la Iliada o el Orlando Furioso, donde lo menos importante es que aquello que en ellas se narra sea cierto.*²⁰¹

En otras palabras, en Galileo esos primeros principios o causas no hacen parte de causalidades o de finalidades metafísicas, cuando se trata de analizar un fenómeno determinado. Sus explicaciones se limitan a dar cuenta, como se dijo, de problemas concretos y particulares, describiéndolos en toda su dimensión para buscar soluciones y traer a la luz conocimientos asertivos, demostrativos e indubitables, a través, en primer lugar, del recurso a la verificación por experimentación empírica o, en segundo lugar, por demostraciones matemáticas.

De esta manera, por ejemplo, la cosmología galileana no se pregunta por las primeras causas del movimiento en el mundo, o por qué razón Júpiter tiene cuatro planetas que giran a su alrededor, o por qué los planetas se mueven como se mueven, o por qué la superficie de la Luna no es lisa como una bola de cristal, o por qué el Sol tiene manchas, o por qué Saturno presenta un aspecto deforme en comparación con otros planetas. Describe y presenta lo que ve por el anteojito y, lo más importante, hace una interpretación de tales observaciones en el marco del espacio geométrico de la astronomía matemática de Copérnico, es decir, adecúa los fenómenos particulares a interpretaciones y demostraciones matemáticas para encontrar leyes generales que los regulen y los hagan cognoscibles, en todo el sentido de la palabra, al conocimiento humano. En este sentido escribe: “... contradecir la geometría es lo mismo que negar abiertamente la verdad”.²⁰² Lo que nos lleva a la famosa y citada sentencia galileana:

La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en

²⁰¹ Galilei, *El ensayador*, 60-61. Las barras son mías.

²⁰² Galilei, *El ensayador*, 30.

*los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas sin las cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto.*²⁰³

Así pues, debemos atender la tesis central de Robert Blanché en *La ciencia experimental y la filosofía de la física*²⁰⁴. Allí se dice que la ciencia moderna presenta tres características: el uso del método hipotético-deductivo, el recurso a la experimentación y la matematización de la naturaleza. Como se ha podido observar, Galileo es el personaje que presentó, por primera vez en el siglo XVII, esos tres aspectos en un tratado de metodología científica, esto es, la indicación de cómo hacer una buena filosofía de la naturaleza, o en términos más contemporáneos a nosotros, cómo hacer ciencia. Ahí está el secreto de *El ensayador* de 1623.

Consideraciones cosmológicas

*... el copernicanismo de Galileo significa, ante todo, el punto de arranque de las innovaciones en astronomía, física y matemáticas*²⁰⁵.

Las consideraciones cosmológicas de Galileo se presentan de dos formas: en primer lugar, su astronomía descriptiva y, en segundo lugar, su cosmología teórica, por supuesto, esta última, apoyada o sustentada en la primera.

La principal obra galileana de astronomía descriptiva es el *Sidereus nuncius*. No es una astronomía cualitativa como la de Aristóteles o la del *Commentariolus* de Copérnico. Tampoco una astronomía matemática como la de Ptolomeo (pues podría pensarse o insinuarse así, puesto que Galileo la enseñaba), la del *De Revolutionibus*, o la

²⁰³ Galilei, *El ensayador*, 61.

²⁰⁴ Véase la “Introducción” del texto de Robert Blanché, *El método experimental y la filosofía de la física*, (México: Fondo de Cultura Económica, 1969).

²⁰⁵ Galilei y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral* (Madrid: Alianza, 1990), 14.

de Kepler –incluso la del *Mysterium cosmographicum*–. Su trabajo en esta antigua ciencia es diferente. Podríamos llamarla, sin temor a equivocarnos, en primer lugar, una astronomía experimental. Esta se conoce como el producto de las diversas observaciones que lleva a cabo entre 1609 y 1613 con su anteojo²⁰⁶.

La historia de la filosofía, y de la ciencia, conocerá a Galileo como el primero que lo usa para escrutar los cielos. Sin embargo, hoy se sabe que no fue el primero, en el sentido estricto de la palabra. Thomas Harriot, un astrónomo inglés, ya había observado los cielos usando el telescopio, y dibujado mapas lunares antes de la publicación del *Sidereus nuncius*. En palabras de A. Koestler: “En el verano de 1609, Thomas Harriot efectuó en Inglaterra observaciones de la Luna con un telescopio y trazó mapas de su superficie”²⁰⁷. Sin embargo, no es Harriot, como lo afirma A. Koestler, a quien se atribuye dichos descubrimientos en los cielos, sino a Galileo. La razón es simple. Según lo dice en *Los sonámbulos* se debió, por un lado, a la correcta interpretación del fenómeno desde el punto de vista de la astronomía matemática de Copérnico, es decir, que el asunto no se agota en los meros registros de lo observado, como lo hizo Harriot; y por otro lado, a la publicación de la obra en italiano y, por lo tanto, el consabido acceso del público en general a su obra debido a la sencillez de

²⁰⁶ El invento del anteojo se le atribuye a los artesanos holandeses –en términos de la época–. Según A. Koestler, “El 2 de octubre de 1608, el fabricante de lentes Johann Lippershey [...] solicitó al gobierno de Holanda una licencia por treinta años para manufacturar telescopios con lentes simples y dobles. Durante el mes siguiente vendió varios de ellos [...] pero no le concedieron la licencia en exclusiva debido a que en el interín otras dos personas habían presentado el mismo invento.” (Koestler, *Los sonámbulos*, 288. Las barras son mías). En el *Sidereus nuncius* Galilei dice que “... llegó a nuestros oídos la noticia de que cierto belga había fabricado un anteojo mediante el que los objetos visibles muy alejados del ojo del observador de discernían claramente como si se hallasen próximos.” (Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 38). El mismo Galilei más tarde en *El ensayador*, afirma que, “Hoy sabemos que el holandés, primer inventor del telescopio, era un simple maestro de lentes ordinarias, y que casualmente, manejando lentes de diversas clases, acertó a mirar al mismo tiempo por dos, una convexa y otra cóncava, colocadas a diferentes distancias del ojo...” (Galilei, *El ensayador*, 112).

²⁰⁷ Koestler, *Los sonámbulos*, 288.

su presentación, que como se ha dicho en repetidas ocasiones, parecía un manual de ciencia lejano de los tecnicismos astronómicos y matemáticos que caracterizaban la producción filosófica de la época, verbigracia los textos copernicanos, o los de Brahe, o los del mismo Kepler. Todo ello en contraposición a la obra de Harriot, publicada en latín sólo accesible a los especialistas.

El *Sidereus nuncius* presenta, pues, en los albores del siglo XVII, avanzados descubrimientos que cambiaron la concepción que se tenía del universo. Sus teorías astronómicas ya no se sustentaban en evidencias observacionales del sentido común, en sistemas metafísicos o en construcciones matemáticas, sino en verificaciones experimentales llevadas a cabo con el anteojo. Sin embargo, su presentación no es tan sencilla como se puede pensar. Galileo tuvo que enfrentar serios problemas en el momento de explicar lo que había observado por el anteojo.

En el proceso de interpretar las experiencias telescópicas se encuentran dos tipos sucesivos de obstáculos. El primero atañe a las dificultades de aceptar como datos objetivos las imágenes telescópicas, sobre todo en ausencia de una teoría óptica que explique su relación con fenómenos externos realmente existentes a una ingente distancia. El segundo alude a las dificultades de interpretar esos datos de los sentidos, una vez aceptados como tales y rechazado su carácter de ilusión, como indicadores de determinados hechos, en función de teorías interpretativas; algo similar a lo que le ocurre al lego que ve por vez primera una fotografía aérea, planteándosele el problema de identificar los patrones de manchas como detalles del relieve o la vegetación²⁰⁸.

Una cosa es observar y registrar lo observado –como lo hizo Harriot–, y otra hacer una interpretación adecuada de dichos fenómenos. He ahí la grandeza de Galileo. De hecho, según Carlos Solís en la “Introducción” al *Sidereus nuncius*, Galileo partió de dos presupuestos: en primer lugar, demostrar que sus observaciones eran precisas y, en segundo lugar, elaborar explicaciones teóricas para ellas.

²⁰⁸ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 18.

La base argumentativa la encontró en la astronomía copernicana, como se ha insinuado, es decir, en el espacio geométrico en la cual ésta se hacía verificable.

En este sentido, Galileo dirigió sus esfuerzos por el camino labrado por la escuela de los nominalistas de París y Copérnico, esto es, una analítica del movimiento como teoría del cambio de lugar, y no la acepción aristotélica del movimiento como todo proceso de generación y corrupción de la naturaleza, estableciendo una ruptura definitiva y radical con la tradición filosófica medieval tomista. Su analítica del movimiento es novedosa e independiente de las causalidades metafísicas. Es decir, la matematización de la naturaleza, procedente de su noción de la teoría copernicana, la consecuente crítica y superación del concepto de movimiento de Aristóteles y, por ende, de su novedosa concepción del espacio. Galileo concibe, pues, el espacio copernicano, es decir, el espacio geométrico de la cosmología copernicana, es decir, euclidiano²⁰⁹.

El espacio galileano se constituye en la condición de posibilidad de su propia concepción del movimiento. Y ese espacio, como se ha dicho, se circunscribe a una cosmología heredada de Copérnico, y la consiguiente crítica a la cosmología aristotélica. Según Solís, el éxito de Galileo en el *Sidereus nuncius* se debió a la aplicación de la geometría a los asuntos cosmológicos, pues ella daba una cabal explicación de los descubrimientos hechos por el telescopio; sobre todo, lo que más interesaba a Galileo como copernicano: demostrar que los cielos eran corruptibles y cambiantes.

Tales descubrimientos aparecidos en el *Sidereus nuncius* son los siguientes: la superficie irregular de la Luna, las nuevas estrellas no visibles a simple vista y cuatro satélites o planetas que giran alrededor de Júpiter. En un pequeño texto posterior a éste, denominado

²⁰⁹ Es posible imaginar el impacto de estos descubrimientos y el consecuente choque con la tradición aristotélica. Algo así tenía que dejar asombrados o contrariados a los defensores de tal tradición, dejando en el ambiente una pregunta como la que hace Simplicio en el *Diálogo*: “Pero, si se abandona a Aristóteles, ¿quién ha de ser guía en la filosofía?” (Galilei, *Diálogo*..., 100).

Historia y demostraciones en torno a las manchas solares, incluye sus observaciones y teorías sobre las manchas de la superficie del Sol; y en una colección de cartas publicadas en castellano con el nombre de *Cartas sobre las observaciones de Venus y de Saturno*²¹⁰ explica la naturaleza de Saturno y las fases de Venus.

Cada uno de estos fenómenos observados y la consiguiente elaboración de una teoría explicativa, se constituyeron en el golpe definitivo a las especulaciones aristotélicas sobre la naturaleza del Cosmos y, por ende, a toda la cosmología y a la astronomía antiguas. Sin embargo, habría que esperar varios años más para que fueran aceptadas. Mucha agua correría por el cauce antes de ello. Primero estuvieron las disputas de Galileo con las autoridades eclesiásticas, la *Astronomía nova* y el *Harmonice mundi* de Kepler, todo el trabajo de Descartes y la coronación de la nueva ciencia a finales del siglo XVII con Newton.

Según lo anterior, a continuación, presentaré cada uno de esos descubrimientos realizados con el concurso del anteojo, tal y como aparecen en los textos galileanos citados en líneas anteriores:

Naturaleza de la Luna

Al comienzo del *Sidereus nuncius*, cuando Galileo hace la enumeración de sus primeros tres descubrimientos, formula una de las tesis más novedosas y, por consiguiente, la de mayor trascendencia en la historia del pensamiento filosófico del siglo XVII:

Bellísima cosa es y sobremanera agradable a la vista, poder contemplar el cuerpo lunar, apartado de nosotros casi sesenta kilómetros terrestres, tan próximo como si se hallase tan sólo a dos de tales medidas, de manera que su diámetro aparezca casi treinta veces mayor, la superficie casi novecientas y el volumen, por tanto, aproximadamente veintisiete mil veces mayor que cuando se observa sólo a simple vista. Gracias a ello,

²¹⁰ Ambos publicados en la edición española, Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 155-175.

*cualquiera puede saber con la certeza de los sentidos que la Luna no se halla cubierta por una superficie lisa y pulida, sino áspera y desigual, y que, a la manera de la faz de la Tierra, hállese recubierta por doquier de ingentes prominencias, profundas oquedades y anfractuosidades*²¹¹.

Nunca más la filosofía de Aristóteles quedará resguardada de los argumentos y las explicaciones metafísicas que negaban su principal fundamento: la concepción de un universo ordenado, armónico y, sobre todo, la existencia de un mundo supralunar eterno, perfecto e inmutable. Ahora un nuevo adversario, más desafiante, se valía de nuevas armas: demostraciones basadas en evidencias experimentales interpretadas a la luz de la matemática.

Es lógico pensar que los filósofos aristotélicos, contemporáneos de Galileo, no aceptaran este nuevo tipo de teorías que dislocaban el gran *Corpus* porque una cosa es decir que las teorías galileanas se circunscribían a la astronomía descriptiva de la época, ateniéndose, quien lo crea así, a la tajante división que hoy hacemos de la ciencia y la filosofía; y otra, que en aquellos tiempos filosofía y ciencia hacían parte del mismo continente. Lo que debemos aseverar, sin lugar a dudas, es que Galileo hacía filosofía, y particularmente, filosofía de la naturaleza o filosofía de la física –en sentido griego, es decir, de la *fu/sij*–. En consecuencia, poner en entredicho el fundamento de la perfección del cielo aristotélico es vulnerar el sistema metafísico del cual ha sido deducido tal principio. Se creó la necesidad de una nueva filosofía.

La Luna, pues, no tiene una superficie lisa como una bola de cristal sino irregular, muy parecida a la de la Tierra:

Comencemos, pues, hablando de la faz lunar que hacia nosotros mira, la cual divido para facilitar la comprensión en dos partes, la más clara y la más oscura. La más clara parece rodear e invadir todo el hemisferio, mientras que la más oscura empaña como una nube la misma faz, llenándola de manchas. Ahora bien, estas manchas un tanto oscuras y bastante extensas son por todos visibles, habiendo sido observadas

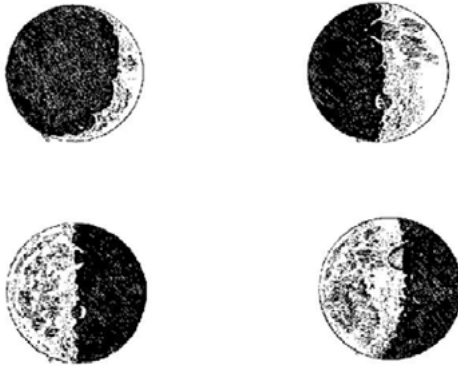
²¹¹ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 37. Las cursivas son mías.

en todas las épocas, razón por la cual las denominaremos grandes o antiguas, a diferencia de otras manchas de menor extensión, aunque tan numerosas que recubren toda la superficie lunar, especialmente la parte más luminosa. Ciertamente, nunca nadie las observó antes que nosotros, por lo que de la tantas veces repetida inspección de las mismas hemos derivado la opinión, que tenemos por firme, de que la superficie de la Luna y de los demás cuerpos celestes no es de hecho lisa, uniforme y de esfericidad exactísima, tal y como ha enseñado de ésta y de otros cuerpos celestes una numerosa cohorte de filósofos, sino que, por el contrario, es desigual, escabrosa y llena de cavidades y prominencias, no de otro modo que la propia faz de la Tierra, que presenta aquí y allá las crestas de las montañas y los abismos de los valles. He aquí las apariencias a partir de las cuales he podido inferir tales cosas²¹².

La afirmación de la superficie irregular de la Luna (ver la figura 5) se constituyó, pues, en el argumento galileano, por excelencia, para refutar la cosmología aristotélica y, por ende, como se ha dicho, todo su sistema metafísico.

²¹² Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 41-42.

Figura 5. Dibujos de la superficie de la Luna hechos por el propio Galileo en el *Sidereus nuncius*²¹³.



Esta Luna rugosa se convirtió en el modelo con el cual se podía demostrar, por deducción, cuál era la forma de los demás planetas que giraban en torno al Sol. De hecho, la primera comparación que Galileo lleva a cabo en el *Sidereus nuncius* es de la Luna con la Tierra:

*Observamos luego que las mencionadas manchas pequeñas convienen todas ellas en lo siguiente, en presentar la parte negruzca vuelta hacia el lugar en que se halla el Sol, si bien por la parte opuesta al Sol aparecen coronadas de contornos muy luminosos cual montañas refulgentes. Ahora bien, precisamente tenemos una situación completamente similar en la Tierra a la salida del Sol cuando, aún no inundados los valles de luz, vemos con todo que los montes que los circundan por la parte opuesta al Sol están ya todos resplandecientes y refulgentes. Y a la manera en que las sombras de las cavidades terrestres disminuyen a medida que el Sol se alza, así también estas manchas lunares pierden sus sombras a medida que aumenta la parte luminosa*²¹⁴.

²¹³ Tomado de: GALILEI, Galileo. *Sidereus nuncius*. [En línea]. Edición original. Venetiis: Apud Thomam Baglionum, 1610. <<http://gallica.bnf.fr/>> [Fecha de consulta: agosto de 2020].

²¹⁴ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 41-42.

Y a continuación escribe:

Mas ocurre también que sólo los confines entre las tinieblas y la luz se ven desiguales y sinuosos en la Luna, sino que, además, lo que representa una mayor maravilla, en la parte tenebrosa de la Luna aparecen innumerables puntos luminosos completamente separados y desgajados de la región iluminada, alejándose de ella un intervalo no pequeño. Estos puntos, poco a poco y transcurrido un cierto tiempo, aumentan de tamaño y de luz, uniéndose después, al cabo de dos o tres horas, a la restante parte iluminada que se ha tornado mayor. Pero, entretanto, más y más cúspides, cual si brotasen aquí y allí, se encienden en la parte tenebrosa, crecen y terminan también por unirse a la misma superficie luminosa que se ha ido dilatando cada vez más. ¿Acaso no ocurre lo mismo en la Tierra donde antes de la salida del Sol las más altas cimas de los montes se hallan iluminadas por los rayos solares, mientras que la sombra ocupa aún las llanuras?

*¿Acaso al cabo de un tiempo no se va dilatando aquella luz a medida que se iluminan las partes medias y más amplias de esos mismos montes y, una vez que el Sol ha salido, no terminan por unirse las partes iluminadas de llanuras y colinas? La variedad de tales elevaciones y cavidades de la Luna parece superar en todos los sentidos las asperezas de la superficie terrestre...*²¹⁵

Siendo la Tierra parecida a la Luna²¹⁶ es posible concluir, por inferencia, que los demás planetas, es decir, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, son de la misma naturaleza que ambas; esto quiere decir que tienen montañas, profundos valles, cráteres y llanuras, y de ninguna manera tienen la superficie lisa y pulida como una bola de cristal, ni están constituidas por el divino éter, por el cual se les atribuía su característica de divinos, eternos e inmutables.

²¹⁵ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 43-44.

²¹⁶ En el *Diálogo* de 1632 Galileo expone cuáles son las similitudes de la Tierra y la Luna. Por supuesto, este razonamiento es mucho más elaborado que lo expuesto en el *Sidereus nuncius*. (Véase: Galilei, *Diálogo...*, 58-90).

Como consecuencia de lo anterior Galileo llegó a afirmar, por lo tanto, que la Luna y la Tierra son cuerpos opacos que reflejan la luz del Sol y, por extensión, se debería suponer que los demás planetas también son iluminados por él, razón por la cual desde la Tierra las observamos como luminosas estrellas; además que, siendo la Tierra parecida a la Luna, no tiene que ocupar el centro del mundo, esto es, puede ser un planeta común y corriente que gira alrededor del Sol como los demás. Así llegaría a escribir más tarde en el *Diálogo* de 1632:

*Pero he aquí que la naturaleza, favorable a nuestro deseo y necesidad, nos suministra dos condiciones insignes y no menos diferentes que el movimiento y la quietud. Son la luz y las tinieblas; es decir, el ser por naturaleza luminosísimo y ser oscuro y carente de toda luz. Carente de luz es la Tierra. El Sol es luminosísimo por sí mismo y no menos las estrellas fijas. Los seis planetas móviles carecen totalmente de luz como la Tierra, por tanto, su esencia concuerda con la Tierra, y difiere del Sol y de las estrellas fijas. Por tanto, la Tierra es móvil y el Sol y las estrellas inmóviles*²¹⁷.

Cuando observó las fases de Venus comprobó dicha cuestión –si Venus tiene fases, como la Luna, significa que es un cuerpo opaco de la misma manera que la Tierra y la misma Luna–.

Así pues, Galileo trató tal asunto en el *Sidereus nuncius* y partió de la exposición de lo que la tradición había pensado sobre el brillo de la Luna. Según él: “Este admirable fulgor ha despertado no poco asombro entre los filósofos, quienes han aducido como su causa uno u otro medio. Algunos han dicho que la misma Luna posee un brillo propio y natural; otros, que se lo presta Venus; otros, que todas las estrellas, y otros, que el Sol, el cual atravesaría con sus rayos la espesa consistencia de la Luna.”²¹⁸ Para tratar de dar solución a tales cuestiones los filósofos debieron recurrir a explicaciones metafísicas, o si se quiere, a argumentaciones especulativas basadas en la valoración de hipótesis desde categorías de coherencia, conveniencia o aplicación del rigor lógico. Esto quiere decir que no

²¹⁷ Galilei, *Diálogo*..., 231.

²¹⁸ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 57.

hay hasta el *Sidereus nuncius* de Galileo una demostración física, empírica o experimental, que lograra mostrar, fuera de toda duda, cualquier explicación sobre la luz de la Luna. Sin embargo, Galileo recurrió de vez en cuando a tales demostraciones que superaban el plano de lo experimental, esto es, argumentaciones que trataba de apoyar en evidencias empíricas; pero desde el punto de vista de la solución definitiva del problema, era poner una posición o una hipótesis frente a otra. Galileo valoraba, sobre cualquier tipo de explicación, la denominada *evidencia empírica*, pues, de hecho, ésta no había sido muy considerada por la filosofía aristotélica tomista, a pesar de aquella sobrevaloración de la experiencia enunciada en la muy citada sentencia medieval: *No hay nada en el entendimiento que no haya pasado por los sentidos*. Por ello escribe Galileo:

Mas, ciertamente, tales propuestas se refutan con poco esfuerzo, poniéndose de manifiesto su falsedad. En efecto, si la luz fuese propia o derivase de estrellas se mantendría y se mostraría sobre todo durante los eclipses, momento en que habría de ser la única que permaneciese en el cielo oscurísimo. Mas eso queda contradicho por la experiencia, pues el fulgor que aparece en la Luna durante los eclipses es mucho menor, rojizo y cuasibronceado, mientras que éste es más claro y blanquecino. Además, aquel es variable y cambia de lugar, vagando por la faz de la Luna, de modo que aquella parte que se halla más próxima a la periferia del círculo de la sombra terrestre se observa siempre más clara, siendo la restante más oscura. Por todo lo cual, sin duda colegimos que ello se debe a la vecindad de los rayos solares tangentes a determinada región más espesa que ciñe circularmente a la Luna, contacto por el cual una cierta aura se difunde por las zonas visibles de la Luna, no de otro modo que en la Tierra, sobre la que por la mañana y por la tarde se extiende una luz crepuscular. [...] Afirmar, empero, que tal luz la imparta Venus es tan pueril que no merece respuesta. ¿Quién hay tan ignorante que no sepa que en torno a la conjunción y en el aspecto sextil es del todo imposible que la parte de la Luna opuesta al Sol mire hacia Venus?²¹⁹ Igualmente impensable es que derive de que el Sol penetre con

²¹⁹ Carlos Solís nos aclara varias cosas: 1) *Aspecto sextil* significa un ángulo de 60 grados que forman las direcciones visuales hacia dos astros. 2) Que Venus

*su luz la espesa consistencia de la Luna, pues en tal caso nunca habría de disminuir, dado que un hemisferio de la Luna siempre se halla iluminado por el Sol, excepto cuando hay un eclipse*²²⁰.

Estos asuntos quedaron zanjados sólo con el poder demostrativo del anteojo y la posterior explicación matemática de Galileo. Frente al poder de los registros del *Sidereus nuncius* cualquier discusión sobre la fuente de la luz de la Luna, ya no fue más relevante.

Las nuevas estrellas fijas

*¿Cuán lejos debemos creer que están las estrellas?*²²¹

En el *Sidereus nuncius* aparece, luego de la exposición sobre la Luna, la presentación de los descubrimientos llevados a cabo mediante la observación de las estrellas con el anteojo –tanto las errantes como las fijas–: allí encontramos la diferencia entre la magnitud con que se presentan la Luna y las estrellas, la diferencia entre planetas y estrellas fijas según su luminosidad y la existencia de estrellas no visibles al ojo humano.

Así pues, encontramos la exposición sobre el número de veces que el anteojo aumenta el tamaño de las estrellas con respecto a la cantidad que engrandece a la Luna. Galileo escribe:

presenta una elongación (alejamiento angular del Sol) máxima de 45 grados, correspondiente a cómo se ve el radio de su órbita desde la Tierra. 3) Que la teoría de la cual Galilei se burla era “la posición de Tycho Brahe en el libro II de sus *Ejercicios preparatorios* (*Progymnasmata*), según oportunamente señala Kepler en sus *Añadidos* a Vitelo, capítulo VI, apartado 10: “Sobre la iluminación mutua de la Luna y la Tierra”. Kepler critica esta idea por cuanto que en la fase creciente la Luna presenta esa luz a pesar de que no siempre se halle Venus del lado apropiado. Pero no niega la posibilidad de que así ocurra en algunas ocasiones.” (Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 57) Véanse también las notas de pie de página 31 y 32, sobre el *aspecto sextil* y la *elongación de Venus*, respectivamente, en Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 58 y 59. Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 58-59. Las barras son mías. Galilei, *Diálogo*..., XLVI.

²²⁰

²²¹

Ante todo, hay algo digno de señalar, cual es que cuando se observan con el antejo tanto las estrellas fijas como las errabundas, no parecen aumentar de tamaño en la misma proporción según la cual se incrementan los restantes objetos, incluyendo la Luna. Ciertamente, dicho aumento parece ser mucho menor en las estrellas, de manera que el antejo que consigue multiplicar los otros objetos en una proporción céntuple, pongo por caso, se diría que apenas aumenta las estrellas el cuádruplo o el quintuplo. La razón de ello, por lo que respecta a los astros, es que cuando se miran con la libre y natural visión ocular, no se nos ofrecen con su simple y por así decir desnuda magnitud, sino con la irradiación de ciertos fulgores y con una cabellera de rayos brillantes, sobre todo de noche cerrada. De este modo parecen mayores que si se despojases de esas pelucas postizas, pues el ángulo visual no abarca el cuerpo principal de la estrella sino el resplandor difundido ampliamente en derredor. Se puede comprobar esto clarísimamente por el hecho de que las estrellas, tan pronto como salen en el crepúsculo, a la puesta del Sol, parecen en extremo exiguas por más que sean de primera magnitud. El propio Venus, cuando se ofrece a nuestra vista hacia mediodía, se ve tan menguado que apenas parece igualar a una estrellita de última magnitud. Muy distinto es lo que ocurre con otros objetos y con la propia Luna, la cual, si se contempla tanto a mediodía como en la más profunda oscuridad, siempre aparecen del mismo tamaño. Cuando los astros se observan en medio de la oscuridad, presentan una melena, si bien la luz del día consigue trasquilar esos cabellos; y no sólo esta luz, sino también incluso una nubecilla que se interponga entre la estrella y el ojo del observador, así como los velos negros y los vidrios de colores con cuyo obstáculo e interposición los fulgores circundantes abandonan las estrellas. También lo consigue asimismo el antejo, el cual primero elimina los fulgores postizos y accidentales de las estrellas para aumentar luego sus simples esferas (si fuesen de figura esférica), por lo que parecen aumentar según una proporción menor. Así, si se observa con el antejo una estrellita de quinta o sexta magnitud, aparece como si fuera de primera magnitud²²².

Este descubrimiento no parece de primer orden. Sin embargo, sus consecuencias son fundamentales para la comprensión del tamaño

²²² Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 61-62.

del Cosmos, si consideramos que la referencia inmediata sobre esta cuestión era la demostración matemática que Copérnico había llevado a cabo en su *De Revolutionibus orbium coelestium*²²³, en la cual se demostraba que la altura del mundo es enorme con respecto a la distancia Tierra-Sol; lógicamente que no hay forma de decir qué tanto, incluso en la misma obra galileana. Sin embargo, el hecho de que observemos variaciones en la cantidad de veces que se aumenta la Luna y el insignificante y reducido número de las estrellas errantes y las fijas, deja claro la enorme distancia que hay entre éstas últimas y nuestra Tierra como punto de observación.

Además, hay diferencias observacionales entre las errantes y las fijas. Según Galileo:

*También parece digna de señalarse la diferencia que media entre el aspecto de los planetas y las estrellas fijas. Los planetas presentan sus globos exactamente redondos y delineados y, a modo de lunitas completamente inundadas de luz, aparecen orbiculares, mientras que las estrellas nunca se ven delimitadas por un contorno circular, sino que presentan como fulgores de cuyos rayos vibran en torno y centellean notablemente. Con el anteojo aparecen de forma semejante a la que ofrecen a simple vista, aunque hasta tal punto mayores que una estrellita de quinta o sexta magnitud parece igual que el Can, la mayor de todas las fijas*²²⁴.

Esto, en este mismo orden de ideas, nos muestra que las estrellas errantes se encuentran más cerca de nosotros que las fijas, las cuales por su inconcebible distancia no pueden ser observadas con la misma claridad a través del anteojo. Así pues, se establece una clara diferencia

²²³ En el capítulo VI del libro I Copérnico afirma: “El hecho de que esta gran masa de tierra no sea comparable a la magnitud del cielo, puede entenderse por lo siguiente: porque los círculos limitantes {horizonte} [...] cortan en dos toda la esfera del cielo, esto no podría suceder si la magnitud de la tierra comparada con el cielo, o su distancia desde el centro del mundo, fuera muy importante.” (Copérnico, *Sobre las revoluciones*, 22). Véase la figura 1 y la consecuente explicación.

²²⁴ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 62-63.

entre la vecindad de la Tierra, el Sol, la Luna y los cinco planetas observados, con respecto a las fijas que aparentemente harían parte, por su enorme distancia de ubicación, de un lugar muy lejano. ¿Tal vez otros mundos o sistemas solares en un espacio infinito? Tal vez, sólo que no había manera de comprobarlo, por el momento. Por otro lado, también se logró la demostración de que existen estrellas no visibles al ojo humano²²⁵. Según Galileo, “... por debajo de las estrellas de sexta magnitud, verás con el antejo, cosa difícil de creer, una numerosa grey de otras estrellas que escapan a la visión natural...”²²⁶.

Figura 6. Dibujo de la Constelación del Cinturón y la Espada de Orión hecho por el propio Galileo en el *Sidereus nuncius*²²⁷.

CINGULA ET ENSIS ORIONIS ASTERISMUS



²²⁵ Ver la figura 6: Constelación del Cinturón y la Espada de Orión; la figura 7: Constelación de las Pléyades; la figura 8: Nebulosa Cabeza de Orión; y la figura 9: Nebulosa del Pesebre.

²²⁶ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 63.

²²⁷ GALILEI, Galileo. *Sidereus nuncius*. [En línea]. Edición original. Venetiis: Apud Thomam Baglionum, 1610. <<http://gallica.bnf.fr/>> [Fecha de consulta: agosto de 2020].

Figura 7. Dibujo de Constelación de las Pléyades hecho por el propio Galileo en el *Sidereus nuncius*²²⁸.



Figura 8. Dibujo de la Nebulosa Cabeza de Orión hecho por el propio Galileo en el *Sidereus nuncius*²²⁹.



²²⁸ GALILEI, Galileo. *Sidereus nuncius*. [En línea]. Edición original. Venetiis: Apud Thomam Baglionum, 1610. <<http://gallica.bnf.fr/>> [Fecha de consulta: agosto de 2020].

²²⁹ GALILEI, Galileo. *Sidereus nuncius*. [En línea]. Edición original. Venetiis: Apud Thomam Baglionum, 1610. <<http://gallica.bnf.fr/>> [Fecha de consulta: agosto de 2020].

Figura 9. Dibujo de la Nebulosa del Pesebre hecho por el propio Galileo en el *Sidereus nuncius*²³⁰.



Estas observaciones significan, en primer lugar, que en la medida en que se fuera perfeccionando el anteojo se podrían observar muchas más estrellas. Y, en segundo lugar, que todo sistema filosófico que sea deducido o corroborado mediante observaciones directas del ojo humano, sin mediación de instrumentos de experimentación, es un sistema viciado desde sus bases. Así pues, el sistema físico aristotélico fue deducido de los primeros principios de carácter metafísico, pero no fueron estos principios lo que lo hacían confiable; más bien, fue la participación de la evidencia empírica de una esfera de las estrellas fijas que limitaba el mundo, de un tamaño, grosor y naturaleza determinados, lo que la hizo objeto de teorías incuestionables o irrefutables. La Física de Aristóteles había descrito, de una manera equivocada, la verdadera forma y naturaleza del mundo apoyada en la evidencia de los sentidos.

En el caso de la filosofía natural galileana, a la manera de la tradición platónica, los sentidos o la evidencia empírica no hacían parte

²³⁰ GALILEI, Galileo. *Sidereus nuncius*. [En línea]. Edición original. Venetiis: Apud Thomam Baglionum, 1610. <<http://gallica.bnf.fr/>> [Fecha de consulta: agosto de 2020].

de las verdaderas tareas del pensar. Lo que no quiere decir que sus trabajos se inscriban en la filosofía de Platón –como trata de demostrarlo Koyré en su obra–²³¹. Platonismo aquí significa recurso al pensamiento matemático, esto es, desconfianza por la evidencia empírica como simple conocimiento por la experiencia. Descartes lo expresa así en Primera Meditación de sus *Meditationes de prima philosophia*: “Todo lo que he admitido hasta el presente como más seguro y verdadero, lo he aprendido de los sentidos o por los sentidos; ahora bien, he experimentado a veces que tales sentidos me engañaban, y es prudente no fiarse nunca por entero de quienes nos han engañado una vez”²³². Luego, en *Les Principes de la philosophie* insiste sobre la misma cuestión cuando afirma: “... sabemos por experiencia que nuestros sentidos nos han inducido a error en circunstancias diversas –siendo imprudente prestar confianza a quienes nos han engañado, aun cuando sólo lo hayan realizado en una oportunidad– ...”²³³. Los sentidos no son confiables, de ninguna manera, en lo que atañe al conocimiento de las cosas del mundo o de la estructura del universo. Es una tarea que debe obedecer a reglas racionales, cumpliendo pasos estrictos, dados por los métodos para hacer ciencia o mediante la aplicación de instrumentos de comprobación o demostración, como las ciencias matemáticas.

Las “tierras” de Júpiter

Los “planetas” de Júpiter, como denominó Galileo a los cuatro satélites descubiertos por medio de su anteojo en 1610, se convirtieron, conjuntamente con la demostración de la superficie irregular de la Luna, en los arietes que derribaron de manera contundente la perfección numérica de los cuerpos celestes y la consiguiente armonía que debía caracterizar a los clásicos sistemas del mundo. Todas las cosmologías se habían apoyado en tal perfección numérica

²³¹ Alexandre Koyré, *Estudios galileanos* (México: Siglo XXI, 1998).

²³² René Descartes, *Meditaciones metafísicas con objeciones y respuestas* (Madrid: Alfaguara, 1977), p. 18.

²³³ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 23.

y armónica. De hecho, ni el mismo Kepler estuvo fuera de esta tradición. Como sabemos, su *Mysterium cosmographicum* enarbola argumentos de este tipo para demostrar la regularidad matemática del universo, haciendo que una y otra vez resuene aquella aguda pregunta que nos mueve al umbral del ordenado Cosmos que los griegos pitagóricos sospecharon y llevaron a sus últimas consecuencias: ¿Por qué Dios creó seis orbes o planetas y no siete u ocho? La aparición de cuatro planetas que no giran en torno al Sol sino alrededor de un planeta, desconfiguraba de manera tenaz la magna obra del Todopoderoso.

Galileo de entrada nos hace saber en el *Sidereus nuncius* la importancia que tiene tal descubrimiento: “Resta lo que parece más notable de la presente empresa, cual es mostrar y dar a conocer cuatro planetas nunca vistos desde el comienzo del mundo hasta nuestros días y las circunstancias de su descubrimiento y observación, así como sus posiciones...”²³⁴ El registro de su descubrimiento y las posiciones de Júpiter y sus cuatro planetas Galileo los escribe así en el *Sidereus nuncius*:

*He aquí que el séptimo día de enero del presente año de mil seiscientos diez, a la hora primera de la consiguiente noche, mientras contemplaba con el anteojo los astros celestes apareció Júpiter. Disponiendo entonces de un instrumento sobremanera excelente, percibí (cosa que antes no me había acontecido en absoluto por la debilidad del otro aparato) que lo acompañaban tres estrellitas, pequeñas sí, aunque en verdad clarísimas; las cuales, por más que considerase que eran del número de las fijas, me produjeron cierta admiración por cuanto que aparecían dispuestas exactamente en una línea recta paralela a la Eclíptica, así como más brillantes que las otras de magnitud pareja. Su disposición mutua y respecto a Júpiter era*²³⁵:

Ori. ✱ ✱ ○ ✱ Occ.

²³⁴ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 67.

²³⁵ Todas las imágenes de las posiciones de las “tierras” de Júpiter fueron tomadas de: GALILEI, Galileo. “*Sidereus nuncius*”, en *Le opere*, Volumen III. Parte prima. (Edizione nazionale di Antonio Favaro. Firenze, 1892), 80-81.

Esto es, por la parte oriental había dos estrellas y sólo una hacia el ocaso. La más oriental y la occidental parecían un poco mayores que la otra. Me preocupé muy poco de las distancias entre ellas y Júpiter al considerarlas fijas, como dijimos al principio. Habiendo vuelto a contemplarlas al octavo día, no sé porque hado, observé una disposición muy otra, pues las estrellas eran todas tres occidentales, más próximas que la noche anterior unas a otras y a Júpiter y mutuamente separadas por similares distancias, tal y como se muestra en el dibujo adjunto.

Ori. ○ * * * Occ.

En este punto, aun sin prestar ninguna atención al acercamiento mutuo de las estrellas, comencé con todo a preguntarme de qué modo podría Júpiter ponerse al oriente de todas las fijas mencionadas, hallándose la víspera al occidente de dos de ellas. Por consiguiente, temí que quizá {su movimiento} fuese directo, en contra del cálculo astronómico, adelantando a dichas estrellas por su movimiento propio, razón por la cual esperé a la noche siguiente con grandes ansias; pero me llevé una gran decepción al encontrarme el cielo cubierto de nubes por todas partes.

Ahora bien, el día décimo, las estrellas aparecieron en esta disposición respecto a Júpiter:

Ori. * * ○ Occ.

Sólo había dos y ambas a oriente, mientras que la tercera, según mi opinión, se ocultaba tras de Júpiter. Como antes, se hallaban asimismo en la misma recta con Júpiter y dispuestas exactamente según la longitud del Zodíaco. Viendo estas cosas, comprendiendo que no había razón alguna para atribuir a Júpiter semejantes cambios y sabiendo además que las estrellas observadas eran siempre las mismas (pues no había otras ni delante ni detrás en un gran intervalo a lo largo de la longitud del Zodíaco) tornándose ya en admiración mi perplejidad, reparé en que el cambio aparente habría de atribuirse no a Júpiter,

sino a las estrellas, determinando por ello que tenía que observar en adelante con mayor escrupulosidad y clarividencia.

Consiguientemente, el día oncenno vi la siguiente disposición:

Ori. * * ○ Occ.

Esto es, sólo dos estrellas a oriente, de las que la del medio distaba el triple de Júpiter que de la más oriental, siendo ésta casi el doble mayor que la otra, a pesar de que la noche anterior parecían casi iguales. Así pues, determiné y establecí fuera de toda duda que en el cielo había tres estrellas errantes en torno a Júpiter, a la manera de Venus y Mercurio en torno al Sol, cosa que se vio de manera más clara que la luz del mediodía en otras múltiples observaciones sucesivas. Y no sólo tres, sino ciertamente cuatro son los astros errantes que realizan sus circunvoluciones en torno a Júpiter de cuyas permutaciones observadas consiguientemente con mayor exactitud informaré a continuación²³⁶.

Establecido el hecho de que esas cuatro estrellas giran en torno a Júpiter, Galileo se dedica a medir sus posiciones, tamaños y velocidades, en las siguientes páginas del *Sidereus nuncius*. En última instancia, se trata de aseverar que esos cuatro planetas hacen parte del mismo sistema físico de Júpiter:

... puesto que unas veces siguen y otras preceden a Júpiter con intervalos similares alejándose de él ora hacia el orto, ora hacia el ocaso tan sólo con desviaciones pequeñísimas y acompañándolo no sólo en su movimiento directo, sino también en el retrógrado, para nadie puede ofrecer duda que realizan sus revoluciones en torno a él, al tiempo que todos a una cumplen sus períodos de doce años en torno al centro del mundo²³⁷.

La manera en que Galileo en el *Sidereus nuncius* describe paso a paso su descubrimiento parece más el doloroso parto de una joven mujer,

²³⁶ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 67-70.

²³⁷ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 88.

que el júbilo de encontrarse frente al escondido tesoro que todos quieren hallar. En una tortuosa y exasperante exposición, que parece más una taxonomía garabateada velozmente porque el tiempo apremia, nos describe cómo llegó a la conclusión de que cuatro estrellas que aparecían al lado de Júpiter, no hacían parte de las fijas, sino que lo seguían por la eclíptica en un ordenado y sinfónico orden que tenía la posibilidad de ser medido.

Como se ha dicho, la afirmación de la superficie rugosa de la Luna y la consecuente analogía con la Tierra y los demás planetas, es de primordial importancia para el desarrollo del pensamiento filosófico del siglo XVII. Según mi modo de ver, la demostración de la existencia de los cuatro satélites de Júpiter puede ser tan determinante como aquella. En términos filosóficos las consecuencias de la primera enunciación son más dramáticas que las de la segunda, si la destrucción de la idea de cuerpos celestes perfectos, cuya superficie lisa expresaba su perfección y divinidad, es mucho más importante que aumentar cuatro planetas que giran en epiciclos en otro planeta de la misma manera que la Luna en la Tierra.

Todo ello, en primer lugar, porque de cierta forma ya los jesuitas habían aceptado el sistema del mundo de Brahe, que no se caracterizaba por su orden y armonía; y en segundo lugar, porque aumentar o quitar el número de los orbes o de las esferas –aunque en el caso de los planetas poco había ocurrido, verbigracia, el sistema del mundo de Filolao– era un hecho corriente en todas las épocas, desde Aristóteles hasta Brahe, pasando por los árabes y los medievales cristianos que, de acuerdo con la necesidad de que un modelo del sistema del mundo coincidiera con la observación, jugaban con el número de las orbes, esferas, círculos o planetas. Un planeta más o un planeta menos no es tan impactante como decir que la superficie de la Tierra se parece a la de la Luna o a la de Marte. De todas maneras, no se puede negar la importancia de este descubrimiento que, como se sabe, es de primer orden en la destrucción de la astronomía antigua y en la edificación de la nueva ciencia y, por ende, de la nueva filosofía moderna.

Las manchas solares

Como se ha mencionado en líneas anteriores, el registro de las observaciones de las manchas solares no aparece en el *Sidereus nuncius*, sino en un pequeño texto denominado *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*²³⁸, publicado en Roma en 1613. Si nos atenemos a esta fecha y a la de la publicación del primero, nos encontramos con tres años largos en los cuales Galileo, como es de suponerse, no es el único que observa los cielos con un telescopio. Esta cuestión es interesante dado que la historiografía científica le ha atribuido tal descubrimiento sin ningún atenuante, cuando otros astrónomos antes que él, ya las habían observado; lógicamente que la impresionante demostración geométrica galileana de la existencia de las manchas solares, es la causa de que se haya pensado que este descubrimiento pertenece solo a él. Existen otras razones de índole no filosófica o científica, como por ejemplo, la conocida tendencia de la historia de la ciencia a manejarse por la línea del progreso científico partiendo desde los primitivos conocimientos del Medio Oriente, pasando por Aristóteles, los alejandrinos, Copérnico, Brahe, Kepler y Galileo, llegando hasta Newton –tal línea de pensamiento olvida una buena cantidad de pensadores que estuvieron a la zaga de estas luminarias del pensamiento occidental–. Además, no podemos olvidar el papel que jugó el mismo Galileo en este asunto, pues de hecho en el *Diálogo* se atribuye tal descubrimiento:

SALV. El primero que descubrió y observó las manchas solares, así como todas las demás novedades celestes, fue nuestro académico linceo [el mismo Galileo Galilei]. Observó las manchas solares el año 1610, cuando aun era lector de matemáticas en el Estudio de Papua, y allí y en Venecia

²³⁸ La portada completa de esta obra de Galilei reza así: “HISTORIA Y DEMOSTRACIONES EN TORNO A LAS MANCHAS SOLARES y sus accidentes comprendidas en tres cartas escritas al Ilustrísimo Señor MARCO VEL- SER, LINCEO, Duunviro de Augsburg, Consejero de Su Majestad Imperial, por el señor GALILEO GALILEI, LINCEO, *Noble florentino, Filósofo y Matemático Principal del Serenísimo Cosme II, Gran Duque de Toscana*. En Roma: *Giacomo Mascardi*, 1613. CON LICENCIA DE LOS SUPERIORES.”, en Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 157.

*habló de ello con distintas personas, algunas de las cuales viven todavía. Un año después, en Roma, las hizo ver a muchos señores, como afirma en la primera de sus cartas al Sr. Marco Welter, Duunviro de Augsburgo*²³⁹.

Sin embargo, el asunto se debe plantear de otro modo. El descubrimiento de las manchas solares no estuvo rodeado de la espectacularidad de aquellos que se publicaron en el *Sidereus nuncius*. En éste todo era novedad. No en vano las reservas de Galileo para que Kepler no obtuviera de sus propias manos un anteojo para que corroborara sus hallazgos y pudiera asentir sin ninguna duda lo que luego publicó en su *Ioannis Kepleri Mathematici Caefarei Dissertatio cum Nuncio Sidereo nuper ad mortales miffo a Galilaeo Galilaeo Mathematico patauino*²⁴⁰. La situación de las manchas solares fue distinta. Aquí se trataba de los integrantes de una comunidad de filósofos de la naturaleza que por obvias y diferentes razones comenzaron a escudriñar los cielos, luego del impacto de los primeros tres descubrimientos de Galileo. Carlos Solís nos ilustra esta situación:

Una vez descubierto el uso astronómico del anteojo y mostrado su rendimiento en La gaceta sideral, más de uno pudo descubrir las manchas solares. Entre ellos está J. Fabricius, quien con su Phryssii De Maculis in Sole observatis et apparente earum cum Sole conversione Narratio, etc., Wittemberg junio de 1611, es el primero en publicar su existencia a base de observaciones realizadas de finales de 1610 a marzo de 1611. Este mismo mes, Galileo está en Roma tratando de demostrar a los escépticos lo exacto de sus demostraciones astronómicas, incluyendo entre ellas las manchas solares. Entre los escépticos se encuentran el jesuita P. Guldino, que habla de ellas al P. Cristóforo Scheiner, S. J., quien entre mayo y octubre de 1611 realiza observaciones sobre ellas que comunica a Marco Velsler (Marck Welter), de Augsburgo, publicándose a principios de enero de 1612 las Tres Epístolas de Maculis solaribus bajo el seudónimo de Apelles latens post tabulam. El día de Reyes, Velsler envía un ejemplar a Galileo, a la sazón ausente en Le Selve, pidiéndole su opinión, e insiste

²³⁹ GALILEI, *Diálogo*..., 300. Las barras son mías.

²⁴⁰ Publicado en castellano con el título de *Conversación con el mensajero sideral*. (Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 91-152).

a finales de marzo. A su vuelta a Florencia, Galileo responde con tres cartas basadas en nuevas y minuciosas observaciones realizadas con la valiosísima ayuda de Castelli, orientadas a refutar la interpretación conservadora de Scheiner, quien para salvar la aristotélica inmutabilidad de los cuerpos celestes suponía que las manchas eran astros interpuestos entre la Tierra y el Sol. De ahí la importancia que para Galileo tenía demostrar que dichas manchas pertenecían a la propia superficie del Sol. Las tres cartas de Galileo se escribieron entre mayo y diciembre de 1612, imprimiéndose 1.400 ejemplares el 22 de mayo de 1613²⁴¹.

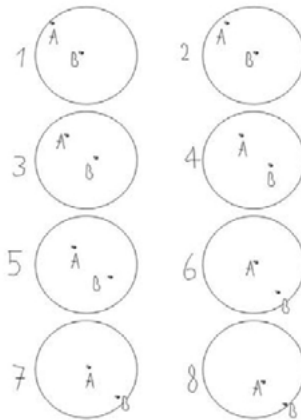
Aunque J. Fabricius aparentemente es el primero en descubrirlas, es interesante señalar que en las historias de la filosofía y de la ciencia no se las atribuyen a él sino a Galileo. Pero, ¿por qué Galileo a pesar de todo? Hay aquí un asunto que he mencionado: una cosa es mirar por el antejo y registrar lo que allí se observa, y otra es demostrar que lo visto es correcto, cierto y preciso. Así que hay que hacer una correcta interpretación de los fenómenos observados. No se ha de olvidar que con las manchas solares ocurre lo mismo que con la superficie rugosa de la Luna. Se trata de demostrar que eso que se ve por el telescopio corresponde a una experiencia verdadera y no aparente, que es tal y como es, y no una simple ilusión óptica inducida por un sistema de lentes cóncavos y convexos dentro de un tubo, es decir, un efecto producto de un mero artificio visual.

Por lo dicho en páginas anteriores sabemos que Galileo se vale del espacio geométrico de la cosmología copernicana para demostrar sus observaciones y que metodológicamente, como nos lo hace saber en *El ensayador*, la matemática –o la geometría– es el aparato teórico necesario para hacer una correcta interpretación de los fenómenos de la naturaleza frente a la observación viciada por los engañosos sentidos.

Ahora bien, en su *Historia y demostraciones en torno a las manchas solares* Galileo presenta tal demostración:

²⁴¹ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 155.

Ante todo, debe reparar Su Señoría en que siendo la distancia entre nosotros y el Sol enorme en relación al diámetro del cuerpo de éste, el ángulo comprendido entre los rayos trazados desde nuestro ojo hasta los extremos de dicho diámetro es tan agudo que sin error apreciable bien podemos tomar tales rayos como si de paralelas se tratase. Por otro lado, puesto que para realizar la experiencia que pretendo no sirven dos manchas cualesquiera tomadas de cualquier modo, sino tan sólo aquéllas que se hallan situadas en el mismo paralelo, debemos consiguientemente elegir dos dispuestas de esa guisa. Sabremos que son tales siempre que en su movimiento pasen ambas por el mismo centro del disco solar o bien igualmente alejadas de él y hacia el mismo polo. Tal circunstancia se da algunas veces, como ocurre con las dos manchas A, B de la figura del día primero de julio, de las cuales B pasa el día dos junto al centro, y la A pasa a una distancia similar el día 7, y ambas con declinaciones boreales. Y dado que tal distancia al centro es bastante pequeña, el paralelo que describen es casi imperceptiblemente menor que el círculo máximo. Más imagínese

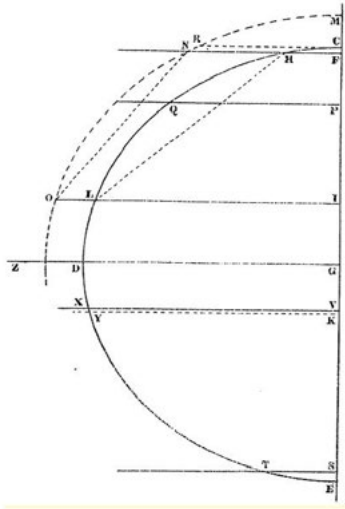


Su Señoría primero la línea GZ que representa el alejamiento del Sol; sea Z nuestro ojo y G el centro del Sol, en torno al cual se describe el semicírculo CDE con radio igual o muy poco menor que el radio de los círculos en los que observo las manchas, de manera que la circunferencia CDE representará la que resulta descrita por las manchas A, B y

que al ojo lejanísimo, Z, que se halla en el mismo plano que el círculo CLE, parecerá recta e igual al diámetro CGE (y digo esto porque de las observaciones que hasta aquí he podido hacer no deduzco que la revolución de las manchas sea oblicua al plano de la eclíptica bajo la que está la Tierra). Tómese luego la distancia de la mancha A a la circunferencia próxima y transpórtese a CF y trácese por el punto F la perpendicular CG. Sea ésta FH, que será paralela a GDZ, constituyendo el rayo visual que va del ojo a la mancha A, la cual, apareciendo en el punto F del diámetro del Sol CE, vendrá a estar en H. Cójase luego el intervalo entre las dos manchas A, B, transpórtese el diámetro CE de F a I y elévese asimismo la perpendicular IL, que será el rayo visual de la mancha B, y la línea FI la distancia aparente entre las manchas A, B, si bien el intervalo verdadero estará determinado por la línea HL, que subtiende el arco HL. Ahora bien, como se halla comprendida entre los rayos FH, IL y se ve oblicuamente por su inclinación, no aparece de otro tamaño que el de FI. Mas cuando en virtud de la rotación del Sol los puntos H, L, bajando hacia E, tengan en medio el punto D que al ojo Z le parece el mismo centro G, entonces las dos manchas A, B, vistas no en escorzo, sino de frente, aparecerán tan alejadas cuanto es la cuerda HL, si bien el lugar de esas manchas se encuentra en la superficie del Sol. Véase ahora la figura del día cinco en la que esas mismas manchas A, B se hallan casi igualmente alejadas del centro, y se descubrirá que su distancia es exactamente igual a la cuerda HL, cosa que de ningún modo ocurriría si su revolución se realizase por un círculo tan alejado como se quiera de la superficie del Sol. Lo cual se probará así.

Supóngase, por ejemplo, que el arco MNO se halle alejado de la superficie del Sol, esto es, de la circunferencia CHL, tan sólo la vigésima parte del diámetro del globo solar. Al prolongar las perpendiculares FH hasta N e IL hasta O, es manifiesto que si las manchas A, B se moviesen por la circunferencia MNO la mancha A aparecería en F cuando se encontrase en N, y de manera similar la mancha B debería hallarse en O para aparecer en I, de donde su separación sería la cuerda NO, mucho menor que la HL. Por tanto, transferidas las manchas hacia E, hasta que la línea GZ corte por el medio y en ángulos rectos la cuerda NO, hallaríanse las manchas en su máximo alejamiento verdadero y aparente, bastante menor que la cuerda HL, cosa que choca con la

experiencia que las muestra distando entre sí según la recta HL. Así pues, las manchas no se hallan alejadas de la superficie del Sol la vigésima parte de su diámetro. Si aplicamos un examen semejante a la observación de las mismas manchas el día ocho, cuando la B se halla próxima a la circunferencia, y transportamos a S su distancia al punto E de esa circunferencia, trazando la perpendicular ST al diámetro CE, será el punto T la posición de dicha mancha en la superficie del Sol. Transportando luego la distancia BA a SV y trazando de manera similar la perpendicular VX, hallaremos que el intervalo TX (que es la distancia verdadera entre las manchas B, A) es el mismo que el HL, circunstancia que en modo alguno podría darse si las manchas B, A se



moviesen por círculos sensiblemente alejados de la superficie del Sol²⁴². Repárese asimismo en que si se toman dos manchas menos distantes entre sí y más próximas al término C o al E, tal circunstancia se tornaría aún más notable. En efecto si hubiese dos manchas, una de las cuales se hallase en el momento de salir en el punto C, apareciendo la otra en F, de modo que su distancia aparente fuese CF, la verdadera distancia entre

²⁴² Diagrama tomado de: Galileo Galilei. “Delle macchie solari”, en *Le opere*. Volumen V. (Edizione nazionale di Antonio Favaro. Firenze, 1895), 122.

ellas, de hallarse en la superficie del Sol, sería la cuerda HC, siete o más veces mayor que CF. Sin embargo, en caso de hallarse dichas manchas en R, N, su distancia real sería la cuerda RN, que es menos de una tercera parte de CH. De ahí que, transferidas tales manchas a las inmediaciones del punto O, si la experiencia nos presentase su distancia igual a CH, esto es, siete veces mayor que CF y no igual a RN, que apenas es el doble de esa misma CF, no cabría la menor duda de que las manchas están contiguas al Sol y no alejadas de él. Mas dispondremos de experiencias que nos mostrarán que la cuerda CH, es decir, la verdadera distancia entre las manchas cuando se hallan próximas al centro del disco solar, contiene no ya siete, sino diez y quince veces la primera distancia aparente CF, cosa que ocurrirá cuando las manchas se hallen realmente a una distancia mucho menor que CH. Esta circunstancia jamás podría darse si la circunferencia MNZ se hallase alejada de la superficie del Sol la centésima parte del diámetro solar, tal y como a continuación demostraré. Por tanto, síguese como consecuencia necesaria que la distancia de las manchas a la superficie del Sol no puede ser sino imperceptible. Y la demostración de cuanto hasta ahora he dicho será como sigue.

Sea, por ejemplo, de 4 g. el arco CH. La recta CF tendrá 24 partes de las 10.000 de que consta el radio CG, teniendo 419 la cuerda CH; esto es, será diecisiete veces mayor que CF. Mas si el radio GM fuese mayor tan sólo la centésima parte del radio GC, de modo que GM tuviese 10.100 partes de las que CG tiene 10.000, se hallará que el arco MR es de 8 g. 4', el arco NRM de 8 g. 58', el arco RN de 0 g. 54' y su cuerda de 94 partes, de las que CF tenía 24; esto es, menos de cuatro veces mayor, resultado con el que discrepa la experiencia tanto cuanto concuerda con la otra posición.

Con el mismo método podemos también ver día a día los aumentos y disminuciones de los mismos intervalos correspondientes a las revoluciones realizadas únicamente sobre la superficie del Sol. Tómese empero la figura del día tres de julio y, puesta la distancia PC igual al alejamiento de la mancha A de la circunferencia del disco solar, póngase asimismo la línea PK igual al intervalo AB. Trazadas las dos perpendiculares PQ, KY, hallaremos que la cuerda QY es igual a la

*HL, argumento irrefutable de que la revolución se hace por la misma superficie del Sol*²⁴³.

Es evidente que esta argumentación tuvo como fin ponderar la demostración matemática²⁴⁴ como un elemento contundente de apoyo a sus observaciones astronómicas. Pero, por otro lado, se trata de mostrar que los sentidos –de la misma manera que Pitágoras, Platón, Copérnico, Kepler y Descartes– son engañosos, que no se puede confiar en ellos cuando se trata de obtener un conocimiento cierto de los fenómenos naturales, y que más bien, se trata de que todo tipo de conocimiento que concierna a la filosofía de la naturaleza se confíe a los procedimientos matemáticos para llegar a teorías que estén fuera de toda duda.

Sin embargo, encontramos otro tipo de verificaciones que no se apegan, a la demostración matemática, sino, más bien, observacional. Veamos este pasaje del *Diálogo*:

La primera consiste en que se ve que muchas de estas manchas nacen en medio del disco solar y que muchas otras a su vez se disuelven y desvanecen lejos del borde solar. Esto prueba necesariamente que se generan y se disuelven, porque si apareciesen allí, sin generarse y corromperse, sólo por el movimiento local, se vería que todas entran y salen por el borde de la circunferencia.

La otra observación, para los más ignorantes en perspectiva, concluye necesariamente, a partir del cambio de apariencia de las figuras, y del cambio aparente de la velocidad del movimiento, que las manchas

²⁴³ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 166-172.

²⁴⁴ En el *Diálogo*, por ejemplo, son constantes las alusiones que ridiculizan las posiciones de los aristotélicos con respecto a este tipo de demostraciones. De esta manera, comenta Simplicio en la Primera Jornada: “No diré que este argumento vuestro no pueda ser concluyente, pero afirmaré con Aristóteles que en las cosas naturales no siempre se debe buscar una necesidad de demostración matemática.” (Véase: Galilei, *Diálogo...*, 13) Y luego, más adelante, en la Segunda Jornada: “En la ciencia natural no es preciso buscar la exquisita evidencia matemática.” (Véase: Galilei, *Diálogo...*, 200).

solares son contiguas al cuerpo solar, que tocan su superficie y se mueven con ella y sobre ella, y que no giran en absoluto en círculos alejados de dicho cuerpo. Lo prueba el movimiento {de las manchas} que cerca del borde del disco solar es lentísimo, y hacia el centro es más veloz; lo prueban las formas de las manchas, que cerca del borde parecen estrechísimas si las comparamos con las que aparecen en las partes centrales, lo que se debe a que en las partes centrales se ven en toda su grandiosidad y tal como realmente son, mientras que hacia el borde, debido a lo huido de la superficie globular, se ven en escorzo. Quien ha sabido observar y calcular diligentemente una y otra disminución, de forma y de movimiento, comprueba que corresponde con precisión a lo que debe verse si las manchas están contiguas al Sol, y que está en inevitable conflicto con el movimiento en círculos por poco alejados que estén del cuerpo solar, como ha sido ampliamente demostrado por nuestro amigo en las Cartas sobre las Manchas Solares al Sr. Marco Velsert²⁴⁵. Del propio cambio de forma se deduce que ninguna de ellas es una estrella u otro cuerpo de forma esférica. Puesto que, entre todas las figuras, sólo la esfera no se ve nunca en escorzo, ni puede representarse más que perfectamente redonda. Así pues, si alguna de las manchas solares fuese un cuerpo redondo, como se cree que son las estrellas, se vería igualmente redonda tanto en el centro del disco solar como cerca del borde. Luego, el hecho de que se escorcen tanto y se muestren tan delgadas hacia el borde y, por el contrario, grandes y anchas hacia el centro, nos muestran con toda seguridad que son láminas de poca profundidad y grosor en comparación con su longitud y anchura²⁴⁶.

Pero, ¿cuáles fueron las consecuencias filosóficas inmediatas luego del citado texto de 1613? La demostración de la existencia de las manchas solares tiene la misma importancia que aquella que se realizó en el *Sidereus nuncius* a propósito de la superficie irregular de la Luna. En última instancia, el problema a resolver es acerca de la inmutabilidad de los cielos. Como se ha afirmado antes, este asunto se

²⁴⁵ Que fueron publicadas con el título de *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti* en Roma en 1613.

²⁴⁶ Galilei, *Diálogo*..., 51-52.

convirtió en una cuestión de primer orden, incluso frente a otros de mucha relevancia, como, por ejemplo, las cuatro tierras de Júpiter.

En este caso se trataba de aumentar un número determinado de cuerpos celestes –cuatro– frente a los clásicos sistemas del mundo, girando en epiciclos alrededor de Júpiter, en un momento en que a veces eran aceptadas nuevas esferas para poder justificar la experiencia o, aún más, cuando la cosmología de Brahe se había convertido en bastión de la ortodoxia filosófica. En cambio, la perfección de los cielos no se puede discutir y eso es lo que las manchas solares ponen en entredicho, es decir, uno de los principales fundamentos de la física de Aristóteles.

Así, no es raro encontrar que Scheiner, según nos cuenta Solís, intentó demostrar que las manchas son planetas interpuestos entre nosotros y el Sol, para tratar de defender a toda costa la tradición aristotélica frente a las contundentes demostraciones galileanas. O, como en el caso de Chiaramonti, quien señalaba las manchas como “... vanas ilusiones de los cristales...”²⁴⁷.

Las fases de Venus y la deformidad de Saturno

Las observaciones de las fases de Venus y de la “compleja” figura de Saturno las encontramos en una serie de epístolas escritas durante los mismos días en que Galileo había hecho los descubrimientos

²⁴⁷ Galilei, *Diálogo...*, 307. Antonio Beltrán Marí en la nota de pie de página 71 de la Tercera Jornada del citado *Diálogo* nos amplía la información sobre este asunto: “Chiaramonti que [...] había sido vapuleado en esta Tercera Jornada por Galileo, publicaría una defensa de sus obras criticadas que, a su vez, criticaba las tesis del *Diálogo*, la *Defensa di Scipione Chiaramonti al suo Antiticone, e delle tre nuove stelle dall'opposizioni dell'autore de'Due massimi sistema*. Firenze, 1633. Aquí Chiaramonti sigue usando los argumentos que inicialmente se opusieron a Galileo pero que posteriormente todos los astrónomos ya habían abandonado. Si queremos examinar adecuadamente la cuestión de las manchas solares, viene a decir, debemos antes examinar la cuestión del telescopio que, como sabemos engaña. Cree que las manchas son ilusiones ópticas producidas por los engaños provocados por la refracción (Véase Galilei, *Diálogo...*, 307). Las barras son mías.

publicados en el *Sidereus nuncius*. Por distintas razones, y bien conocidas por la historia de la ciencia, no fueron publicadas inmediatamente²⁴⁸. Sin embargo, su impacto, de todas maneras, sacudió las bases de la filosofía aristotélica y, por ende, de la astronomía matemática de Ptolomeo.

Así pues, la observación de las fases de Venus fue sin lugar a dudas uno de los hechos más interesantes de la astronomía observacional de principios del siglo XVII (de la misma manera que la observación de la superficie rugosa de la Luna y las manchas solares, y la consiguiente descripción e interpretación del fenómeno). Galileo la presenta del siguiente modo en una carta a Cristóforo Clavio del 30 de diciembre de 1610:

Sepa, pues, que al principio de su aparición vespertina [de la estrella de Venus] la comencé a observar y la vi de figura redonda aunque pequeñísima. Prosiguiendo luego las observaciones, va aumentando notablemente de tamaño aunque se mantiene circular, hasta que al aproximarse a la elongación máxima comenzó a disminuir respecto a la redondez por la parte opuesta al Sol, reduciéndose en pocos días a la figura semicircular, en la que se mantuvo un rato; esto es, hasta que comenzó a retirarse hacia el Sol, alejándose paulatinamente de

²⁴⁸ Como se sabe, en primer lugar, en el caso de Venus, Galileo sentía una gran desconfianza en dar a conocer inmediatamente sus descubrimientos temiendo que alguien literalmente los robara. Por ello, cuando observó las fases de Venus hizo circular una frase con letras traspuestas para que fueran descifradas por los filósofos, donde decía en qué consistía su nuevo descubrimiento. Así pues, en la carta a Giuliano de Medici del 11 de diciembre de 1610 la escribe así: *Haec inmatura a me iam frustra leguntur o y*. Más adelante, en una carta al mismo Giuliano de Medici del 1 de enero de 1611, ordena tal expresión de la siguiente manera: *Cynthiae figuras aemulatur mater amorum* –que Carlos Solís traduce: “La madre de los amores (Venus) emula las fases de Cintia (Luna)”–. (Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 181 y 184). En segundo lugar, en el caso de Saturno, se trataba del desconcierto de Galilei por no poder explicar realmente cómo era Saturno, dadas las distintas formas en que sucesivamente se le presentaba este planeta por el antejojo (como veremos más adelante).

la tangente²⁴⁹. Comienza ahora a tornarse notablemente cornuda, e irá menguando así hasta que sea vespertina, y a su debido tiempo la veremos matutina con sus cuernecillos sutilísimos y apartados del Sol, los cuales en torno a la máxima elongación formarán un semicírculo que mantendrá inalterado durante muchos días. Luego pasará Venus rapidísimamente del semicírculo al círculo completo, y la veremos así durante muchos meses perfectamente circular, aunque pequeñina, de modo que su diámetro no llegará a la sexta parte del que aparece al presente. Tengo el modo de verla tan clara, tan pura y delimitada como vemos a la propia Luna con la visión natural, y la veo con un diámetro igual al radio de la



a simple vista. He aquí señor mío, aclarado cómo Venus (e indudablemente el mismo Mercurio) va en torno al Sol, centro sin duda alguna de las máximas revoluciones de todos los planetas. Estamos además seguros de que dichos planetas son en sí mismos sombríos, resplandeciendo únicamente cuando los ilumina el Sol, lo que no creo que ocurra con las estrellas fijas, por algunas observaciones mías, así como de que este sistema planetario es sin duda de otro modo del comúnmente aceptado...²⁵⁰

²⁴⁹ Al respecto Carlos Solís nos dice: “Esto es, el rayo visual que partiendo de la Tierra toca la órbita de Venus en el punto de la elongación máxima.” Nota de pie de página número 9, en Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 182.

²⁵⁰ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 181-182. Las barras son mías. Esta misma explicación la encontramos en una carta a Paolo Sarpi del 12 de febrero de 1611. (Véase la carta a Paolo Sarpi. Florencia, 12 de febrero de 1611, en Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 184-185).

Como bien sabemos, no se trataba de observar y registrar, sino de dar una explicación coherente a lo visto por el antejo. Dichas fases se constituyeron en la prueba fundamental de dos cosas vitales para la nueva concepción cosmológica moderna: por un lado, la corroboración del sistema copernicano y, por otro, que los planetas como la Luna y la Tierra no tienen luz propia.

Las fases de Venus eran la prueba experimental, o si se quiere, empírica, de que esta estrella y, por analogía las otras cinco –incluida la Tierra– giraban en torno al Sol; además, y de forma complementaria, demostraba que los planetas son cuerpos opacos que reciben la luz del Sol, que en nada se parecen a las perfectas estrellas aristotélico-ptolemaicas, cuya caracterización de divinidad se manifestaba en la irradiación de luz brillante como uno de los elementos propios de la eternidad y la inmutabilidad. En una carta a Giuliano De' Medici del 1 de enero de 1611 Galileo lo explica así:

Mediante esta admirable experiencia tenemos una demostración sensible y cierta de dos grandes cuestiones hasta ahora dudosas para los mayores intelectos del mundo. Una es que los planetas todos son oscuros por naturaleza propia (ocurriéndole a Mercurio lo mismo que a Venus); la otra, que Venus necesariamente gira en torno al Sol, así como también Mercurio y todos los demás planetas, cosa que bien creían los Pitagóricos, Copérnico, Keplero y yo, aunque no se había demostrado sensiblemente como ahora con Venus y Mercurio. Tendrán, pues, el Sr. Keplero y los otros Copernicanos que felicitarse por haber creído y filosofado bien, por más que nos haya tocado y aún nos habrá de tocar vernos considerados por la universalidad de los filósofos librescos como poco doctos y poco menos que estúpidos²⁵¹.

Y en una carta a Paolo Sarpi del 12 de febrero escribe:

Ahora bien, henos aquí asegurados de que Venus gira en torno al Sol y no por debajo (como creía Ptolomeo), en cuyo caso no se mostraría sino menor de medio círculo; ni menos aún por encima (como quiere

²⁵¹ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 183-184.

Aristóteles), pues si fuese superior al Sol nunca se vería falciforme, sino siempre más de bastante mediada y casi siempre perfectamente redonda. Además, estoy seguro de que veremos a Mercurio pasar por los mismos cambios...

... ..

*Además, por estas mismas apariencias de Venus estamos seguros de que todos los planetas reciben la luz del Sol, siendo sombríos por naturaleza. Mas yo estoy además seguro, por demostración necesaria, de que las estrellas fijas son muy brillantes en sí mismas, sin que precisen de la irradiación solar, que Dios sabe si llegará a tanta lejanía...*²⁵²

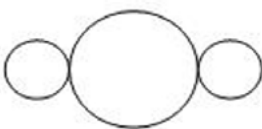
Estos argumentos son contundentes. De todas maneras, Galileo tuvo que luchar hasta el final de su vida contra las posiciones inflexibles de la ortodoxia filosófica de la época, en las cuales sus demostraciones perdían valor por no estar en los bastiones de la defensa aristotélica. Sin embargo, un nuevo Cosmos iba apareciendo en el horizonte de la primera mitad del siglo XVII, en el cual el “imperfecto” cielo galileano de la mano del sistema heliostático de Copérnico, del imaginado universo infinito de Bruno, de las órbitas planetarias elípticas de Kepler y del universo ilimitado de Descartes –con la consiguiente superación del espacio copernicano–, gestarían y labrarían la imagen del universo moderno.

Por otro lado, caso aparte es lo que concierne a la observación de la estrella de Saturno. El evidente éxito del trabajo observacional de Galileo a propósito de la Luna, las lejanas y nuevas estrellas de la última esfera, las tierras de Júpiter, las manchas solares y las fases de Venus, difiere de lo que ve por el anteojito a propósito de Saturno. El desconcierto, el asombro y la frustración son las constantes en el momento de describir aquello que mira por el telescopio. Se podría decir que es un doloroso proceso de registro de observaciones que se encuentran lejos de la certeza y la precisión de sus demás

²⁵² Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 185.

descubrimientos astronómicos. Así pues, veamos cómo Galileo trata de describir a Saturno²⁵³:

Trátase de que la estrella de Saturno no es una sola, sino un agregado de tres que casi se tocan y que nunca se mueven o mudan entre sí; están dispuestas en fila a lo largo del Zodíaco, siendo la del medio tres veces mayor que las otras dos laterales y estando situadas en esta forma:



Poco después, en una carta a Giuliano de Medici del 13 de noviembre de 1610, escribe:

Si se observase con un anteojo que no fuese de muchísimo aumento, no aparecerán tres estrellas bien distintas, sino que parecerá que Saturno sea una estrella alargada en forma de aceituna, así;



*mas sirviéndose de un anteojo que multiplique más de mil veces en superficie, se verán los tres globos clarísimos y casi tocándose, no apareciendo entre ellos una división mayor que un sutil hilo oscuro...*²⁵⁴

Luego, en una carta a Mark Welser del 1 de diciembre de 1612, apunta:

Aún este año, cerca del solsticio de verano, he visto a Saturno trifforme. Y habiendo luego dejado de observarlo durante más de dos meses,

²⁵³ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 178-179.

²⁵⁴ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 180-181.

no poniendo en duda su constancia, al volver a observarlo finalmente los días pasados lo he hallado solitario, sin la asistencia de las acostumbradas estrellas y, en suma, perfectamente redondo y delimitado como Júpiter, y en tal estado se mantiene aún. ¿Qué se dirá de tan extraña metamorfosis?...

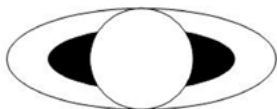
*... .. No tengo nada seguro que decir en un caso tan extraño, inopinado y nuevo (...) Pero permítaseme por una vez una cierta temeridad que me habrá de ser tanto más benignamente perdonada por V. S. por cuanto la confieso como tal, declarando no pretender registrar lo que voy a predecir entre las proposiciones que dependen de principios ciertos y conclusiones seguras, sino tan sólo de algunas conjeturas más verosímiles. [...] Las proposiciones son éstas: las dos estrellas saturninas menores, ocultas actualmente, quizá se muestren un poco durante dos meses en el solsticio de verano del próximo año de 1613, ocultándose luego y permaneciendo escondidas hasta el solsticio invernal de 1614, en torno al cual podrá suceder que durante algunos meses se muestren algo de nuevo...*²⁵⁵

Y así prosigue, del mismo modo, por unas líneas más, tratando de dar una explicación coherente acerca de dicho fenómeno. Aquí Galileo hace algo que casi nunca hacía, es decir, de una forma inverosímil procede metodológicamente como nunca procedía. En otras palabras, se aventura por el continente de las conjeturas sin una esperanza alentadora que le de vele la real apariencia del Saturno. En una carta a Cesi escribe²⁵⁶:

No quiero dejar de comunicarle a V. E. un nuevo y extravagante fenómeno por mí observado hace algunos días, en el que, en la estrella de Saturno, las dos compañeras suyas ya no son dos pequeños globos perfectamente redondos como antes, sino que ahora son cuerpos mucho mayores y de forma no redonda, sino como se ve en la figura adjunta; esto es, dos medios eclipses con dos triangulillos oscurísimos en el medio de dichas figuras contiguas al globo central de Saturno que se ve como siempre se ha visto, perfectamente redondo...

²⁵⁵ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 186. Las barras son más.

²⁵⁶ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 187.



Como hoy sabemos, existen ciertas dificultades para observar a Saturno. Sobre este propósito Carlos Solís dice que:

*El anillo tiene un espesor de unos 5 km. y es muy difícil de ver “de canto” sin telescopios sofisticados. Se halla en el plano del ecuador de Saturno que forma un ángulo constante de 27° con el de la órbita. Las variaciones del observatorio terrestre y de la fuente de iluminación solar en relación al planeta explican con sencillez los cambios de aspecto. Sin embargo, la interpretación correcta del anillo como tal se debe a Huygens, quien en 1655 construyó un telescopio más poderoso que los existentes hasta entonces. Sus observaciones del anillo del mes de octubre se expresan en un mensaje cifrado en *De Saturni Observatio Nova* (1656), desvelado tres años después en su *Sistema Saturnium*²⁵⁷.*

Las limitaciones de Galileo a este respecto eran notables. Si en un momento determinado hubiera logrado realizar una correcta observación de Saturno, no cabe ninguna duda de que sus resultados se habrían convertido en un poderoso argumento para desvirtuar la validez de la cosmología aristotélico-ptolemaica y, como se sabe, en consecuencia, de la superación de la filosofía escolástica. Pero no fue así, y cierta historiografía de la ciencia debería olvidar definitivamente que él descubrió los anillos de Saturno.

La cosmología teórica

A pesar de los concluyentes resultados de estos descubrimientos con el anteojo, la cosmología galileana siguió, de cierta manera, relacionada con la tradición clásica. Ya habíamos mencionado que su cosmología podríamos dividirla en dos partes: la experimental

²⁵⁷ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 177.

o descriptiva que, como se ha visto, es el producto de sus descubrimientos con el antejo; y la teórica que aparece en el *Diálogo*.

Como se sabe, en esta obra Galileo pretende defender y valorar la astronomía de Copérnico frente a la astronomía híbrida escolástica de origen aristotélico-ptolemaica. Y aquí juegan un papel de primordial importancia sus observaciones realizadas con el antejo y registradas en el *Sidereus nuncius*. Pero su razonamiento es conceptual. Por ejemplo, sabemos que para Copérnico era más importante demostrar los movimientos de la Tierra, que la existencia de un Sol sin movimientos más o menos en el centro del cosmos. Aquí el copernicanismo de Galileo es evidente, pues gran parte de sus especulaciones teóricas en el *Diálogo*, se refieren a la demostración de la existencia de una Tierra con movimientos.

Sin embargo, lo único claro a través de sus páginas es que queda indeterminada la cuestión de la movilidad o la inmovilidad de la Tierra, es decir, que para efectos de explicar fenómenos da lo mismo moverla que dejarla quieta o, en otras palabras, que allí no se logra demostrar que la Tierra tiene movimientos –que como sabemos es la principal tesis del *De Revolutionibus* de Copérnico, pues aunque el *Diálogo* ha sido visto como el notorio ejemplo de las demostraciones físicas del movimiento de la Tierra y la estaticidad del Sol, las argumentaciones que aparecen allí, en última instancia, no “demuestran” nada, es decir, que sólo son demostraciones discursivas, no físicas, en sentido estricto–. Galileo lo dice de este modo:

*Y dado que además hemos dividido el universo en dos partes, una de las cuales es necesariamente móvil y la otra inmóvil, para todo aquello que pueda depender de tal movimiento, tanto da hacer mover sólo la Tierra como todo el resto del universo, puesto que la operatividad de tal movimiento no está más que en la relación que se da entre los cuerpos celestes y la Tierra y lo único que cambia es esta relación*²⁵⁸.

²⁵⁸ Galilei, *Diálogo*..., 104.

Es decir, que aquí lo llamativo no es que Galileo logre o no mostrar los movimientos de la Tierra. La verdadera importancia de sus reflexiones está en la formulación del denominado Principio de la Relatividad del Movimiento, que fue el instrumento argumentativo para tratar de demostrar que la Tierra se mueve. De esta manera nos dice: “Por ello, tened en cuenta lo siguiente: el movimiento, en tanto es movimiento y como movimiento, opera en cuanto que tiene relación con cosas que carecen de él. Pero entre cosas que participan de él por igual no opera y es como si no existiese”²⁵⁹.

Se trata, pues, de la formulación de un principio físico fundamental en el desarrollo de la física moderna, mas no como explicación concluyente de los movimientos terrestres. De hecho, este principio se constituye en el punto de partida para las modernas concepciones del movimiento. Pero una cosa es tratar que esas argumentaciones se conviertan en demostraciones necesarias del movimiento terrestre y otra lo que ese principio implica para el desarrollo de la ciencia moderna. Galileo sabía lo problemáticas que eran estas “demostraciones”, pues su indeterminación llevaba a los mares de la especulación. En este punto fue bastante claro –citando las fórmulas para demostrar la inmovilidad o movilidad de la Tierra, cuyo resultado es el mismo–: “Por lo que, por ser la misma argumentación referente a la Tierra que a la nave, del hecho de que la piedra caiga siempre perpendicularmente al pie de la torre no se puede inferir nada sobre movimiento o reposo de la Tierra”²⁶⁰.

Así que la explicación tiene que expandirse hacia la argumentación lógica, esto es, si se trata de mover a la Tierra y dejar inmóvil el resto del universo, es más plausible –o más lógico pensar– mover esa gran masa que es el universo y dejar a la Tierra sin movimientos. Es decir, Galileo, de una manera u otra, se está moviendo en los escabrosos caminos de la especulación lógico-metafísica. Así escribe:

²⁵⁹ Galilei, *Diálogo...*, 103.

²⁶⁰ Galilei, *Diálogo...*, 128.

*Ahora bien, si para concebir el mismo efecto ad unguem tanto da que se mueva sólo la Tierra parando todo el resto del universo que, permaneciendo quieta sólo la Tierra todo el universo se mueva con un único movimiento, ¿quién querrá creer que la naturaleza (que, según acuerdo común, no hace con la intervención de muchas cosas lo que puede hacer por medio de pocas) haya elegido hacer mover un número inmenso de cuerpos grandísimos, además con una velocidad inestimable, para conseguir lo que con el movimiento moderado de un solo cuerpo en torno a su propio centro puede obtenerse?*²⁶¹

El viejo argumento de la simplicidad de los procesos de la naturaleza y, por ende, de las leyes físicas –que al fin y al cabo eran los objetivos de las clásicas y las modernas cosmologías en los tiempos de Copérnico, Kepler, Galileo y Descartes–.

Ahora bien, como una consecuencia necesaria de sus observaciones con el anteojo, más la interpretación de esos fenómenos desde el espacio geométrico de Copérnico, obtenemos una visión cosmológica que no se aleja mucho de las concepciones antiguas. Antonio Beltrán Marí anota lo siguiente:

... el Diálogo, tal como se publicó y ha llegado hasta nosotros, presenta una paradoja sorprendente. Su tema es el tema “más digno de estudiarse”, “la más importante de las cuestiones naturales”, es decir el “sistema o constitución del universo”, la “cosmología”. Y, sin embargo, cuando acabamos de leer el libro, no podemos describir claramente su concepción cosmológica, no sabemos exactamente cómo es el universo según Galileo.

*Pero esta paradoja, una vez notada, nos lleva a otro descubrimiento, o más bien toma de conciencia, no menos llamativa. En cierto sentido, la cosmología de Galileo, tanto en lo que se refiere al ámbito sublunar como al ámbito supraplanetario, está tan cerca de la cosmología tradicional como de la moderna de la que, en buena medida, es iniciador*²⁶².

²⁶¹ Galilei, *Diálogo*..., 104.

²⁶² Galilei, *Diálogo*..., XLV.

Claro que, aunque no se puede saber cómo es su cosmología, es posible hacernos una idea de ella. El problema que se le planteó a Galileo tuvo que ver con dos asuntos que, a su vez, habían hecho parte esencial de los sistemas del mundo: acerca de la naturaleza de las órbitas de los planetas, y sobre el universo limitado por la esfera de las estrellas fijas.

En primer lugar, de hecho, Galileo seguía pensando en las órbitas circulares y perfectas –como Platón, Aristóteles, Ptolomeo y Copérnico–. Esto no es un asunto exclusivo del *Sidereus nuncius*. Es, más bien, una característica de toda su obra en la que aparecen sus apreciaciones cosmológicas, por ejemplo, en el *Diálogo*. El movimiento privilegiado, por excelencia, en la naturaleza es, para él, el circular. Así afirma:

Concluyo, por tanto, que sólo el movimiento circular puede convenir de modo natural a los cuerpos que integran el universo y están colocados en la disposición óptima. Y del movimiento rectilíneo, lo más que puede decirse es que es asignado por la naturaleza a sus cuerpos y partes de éstos, siempre que se hallen fuera de sus lugares, colocados en una mala disposición, y por tanto necesitados de volver cuanto antes a su estado natural. De ahí que me parece bastante razonable decir que podemos concluir que, para el mantenimiento del orden perfecto entre las partes del mundo, los móviles sólo se pueden mover circularmente y, si hay alguno que no se mueve circularmente, por necesidad está inmóvil, porque no existe ninguna otra cosa, salvo el reposo y el movimiento circular, que sea apto para la conservación del orden²⁶³.

Más adelante, en la Segunda Jornada del *Diálogo*, lo confirma:

Ya hemos dicho mil veces que el movimiento circular es natural tanto al todo como a las partes, cuando están en la disposición óptima. Si bien mejor sería decir que nunca, ni las ordenadas ni las desordenadas se mueven con movimiento recto sino con un movimiento mixto que también podría ser circular puro. Pero a nosotros sólo nos resulta visible y observable una única parte de este movimiento mixto, es decir la parte del recto, resultándonos imperceptible la otra parte del circular, porque

²⁶³ Galilei, *Diálogo*..., 31.

*también nosotros participamos de él. Eso responde a lo de los cohetes que se mueven hacia arriba y en círculo, pero nosotros no podemos ver el circular porque también nosotros nos movemos con él*²⁶⁴.

Por lo tanto, los planetas tienen movimientos circulares. Lo sorprendente, sin embargo, es que en obras posteriores a la publicación de la *Astronomia nova* de 1609 –como el citado *Diálogo* de Galileo de 1632–, donde Kepler explica, y demuestra las órbitas elípticas de los planetas, no se habla de este tipo de movimientos alrededor del Sol; Galileo siguió pensando, de una manera u otra, en aquellas órbitas circulares y perfectas que le habían enseñado los escolásticos. El siguiente pasaje es típico de su especulación cosmológica:

*Imaginémonos que, entre las decisiones del divino Arquitecto, hubiese figurado la idea de crear en el mundo esos globos que vemos moverse continuamente en círculo, de establecer el centro de sus circunvoluciones y colocar en éste el Sol inmóvil; que después hubiera decidido construir todos esos globos en el mismo lugar y, desde allí, les hubiese dado inclinación a moverse descendiendo hacia el centro, hasta que hubieran adquirido los grados de velocidad que pluguiera a la misma Mente divina, y, una vez adquiridos, hubieran sido movidos en círculo, cada cual en el suyo, manteniendo la velocidad ya cobrada. Búsquese a qué altura y cuán lejos del Sol estaba el lugar en el que fueron creados esos globos al principio, y si puede ser que la creación de todos ellos se produjera en el mismo lugar*²⁶⁵.

¿Cómo es eso que Dios o el Arquitecto del mundo, dejó caer los planetas desde el cielo, que fue donde los creó? ¿Y que cayeron hasta encontrar su órbita y su velocidad según la intención de Dios? ¿Es decir, que la causa del movimiento planetario es la creación de Dios de los planetas en el alto cielo, en el *habitatulum Dei*, y que luego los dejó caer hacia el centro hasta que adquirieran velocidad, luego de acelerarse, según Su Voluntad? Mientras Galileo piensa en causas

²⁶⁴ Galilei, *Diálogo*..., 211-212.

²⁶⁵ Galilei, *Diálogo*..., 28.

metafísicas de los movimientos y velocidades planetarias, mucho antes que él, Kepler había pensado en fuerzas.

Interesante forma de introducir el problema central que planteó Kepler en su *Mysterium cosmographicum*, a propósito de las proporciones entre las distancias y las velocidades de los planetas. Como se ha dicho, Kepler recurre allí a las propiedades de la esfera y de los cinco sólidos regulares. Sin embargo, ese mismo asunto, más las observaciones marcianas de Brahe, lo llevaron a la formulación de las tres leyes del movimiento planetario. Aquí, en estos pasajes del *Diálogo*, la cuestión se resuelve de una manera sorprendente. Sorprendente si tenemos en cuenta que hacía más de una década que Kepler las había formulado. Galileo procede como un escolástico y Kepler como un matemático. Veamos cómo lo soluciona Galileo:

Para hacer esta investigación hay que tomar de los astrónomos más expertos las magnitudes de los círculos en los que giran los planetas, así como los tiempos de sus revoluciones. Del conocimiento de estos dos elementos se deduce, v.g., cuánto más veloz es el movimiento de Júpiter que el de Saturno. Y hallado (como en efecto sucede) que Júpiter se mueve más velozmente, es preciso que, habiendo partido de la misma altura, Júpiter haya descendido más que Saturno, como efectivamente sabemos que sucede, al ser su orbe inferior al de Saturno. Pero, dando un paso más, a partir de la proporción que guardan las velocidades de Júpiter y Saturno, de la distancia que hay entre sus orbes, y de la proporción de la aceleración del movimiento natural, se puede descubrir a cuánta altura y cuán lejos del centro de sus revoluciones estaba el lugar del que partieron. Descubierta y establecido esto, se averigua si Marte descendiendo desde allí hasta su orbe [...] se halla que el tamaño del orbe y la velocidad del movimiento concuerdan con lo que resulta del cálculo. Y lo mismo se hace con la Tierra, con Venus y Mercurio. El tamaño de sus círculos y las velocidades de sus movimientos están tan próximos a los que dan los cálculos que resulta maravilloso²⁶⁶.

²⁶⁶ Galilei, *Diálogo*..., 28. Las barras son mías.

Se da como un hecho, en primer lugar, que las órbitas de los planetas son circulares alrededor de un centro que es el Sol; en segundo lugar, que la velocidad de los planetas alrededor del centro es proporcional a la distancia entre aquellos y éste, es decir, que los planetas más cercanos al Sol son más veloces –por su distancia– y los más alejados más lentos –por el mismo motivo–; y que esas diferentes velocidades y distancias al centro de los planetas no dependen de leyes físicas, sino del movimiento acelerado o la velocidad adquirida por un planeta cualquiera desde el punto en que Dios lo creó y lo dejó caer, o sea, mientras más cae el planeta es más veloz su movimiento y mínima la distancia al Sol y su órbita o, en su defecto, mientras menos distancia recorre el planeta su movimiento es más lento y, por ende, su distancia y su círculo son mayores.

A pesar de su impresionante teoría cosmológica de cuerpos celestes parecidos a la Tierra, sin luz propia –como lo demostró en el caso de Venus y de la Luna– con planetas que giran en torno a otros, es decir, en un cielo de una naturaleza distinta a la que había explicado Aristóteles, los movimientos seguían siendo circulares, eternos, inmutables y perfectos, como en el más elaborado sistema del mundo de la antigüedad.

Por otro lado, sabemos que en el siglo XVII no era posible especular sobre la naturaleza del mundo sin tocar el problema de la esfera límite. En sus elaboraciones teóricas, a propósito de la naturaleza de la esfera de las estrellas fijas, basadas en las observaciones que hizo de nuevas estrellas y de la aparente lejanía de algunas de ellas, Galileo no llegó a afirmar la infinitud del universo, o al menos, la disolución del límite en un ambiente físico indeterminado. Como sabemos por Koyré, tal vez lo había pensado o lo creía así, pero debemos señalar que al menos en sus conocidos textos de filosofía natural no lo escribe, como sí lo hizo en la *Carta a Liceti*:

Muchas y muy sutiles razones se ofrecen a favor de cada una de estas opiniones [sobre la finitud o infinitud del universo]; mas, para mí, ninguna conduce a una conclusión necesaria, de manera que me queda la duda de cuál de ambas respuestas es la verdadera. Tan sólo hay un

argumento particular mío que me inclina más a lo infinito e ilimitado que a lo limitado (notad que mi imaginación no me sirve aquí para nada, ya que no puedo imaginar el mundo ni finito ni infinito). Siento que mi incapacidad para comprender habría que atribuirla con más propiedad a la incomprensible infinitud, más bien que a la finitud, en la que no se precisa ningún principio de incomprensibilidad. Pero se trata de una de esas cuestiones felizmente inexplicables para la razón humana y tal vez semejante a la predestinación, el libre albedrío y tantas otras en las que sólo el Espíritu Santo y la revelación divina pueden suministrar respuesta a nuestras reverentes consideraciones²⁶⁷.

Esta carta es de 1640 cuando ya había escrito sus dos obras sobre cosmología: el *Sidereus nuncius* en 1610 y el *Diálogo* en 1632. En ninguno de los dos hay, como sabemos, una enunciación de esta naturaleza. En el primero, el asunto es obviado, mientras que en el segundo hay una férrea defensa del sistema heliostático de Copérnico, incluida su aceptación de la existencia de la esfera de las estrellas fijas. Lo único cercano a la pretendida infinitud del universo que aparece en esta última obra es cuando se dice que nadie ha podido demostrar que el mundo sea finito o infinito: “ni vos ni ningún otro ha probado nunca que el mundo sea finito y con una determinada forma o bien infinito e ilimitado...”²⁶⁸.

²⁶⁷ Alexandre Koyré, *Del mundo cerrado al universo infinito* (México: Siglo XXI, 2000), 96. Las barras son mías.

²⁶⁸ Galilei, *Diálogo...*, 277. Increíblemente un experto de la filosofía moderna como Bernard Williams escribe: “Descartes comparte con Galileo las revolucionarias intuiciones de que los cielos son de la misma materia que la tierra, que el universo es infinito y no tiene centro, y que hay únicamente leyes universales del movimiento...”, Bernard Williams, *Descartes: el proyecto de la investigación pura* (México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1995), 256-257. Esta es una constante en muchos estudiosos de la modernidad: atribuir a Galilei asuntos que nunca afirmó en sus textos publicados, para exaltar su espíritu moderno. De hecho, las referencias a la física cartesiana en el citado famoso libro de Williams, son pocas y superficiales, pues su interés, como es usual, va dirigido a la metafísica de Descartes. (Véase el capítulo IX. “Ciencia y experimento”, de Williams, *Descartes: el proyecto de la investigación pura*, 255-279).

Sin embargo, hay que tener en cuenta, como se ha dicho, que cuando se trata de Galileo, si no hay demostración posible, no hay la consabida afirmación del hecho, como ocurre en la discusión central de *El ensayador*, en el que no defiende, bajo ninguna circunstancia, el movimiento de un cometa por encima de la esfera de la Luna –pues lo normal sería hacerlo dado su recalcitrante antiaristotelismo–. Si no hay demostración no hay la consiguiente elaboración teórica. Así pues, si Galileo no afirmó la infinitud del universo, tal vez no lo hizo no por su incapacidad o su apego a la tradición filosófica, sino, más bien, por no arriesgarse en los mares de la especulación metafísica, como lo había hecho Bruno, y como sabemos que escasamente procedía. Lo notable aquí es que Galileo no consideró –por diversas razones– la primera ley del movimiento planetario de Kepler sobre las órbitas elípticas, que sí estaba demostrada matemáticamente²⁶⁹.

Rasgos fundamentales de la nueva ciencia

*... todas las leyes de la mecánica tienen sus fundamentos en la geometría...*²⁷⁰

Si planteamos la nueva ciencia de Galileo comparándola con la medieval aristotélico-ptolemaica, debemos atenernos a los elementos metodológicos que conocimos a través de *Il saggiaiore* de 1623. Como se ha visto, todo aquello que quiera ser considerado como conocimiento científico debe ser demostrable. Pero dicha demostración debe cumplir requisitos como atenerse al rigor matemático y/o a la experimentación. Dos formas esenciales que deben caracterizar el trabajo científico.

Con toda claridad son las *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* de 1638, las que puntualizan los

²⁶⁹ Entre otras, por ejemplo, su uso del espacio geométrico copernicano, su férrea defensa del movimiento natural circular para los planetas y el consiguiente privilegio de dicho movimiento en la naturaleza.

²⁷⁰ Galilei, *Diálogo...*, 74.

principios básicos de la nueva ciencia moderna. De hecho, se parte de un presupuesto: la especulación metafísica no tiene nada que ver con la ciencia, o lo que es lo mismo, con la verdadera forma de hacer filosofía, que debe estar alejada de este tipo de formulaciones. Así Galileo afirma: “Y es que, si bien algunas de las conclusiones provienen de otros, y de manera especial de Aristóteles, tened presente, sin embargo, que aquéllas no son ni tan bellas ni (y esto es lo importante) se prueban con demostraciones necesarias a partir de principios indudables y fundamentales”²⁷¹.

Los principios a los cuales se refiere Galileo son los metafísicos, como alguna vez los había propuesto Aristóteles, y como los formuló, en su momento, Descartes. En la nueva ciencia galileana dichos principios son geométricos, o si se quiere, matemáticos, pues toda demostración de este tipo debe mostrar la esencia matemática del fenómeno descrito.

Como se ha dicho el recurso a la demostración geométrica se había esbozado en *Il saggiatore*, en aquel famoso pasaje donde Galileo escribe que la naturaleza está escrita en caracteres matemáticos, y es tarea del filósofo descifrar ese lenguaje²⁷². Así, las leyes de la mecánica tienen su fundamento en la geometría, como se afirma en las *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*²⁷³. Galileo lo explicita así: “Y puesto que doy por supuesto que la materia es inalterable; es decir, siempre la misma, es evidente que de ella pueden deducirse demostraciones no menos que de las puras y abstractas matemáticas”²⁷⁴. Es decir, la matemática –o la geometría– es la ciencia que nos permite obtener conclusiones ciertas, seguras e irrefutables, acerca de los fenómenos naturales. Es decir, sólo ella nos acerca a la verdadera ciencia en contraposición a

²⁷¹ Galilei, *El ensayador*, 61.

²⁷² Galilei, *Consideraciones y demostraciones matemáticas...*, 68.

²⁷³ Galilei, *Consideraciones y demostraciones matemáticas...*, 69

²⁷⁴ Recordemos que Galilei no se detiene en la simple observación de los cielos, sino que el conocimiento obtenido mediante el anteojo es reforzado por la interpretación geométrica.

las conjeturas o especulaciones metafísicas que Galileo observaba en el aristotelismo de su época.

Teniendo en cuenta la mencionada importancia de las matemáticas como instrumento para la demostración científica, sabemos desde *Il sagggiatore* que además de ellas, el complemento ideal para todo conocimiento cierto es la verificación mediante el experimento, o lo que es lo mismo, por el uso de instrumentos de experimentación, como ya había ocurrido con la utilización del anteojo para confirmar cómo era realmente el cielo, y cuyos resultados conocimos a través de su *Sidereus nuncius*. Así encontramos en Galileo una aseveración como ésta:

*Vos, como un verdadero hombre de ciencia, exigís algo muy razonable. Es este el modo de actuar de aquellas ciencias que aplican las demostraciones matemáticas a los fenómenos [conclusioni] naturales, como es el caso de la perspectiva, de la astronomía, de la mecánica, la música y otras muchas, las cuales confirman sus principios, que son los fundamentos de toda la estructura subsiguiente, con experimentos bien establecidos. {...} Por lo que se refiere a los experimentos, no han sido tampoco pasados por alto por parte del autor {el mismo Galileo}...*²⁷⁵

El recurso a la experimentación es, pues, uno de los elementos más característicos de la nueva ciencia galileana. Es así como en las *Consideraciones y demostraciones matemáticas* encontramos una detallada descripción del experimento con planos inclinados que, como sabemos, es el experimento que lo llevará a las leyes de los movimientos acelerados. Esta puntual descripción de un experimento deja en evidencia su papel central en el desarrollo de su ejercicio científico. El texto completo dice así:

... con el fin de dejar bien probado que la aceleración de los graves que caen de modo natural se da en la proporción antes desarrollada, me he visto muchas veces en su compañía, a fin de probarlo de la siguiente manera:

²⁷⁵ Galilei, *Consideraciones y demostraciones matemáticas*..., 299. Los corchetes son míos.

En un listón o, lo que es lo mismo, en un tablón de una longitud aproximada de doce codos, de medio codo de anchura más o menos y un espesor de tres dedos, hicimos una cavidad o pequeño canal a lo largo de la cara menor, de una anchura de poco más de un dedo. Este canal, tallado lo más recto posible, se había hecho enormemente suave y liso, colocando dentro un papel de pergamino lustrado al máximo. Después, hacíamos descender por él una bola de bronce muy dura, bien redonda y pulida.

Habiendo colocado dicho listón de forma inclinada, hasta la altura de uno o dos codos, según pareciera, y se dejaba caer (como se ha dicho) la bola por dicho canal, tomando nota como en seguida he de decir del tiempo que tardaba en recorrerlo todo. Repetimos el mismo experimento muchas veces para asegurarnos bien de la cantidad de tiempo y pudimos constatar que no se hallaba nunca una diferencia ni siquiera de la décima parte de una pulsación. Establecida exactamente esta operación, hicimos que esa misma bola descendiese solamente por una cuarta parte de la longitud del canal en cuestión. Medido el tiempo de la caída, resulta ser siempre, del modo más exacto, precisamente la mitad del otro. Haciendo después el experimento con otras partes, bien el tiempo de la longitud completa con el tiempo de la mitad, con el de dos tercios, con el de $\frac{3}{4}$ o con cualquier otra fracción, llegábamos a la conclusión, después de repetir tales pruebas una y mil veces, que los espacios recorridos estaban entre sí como los cuadrados de sus tiempos. Esto se podía aplicar a todas las inclinaciones del plano, es decir, del canal a través del cual se hacía descender la bola. Observamos también que los tiempos de las caídas por diversas inclinaciones del plano guardan entre sí de modo riguroso una proporción que es, como veremos después, la que les asignó y demostró el autor²⁷⁶.

²⁷⁶ Galilei, Consideraciones y demostraciones matemáticas..., 299-300. Existe una interesante discusión acerca de si la formulación de las leyes de los movimientos acelerados es producto de la repetida realización del experimento con planos inclinados, tal y como Galilei lo expone literalmente. Esta posición es defendida por los profesores Jorge Alberto Naranjo y Miguel Monsalve, en un artículo cuyo título es *Los planos inclinados galileanos* (Véase: Jorge Alberto Naranjo Mesa y Miguel Monsalve Gómez, "Los planos inclinados galileanos", en *Ciencias humanas*, n° 6, 1984, 17). Por otra parte, A. Koyré –que es con quien los profesores Naranjo y Monsalve establecen esta polémica– afirma

En el trabajo galileano es la verificación mediante el experimento –además de la mencionada demostración geométrica– lo que nos llevará a puerto seguro en el examen del mundo. No hay nada en el plano del conocimiento científico que no haya pasado por la demostración experimental y/o por la geométrica. Es decir, un tipo de conocimiento que se debe someter a la rigurosidad demostrativa del razonamiento matemático y de los instrumentos de experimentación.

De esta manera, Galileo formula sus ideas del movimiento acelerado y muestra la participación activa del experimento en la exposición de la naturaleza de dicho movimiento:

Ante todo, es necesario investigar y explicar la definición que corresponde con exactitud al movimiento acelerado que nos brinda la naturaleza. En efecto, aunque sea lícito imaginar arbitrariamente ciertas formas de movimiento e investigar las propiedades que de ella se derivan (así, aquellos que se imaginaron líneas espirales por determinados movimientos, han conseguido demostrar, de hecho, cosa que es digna de admirarse, sus propiedades, argumentando ex suppositione, a pesar de que la naturaleza no haga uso de tales movimientos), no obstante, y desde el momento que la naturaleza se sirve de una determinada forma

que dichas leyes son el resultado de “experimentos imaginarios”, esto es, un ejercicio matemático puro que no tiene nada que ver con la experiencia o con experimentos reales (véase Koyré, *Estudios de historia del pensamiento científico* (México: Siglo XXI, 2000). Particularmente el capítulo “El ‘De motu gravium’ de Galileo: Del experimento imaginario y de su abuso”, 206-257). Sobre este asunto escribe el profesor Iván Darío Arango: “Pero *Estudios Galileanos* [de A. Koyré] es una obra controvertida, pues allí se sostiene una y otra vez la tesis del platonismo de Galileo, tesis que ya habían sostenido Cassirer y Burtt pero que Koyré convierte en un presupuesto básico para la comprensión del pensamiento galileano, lo que ha dado lugar a diferentes críticas, desde L. Geymonant hasta S. Drake, quien se ha preocupado de repetir con todo cuidado las experiencias galileanas con base en algunos folios de los manuscritos inéditos, donde el creador de la nueva ciencia había dejado algunos registros de sus experiencias con planos inclinados.” (Iván Darío Arango “Koyré y la pasión por la historia”, en *El enigma del espíritu moderno (Ensayos)* (Medellín: Universidad de Antioquia, 2002), 89. Considero que la opción defendida por los profesores Naranjo y Monsalve, y por L. Geymonant y S. Drake, está más coherente con lo que propiamente es el trabajo galileano.

de aceleración, en los cuerpos pesados en caída libre, hemos decidido estudiar sus propiedades, haciendo que la definición que hemos de dar acerca del movimiento acelerado en cuestión corresponda a la esencia del movimiento naturalmente acelerado. Esta correspondencia creemos haberla logrado al fin, después de largas reflexiones, especialmente si tenemos en cuenta que las propiedades que hemos ido demostrando sucesivamente [a partir de nuestra definición] parece que corresponden y coinciden exactamente con lo que los experimentos naturales nos ponen delante de nuestros sentidos²⁷⁷.

No es discutible ninguna conclusión a la que nos lleve la experimentación. De hecho, los conocimientos confirmados mediante ella sólo podrán ser refutados, siempre y cuando, sean sometidos a severas pruebas o experimentos que demuestren lo contrario.

²⁷⁷ Galilei, Consideraciones y demostraciones matemáticas..., 275-276.

Capítulo VI

La filosofía de la naturaleza cartesiana

Generalmente, tal historia de la ciencia se hace por la línea de los trabajos de Kepler y Galileo, hasta llegar a Newton, sustentándose en aquel conocido juicio newtoniano de que sólo fue posible llevar la física-matemática, hasta sus máximas consecuencias, en sus *Principia*, porque se apoyó en los hombros de dos gigantes, esto es, Kepler y Galileo. Las referencias a Descartes son mínimas, por no decir, insignificantes a pesar de que Newton estudió y asimiló la obra de Descartes, como nos lo hacen saber sus biógrafos. También hay cierta prevención con la ciencia cartesiana porque existe la tendencia a considerar que su física es “equivocada”. Sin embargo, muchos aspectos de sus teorías físicas fueron y seguirán siendo válidas –aun en la actualidad–, como elementos esenciales de la modernidad y como aspectos que sirvieron de apoyo a la construcción del pensamiento científico moderno, por ejemplo, la formulación de la ley de inercia y la aceptación definitiva, para la cosmología moderna, de un universo ilimitado o infinito.

Por otra parte, si siguiéramos pensando en los términos de una “física equivocada” o en “aspectos equivocados” de ella, no deja de ser de interés para la misma historia de la ciencia, la contribución, desde el punto de vista epistemológico, de la física cartesiana y, por ende, de su filosofía, en la conformación del pensamiento científico moderno. Descartes no deja de ser un interlocutor de primer orden en la producción filosófica y científica de su tiempo, como se puede demostrar a propósito de lo que él piensa de los trabajos de Galileo²⁷⁸,

²⁷⁸ Descartes, *Lettres choisies*, 801-802.

o de lo que él mismo significó en la conformación del sistema de pensamiento newtoniano.

Por otro lado, si calificáramos la obra cartesiana, desde categorías actuales, haciendo una división tajante entre los trabajos filosóficos y los científicos, tendríamos que decir, sin temor a equivocarnos, que su producción científica es más numerosa que su producción filosófica y, desde mi punto de vista, mucho más importante; así, en el primer grupo estarían las *Regulae*, *Le monde* (en sus dos divisiones, el *Traité de l'homme* y el *Traité de la lumière*), los tres ensayos científicos que están precedidos por el *Discours*, esto es, la *Dioptrique*, *Les météores* y *La geometrie* y *Les principes*. En el segundo grupo podríamos señalar el *Discours* (aún con sus elementos metodológicos y las alusiones a las matemáticas y la anatomía), las *Meditationes* y las *Pasiones del alma*²⁷⁹.

Descartes y el aristotelismo del siglo XVIII

Una constante en la forma de proceder de los autores modernos –Copérnico, Bruno, Kepler y Galileo–, es poner como antecedente de sus trabajos la filosofía aristotélica medieval. De la misma manera, Descartes estableció una clara polémica con la filosofía de la Escuela, lo que nos lleva a ponderar su papel en el desarrollo del pensamiento científico del siglo XVII, esto es, considerarlo como un pensador moderno en todo el sentido de la palabra. Y no porque se haya inventado la filosofía moderna, como se ha sostenido en las clásicas historias de la filosofía, sino también porque gran parte de su ejercicio científico –que, como se ha dicho, hace parte de su filosofía–, de sus hipótesis o tesis, en términos temáticos, son modernos, al igual que los más avezados pensadores de este siglo, aun con el prejuicio genérico de que su física es errónea.

²⁷⁹ Esta es una clasificación arbitraria, pues los elementos filosóficos y los científicos se presentan en la mayoría de las obras cartesianas, como es el caso de las *Regulae*, el *Discours* y *Les principes*.

En la Carta-Prefacio de *Les principes de la philosophie* lo deja entrever de este modo: “Al desconocer esta verdad, o bien, siendo conocida, al no servirse de ella, la mayor parte de cuantos han deseado ser filósofos en los últimos años han seguido a Aristóteles hasta el punto de corromper con frecuencia el sentido de sus escritos, atribuyéndole diversas opiniones que, si de nuevo retornara a este mundo, no reconocería como propias”²⁸⁰. Esta es la misma posición de Galileo en el *Diálogo*, a propósito de las observaciones hechas por el anteojito: “... afirmo que en nuestro siglo disponemos de accidentes y observaciones nuevas y de tal carácter, que no dudo que si Aristóteles viviese hoy cambiaría de opinión. Lo que se deduce de su propio modo de filosofar”²⁸¹. De donde deducimos la disposición de ambos frente a las tareas del pensar tradicional, esto es, una posición de rechazo frente a la ortodoxia escolástica que los ubica en una nueva manera de ejercer la reflexión filosófica.

En el caso de Galileo se trataba de demostrar que las tesis científicas aristotélicas, por un lado, se alejaban de los hallazgos de la ciencia del siglo XVII que debían ser verificados por la matemática y/o por la experimentación, y por el otro, que estaban plagadas de especulaciones metafísicas que no tenían nada en común con las ciencias demostrativas. Por su parte, Descartes, como cualquier otro moderno, establece distancia frente a la filosofía de Aristóteles, siguiendo, lógicamente, objetivos propios, que obedecen a las necesidades que crea su propio proyecto. Ya no es la demostración matemática o la corroboración experimental que propone Galileo, sino la reconstrucción del pensamiento filosófico –en general– desde las ruinas del sistema aristotélico cuyo colapso era evidente desde el siglo XVI con el *De Revolutionibus* de Copérnico.

Tal reconstrucción exige una estructura de conocimiento en la que la metafísica o, más bien, los principios metafísicos, se convierten

²⁸⁰ Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 11.

²⁸¹ Galilei, *Diálogo*..., 47. Véanse las páginas siguientes del *Diálogo* donde Salviati y Simplicio centran su conversación en la forma de proceder de los filósofos aristotélicos de la época.

en la parte fundamental, sin los cuales no es posible llegar a un conocimiento cierto de los fenómenos de la naturaleza. En otras palabras, la misma estructura que defendían los escolásticos, pero cuyos contenidos no estaban articulados a los nuevos descubrimientos experimentales –como los hechos por Galileo con el anteojo– ni a los avances científicos que fueron posibles por las demostraciones matemáticas –como las leyes del movimiento planetario de Kepler–. Las novedosas explicaciones de los fenómenos naturales del siglo XVII planteaban la necesidad de una nueva metafísica para fundamentar esa inédita visión del mundo. Asistimos, pues, al resurgimiento de la metafísica –en este caso cartesiana– que la metodología filosófica galileana había intentado destruir.

Desde este punto de vista, Descartes dirigió su discusión hacia las propuestas metodológicas de la Escuela. Ello es una constante en toda su obra, desde los escritos de juventud hasta los de madurez, desde las *Regulae ad directionem ingenii* de 1628 hasta *Les principes de la philosophie* de 1644. De esta manera en un texto tan temprano como las *Regulae* encontramos lo siguiente: “Y, sin embargo, no por ello condenamos aquella manera de filosofar que otros han seguido hasta ahora, ni las máquinas de guerra de los silogismos probables de los escolásticos, tan apropiadas para las disputas: en verdad, ejercitan los espíritus de los jóvenes y los promueven con cierta emulación; y es mucho mejor instruirlos en tales opiniones...”²⁸². Cuestión que afirma a propósito de la necesidad de un nuevo método que nos lleve al conocimiento verdadero: los métodos escolásticos sirven para entrenar a los novicios en ciertas habilidades en filosofía, pero nunca para los grados superiores del conocimiento. De ahí la necesidad de un nuevo método que perfeccione nuestro espíritu –ingenium–, porque, en última instancia, si nos sometemos a la forma en que los escolásticos ejercen la filosofía, erramos el camino. En el *Discours de la méthode* lo señala:

²⁸² René Descartes, *Reglas para la dirección del espíritu* (Madrid: Alianza, 2003), 72. Esta afirmación, un tanto irónica, Descartes la hace a propósito de la necesidad de plantear una nueva forma de hacer filosofía, es decir, la aplicación de nuevos métodos.

Sin embargo, tal forma de filosofar es muy cómoda para quienes no tienen sino una mediocre capacidad, pues la oscuridad de sus distinciones y de los principios de que se sirven es la causa de que puedan opinar sobre cualquier materia de forma tan audaz como si la conocieran y sostener cuanto afirman contra los más hábiles y sutiles sin que exista medio de convencerlos. En esto me parecen semejantes a un ciego que para batirse en igualdad de condiciones con un vidente, le hiciera adentrarse en el fondo de una caverna muy oscura. Y puedo afirmar que éstos tienen interés en que me abstenga de publicar los principios de la filosofía que defiendo, pues siendo muy simples y sencillos, como son, su publicación vendría a ser como abrir una ventana y hacer entrar la luz del día en esta cueva donde tales filósofos han descendido para batirse²⁸³.

También en las *Regulae* con un demoledor argumento nos muestra la necesidad de un razonamiento ordenado que está fuera del círculo filosófico de la Escuela:

Pero muchos, o no reflexionan en lo que ella prescribe [la Regla V que proclama que todo el método debe ser dirigido hacia el descubrimiento de la verdad o a una Mathesis Universalis], o lo ignoran en absoluto, o presumen que ellos no la necesitan, y con frecuencia examinan las cuestiones más difíciles tan desordenadamente, que me parecen obrar del mismo modo que si intentaran llegar de un solo salto desde la parte más baja de un edificio hasta la más alta, bien sea desdeñando los grados de la escalera, que están destinados a este uso, o bien no advirtiéndolos. Así proceden todos los astrólogos, que no conociendo la naturaleza de los cielos, e incluso no habiendo observado con perfección siquiera sus movimientos, esperan poder indicar sus efectos. Así la mayoría de los que estudian la Mecánica sin la Física, y fabrican al azar nuevos instrumentos para provocar movimientos. Así también aquellos filósofos que, descuidando las experiencias, piensan que la verdad surgirá de su propio cerebro, como Minerva del de Júpiter²⁸⁴.

²⁸³ René Descartes, *Discurso del método, Dióptrica, Meteoros y Geometría* (Madrid: Alfaguara, 1981), 50-51.

²⁸⁴ Descartes, *Reglas...*, 93-94. Las barras son mías.

La nueva filosofía cartesiana propone establecer distancia, en términos metodológicos con respecto a la filosofía de la Escuela. En otras palabras, se trata de una feroz crítica a la forma en que la ortodoxia filosófica de la primera mitad del siglo XVII ha comprendido los asuntos propios del conocimiento, tanto filosófico como científico.

En el *Discours de la méthode* esta crítica es severa, pues una gran extensión de la Primera Parte está dedicada a socavar las concepciones generales de la filosofía y la ciencia; y, particularmente, de la ciencia, en términos metodológicos, que en el proyecto cartesiano no puede existir por sí sola, pues debe tener como premisas fundamentales los principios generales del conocimiento humano, esto es, los principios metafísicos que les sirven como soporte y como justificación²⁸⁵.

Sin embargo, las ciencias no adquieren o no aseguran su *status* científico por el hecho de estar fundamentadas o por ser deducidas desde primeros principios. Deben cumplir ante todo con una característica que Descartes no veía en la ciencia de la Escuela, y que ya Galileo había puesto como uno de los principales requisitos de la metodología científica: nos referimos a que toda ciencia que quiera ser considerada como tal tiene que ser *demostrativa*:

*De igual modo, juzgaba que las ciencias expuestas en los libros, al menos aquéllas cuyas razones solamente son probables y que carecen de demostraciones, habiendo sido compuestas y progresivamente engrosadas con las opiniones de muchas y diversas personas, no están tan cerca de la verdad como los simples razonamientos que un hombre de buen sentido puede naturalmente realizar en relación con aquellas cosas que se presentan*²⁸⁶.

La ciencia es demostrativa, ya sea por sí misma o mediante procedimientos metodológicos precisos, planteándose así una necesidad de

²⁸⁵ Véase el *Discurso del método* desde la p. 6 hasta la p. 10, o más correctamente, en la numeración de A-T, desde A-T, VI, 5 hasta A-T, VI 11. (Descartes, *Discurso del método...*, 6-10).

²⁸⁶ Descartes, *Discurso del método...*, p. 11.

método, que debe excluir la probabilidad, la conjetura o las simples hipótesis. No se puede hacer ciencia de cualquier forma. Hay que cumplir requisitos formales ordenando paso por paso los procedimientos correctos, cuyo rigor nos debe llevar a conclusiones irrefutables.

La crítica a la ciencia de la Escuela no se queda en el análisis formal o metodológico. Descartes va más allá, como cualquier moderno, cuando asume que la parte principal de la ciencia es la física –la secundaria de ese gran árbol que es la filosofía, cuya raíz es la metafísica, según sus propias palabras en *Les principes*–²⁸⁷. Pero la física de la que él habla no es la física de Aristóteles ni mucho menos la física de los escolásticos, que la entendieron como la concebía Aristóteles en su *Física*, es decir, como todo proceso de generación y corrupción en la naturaleza o, lo que es lo mismo, como todo cambio natural.

Como es de suponerse Descartes no entiende la física de este modo. A mi modo de ver su concepto de la ciencia física es el mismo que asumieron los modernos en general, es decir, no como cambio, o todo proceso de generación y corrupción natural, sino como teoría del cambio de lugar, es decir, cada una de las diversas nociones de movimiento observables –y no observables– que hay en todo el Cosmos. En otras palabras, todo lo que se refiere a la estructura del universo que sólo es explicable mediante los distintos movimientos existentes en la naturaleza.

Es la razón por la cual él asume un tipo de trabajo muy parecido al de Copérnico, Bruno, Kepler y Galileo: sus tesis sobre la estructura del mundo se centran en el análisis de la teoría del movimiento local de Aristóteles²⁸⁸, en su teoría del cambio de lugar. Lo que significa que como buen moderno sus propias argumentaciones sobre el movimiento, lo que él entiende por movimiento, parten de una sumaria crítica de las concepciones aristotélico-escolásticas del movimiento local. En el *Traité de la lumière* lo expresa así:

²⁸⁷ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 23.

²⁸⁸ En ocasiones estos análisis también toman en cuenta la concepción del movimiento planetario de Ptolomeo, el alejandrino.

*Los filósofos sostienen que la naturaleza de su movimiento es poco conocida y, para hacerla inteligible de algún modo, no han sabido explicarla más claramente que en estos términos: motus est actus entis in potentia, prout in potentia est, términos que son para mí tan oscuros que me veo obligado a dejarlos en su lengua, pues soy incapaz de interpretarlos. (Y, en efecto, las palabras movimiento es el acto de un ser en potencia, en tanto que está en potencia no son más claras porque estén en francés.)*²⁸⁹

Esta alusión directa a la definición aristotélica de lo que es el movimiento también la encontramos en las *Regulae*: “Pero en verdad, ¿acaso no parece que pronuncian palabras mágicas que tienen una virtud oculta y por encima del alcance del espíritu humano aquellos que dicen que el movimiento, cosa conocidísima para cualquiera, es *el acto de un ente en potencia en cuanto está en potencia*? Pues ¿quién entiende estas palabras? ¿Quién no reconocerá que aquellos han buscado un nudo en el junco?”²⁹⁰.

Una definición del movimiento debe ser simple, comprensible y evidente por sí misma. Es necesario, por tanto, proponer una nueva noción de movimiento que, por ende, implica una concepción del mundo o del universo que sea coherente con dicha noción. De esta manera, propone en el *Traité de la lumière*: “Yo no concibo ningún otro movimiento a excepción del que es más fácil de concebir que las líneas de los geómetras: el que hace que los cuerpos pasen de un lugar a otro y ocupen sucesivamente todos los espacios que hay entre ambos”²⁹¹.

En última instancia, se trata de replantear las concepciones del aristotelismo del siglo XVII: del movimiento, de la estructura del Cosmos, de su composición material y de la nueva metafísica que hace posible esa nueva ciencia. Como se puede ver, aquella es una definición simple que se cumple para cualquier tipo de movimiento que observemos en la naturaleza, eso sí, si entendemos este movimiento

²⁸⁹ René Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*. (Barcelona: Anthropos, 1989), 113.

²⁹⁰ Descartes, *Reglas...*, 146.

²⁹¹ Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 115.

como teoría del cambio de lugar. Debemos, pues, partir de la superación del presupuesto, bien desarrollado por los escolásticos, de que no en todo cambio hay “cambio de lugar”, por ejemplo, cuando un caldero de cobre se oxida o cuando una persona envejece. Es decir, en términos modernos, que la teoría del cambio de lugar sólo es aplicable a los móviles, a los cuerpos, cosas, seres o, en términos cartesianos, la res extensa –y, como se verá en las líneas siguientes, a las partículas– que van de un determinado punto A a un determinado punto B, ya sea el movimiento circular, rectilíneo, adelante, atrás, arriba, abajo, izquierda, derecha o la trayectoria de un proyectil. Siempre veríamos un cambio de lugar.

Sin embargo, hay que señalar que este tipo de movimientos no sólo se cumple para los móviles o cuerpos observables; también es aplicable a ciertos movimientos que no percibimos por los sentidos: se trata del movimiento de las partículas primarias de la naturaleza, que son las que constituyen todos los cuerpos materiales o seres de la naturaleza y que están en movimiento y llenan todo el universo, excepto las partículas de los cuerpos sólidos que se encuentran en reposo. Nos referimos, así, a la manera en la que Descartes piensa la composición material del universo porque niega de plano la existencia del vacío. Es decir, según él, no conocemos los objetos visibles en la naturaleza, sino también a otro tipo de cuerpos que no observamos a simple vista.

Ha de quedar claro que la física o la filosofía de la naturaleza de Descartes, en este sentido, es estrictamente moderna. Su desarrollo es posible gracias a la necesidad de explicar el movimiento de una manera muy distinta a como lo entendían y lo explicaban los filósofos aristotélicos de su tiempo. Es esencial entender que su analítica del movimiento se inscribe en el copernicanismo como una “teoría del cambio de lugar”, y que es en este contexto en el que formuló en el *Traité de la lumière*, y luego en *Les principes de la philosophie*, las tres leyes de la naturaleza, que son leyes del movimiento, y que son,

a su vez, los principios físicos de la ciencia en general²⁹², si y sólo si, sea la física la parte más importante de la ciencia, como es evidente y demostrable en *Les principes*.

En este orden de ideas, debemos, pues, mostrar en qué consiste la filosofía de la naturaleza de Descartes y qué papel juega en el desarrollo del pensamiento filosófico-científico del siglo XVII. Sin embargo, en el horizonte inmediato se nos presenta un asunto que no hace alusión directa a su física, sino a cierta parte del proyecto cartesiano para la ciencia. Es el denominado plan matemático para el conocimiento o, lo que es lo mismo, la búsqueda de una *Mathesis Universalis*, que encontramos en un escrito de juventud: las *Regulae ad directionem ingenii*; texto que constituye una teoría de la ciencia que complementa las concepciones físicas que encontrarán cuerpo en los textos de madurez. En este sentido, el contenido de las *Regulae* hace parte de la idea de ciencia moderna que Descartes explicita en los textos escritos luego de *Le monde*.

El proyecto matemático para la ciencia

*Omnis scientia est cognitio certa et evidens...*²⁹³

La lectura de las *Regulae* desconcierta en el momento de tratar de encontrar una unidad temática. Es un texto inacabado que deja la sensación de no llegar a ninguna conclusión, es decir, que deja los problemas planteados y de un momento a otro termina, como si se hubiese olvidado de qué se estaba hablando o como si no interesara escribir más sobre el tema. Esta cuestión ha derivado en diversas posiciones de los especialistas acerca de si esta obra se encuentra articulada o no, en lo que podríamos denominar el sistema cartesiano. Nos queda, pues,

²⁹² Indudablemente estas tres leyes cartesianas prepararían el terreno a las leyes del movimiento de Newton.

²⁹³ René Descartes, *Regula ad directionem ingenii*, 362. En la versión española: “Toda ciencia es un conocimiento cierto y evidente...” (Descartes, *Reglas...*, 69).

plantada una pregunta: ¿Son las *Regulae* un texto que se articula con el resto de la producción, si se quiere, científica cartesiana?

Con respecto a este problema las *Regulae* hacen parte de un proyecto de unificación de la ciencia que se encuentra desplegado, a manera de resumen, en el *Discours de la méthode*. El método expuesto en las *Regulae* es el mismo que Descartes defendió en el *Discours*. Sin embargo, el pensamiento cartesiano sobre la ciencia no se agota en estos dos textos. Su obra científica es más vasta y encontramos en ella rastros de este método, cuyo objetivo central es llevarnos a una *Mathesis Universalis*, como es la pretensión final de las *Regulae*.

Etimológicamente Descartes entiende por *Mathesis Universalis*: “... tan sólo lo mismo que disciplina...”²⁹⁴. Sin embargo, éste no es el mismo sentido que le dio en las *Regulae*; la *Mathesis Universalis* alude, más bien, a los estudios que se refieren al orden y la medida como parte de la ciencia universal o general, que constituye el grado máximo del conocimiento humano. El texto completo en el que expresa esta idea es el siguiente:

Pues en esto no basta atender a la etimología de la palabra, ya que como el término Mathesis significa tan sólo lo mismo que disciplina, no con menor derecho que la Geometría se llamarían Matemáticas las demás ciencias. Y, sin embargo, vemos que no hay casi nadie, con tal que haya pisado tan sólo los umbrales de las escuelas, que no distinga fácilmente de entre cuanto se le presente qué pertenece a la Mathesis y qué a las otras disciplinas. Y considerando esto más atentamente al cabo se nota que solamente aquellas en las que se estudia cierto orden y medida hacen referencia a la Mathesis, y que no importa si tal medida ha de buscarse en los números, en las figuras, en los astros, en los sonidos o en cualquier otro objeto; y que por lo tanto debe haber una ciencia general que explique todo lo que puede buscarse acerca del orden y la medida no adscrito a una materia especial, y que es llamada no con un nombre adoptado, sino ya antiguo y recibido por el uso, Mathesis

²⁹⁴ Descartes, *Reglas...*, 91.

*Universalis, ya que en ésta se contiene todo aquello por lo que las otras ciencias son llamadas partes de la matemática*²⁹⁵.

Sobre este punto de vista el profesor Iván Darío Arango asevera que la unidad temática de la obra cartesiana es evidente:

El orden cronológico de las obras permite descubrir lo que podría llamarse un “orden de los problemas”: Se encuentra inicialmente el método, que también constituye un proyecto de unificación de las ciencias; posteriormente, los principios de la física y los ensayos científicos, y finalmente, los temas de la metafísica y de la moral. Aparentemente se trata aquí de un orden muy simple que deja de lado la reciprocidad entre los diferentes temas: reciprocidad entre la investigación en las ciencias, en la óptica particularmente, y la concepción del método; o entre la investigación de los principios de la física y los temas metafísicos.

*Es innegable que estas reciprocidades existen pero no de una forma explícita. En mi opinión, Reglas para la dirección del espíritu (1628) es una obra que se reduce a una teoría de la ciencia y que es anterior a la constitución de la metafísica cartesiana, aunque, como señala F. Alquié, hace necesaria esta metafísica.*²⁹⁶

En *Les principes de la philosophie* y en el *Traité de la lumière*²⁹⁷, ya encontramos no un proyecto matemático para la ciencia, sino un proyecto metafísico para el conocimiento en general, es decir, que ya no nos atenemos a un método único cuyo fin es la unificación de la ciencia, con la influencia instrumental de la matemática, sino que hay una finalidad distinta que busca estructurar la totalidad del conocimiento humano. Una cosa es plantear dicha unificación desde un método que presenta numerales simples y ordenados a manera de escalones ascendentes, y otra, expresar que el conocimiento

²⁹⁵ Descartes, *Reglas...*, 91.

²⁹⁶ Iván Darío Arango, “Descartes según el orden de los problemas”, en *El enigma del espíritu moderno (Ensayos)* (Medellín: Universidad de Antioquia, 2002), 204.

²⁹⁷ En términos cronológicos el *Traité de la lumière* es un texto anterior al *Discours*, allí Descartes ya había expresado que Dios es un principio metafísico del conocimiento humano. Véase: Descartes, *El Mundo. Tratado de la luz*, 121.

humano se debe fundamentar en principios metafísicos de los cuales se pueden deducir todas las ciencias y cuya parte más importante es la física. Es como si visualizáramos dos asuntos distintos.

¿Son dos formas diferentes de concebir el problema del conocimiento? Creo que se trata más bien de asuntos complementarios. La *Mathesis Universalis* que buscamos en el método cuyo instrumento propedéutico es la matemática, llega a su culminación cuando Descartes plantea la necesidad de los principios metafísicos de los cuales deducimos las leyes generales de la física y de allí, todas las ciencias. Es decir, llegar a la unificación del conocimiento humano en un ordenado sistema deductivo desde primeros principios. En este punto tendremos que mirar, en fin, cómo se logra tal cuestión. Por ello comencemos a entender en detalle en qué consiste esa búsqueda de la *Mathesis Universalis*.

Debemos partir, pues, de una premisa que plantea Descartes en las *Regulae*: la ciencia es una. Esto significa que la pluralidad de ciencias y saberes que se practicaban en la época, y que enumera en el *Discours* como las lenguas, las grandes obras, las matemáticas, las artes mecánicas, la teología, la jurisprudencia, la elocuencia, la poesía, la filosofía y las demás ciencias que toman sus principios de esta última²⁹⁸, muestran el estado de desorden del conocimiento en general, según la postura cartesiana. Desde la propuesta de las *Regulae* todo trabajo filosófico debe estar enfocado hacia la idea de que las ciencias no son múltiples o innumerables, sino que todas deben cumplir determinados propósitos de método que las unirían en un todo universal, sin distinciones teóricas o limitaciones epistemológicas.

En las *Regulae*, Descartes no pretende forjar modelos matemáticos o, lo que es lo mismo, paradigmas metodológicos matemáticos para mostrarnos la manera como debemos hacer ciencia. Se trata más bien de la necesidad de encontrar la mejor forma de conocer el

²⁹⁸ Cfr. Descartes, *Discurso del método...*, 6-9. Véase también: Descartes, *Lettres choisies*, 801-802, donde se cita la mencionada carta a Mersenne, en la cual Descartes hace referencia a la falta de una fundamentación metafísica de la ciencia de Galilei; allí se afirma que analizar *problemas particulares* de ciencias particulares sin referencia a principios metafísicos es una mala forma de hacer filosofía.

mundo, de llegar al grado más alto del conocimiento humano, a una *Mathesis Universalis*, cumpliendo con ciertos requisitos que vienen dados, en primer lugar, por un método y, en segundo lugar, por los procedimientos propios de una ciencia particular: la matemática.

En otras palabras, el método, como la matemática, son instrumentos que permiten acceder a la mencionada *Mathesis*. No se trata de formular, en sentido estricto, una metodología científica. Es, más bien, la enunciación de una teoría del conocimiento. Descartes lo escribe así en sus *Regulae*: “Para el conocimiento de las cosas se han de considerar tan sólo dos términos, a saber, nosotros que conocemos y las cosas mismas que son conocidas”²⁹⁹. Estos dos términos deben encontrarse mediados por el mencionado método y por el adiestramiento del espíritu por medio de la matemática, que son, en última instancia, los dos caminos para llegar a un conocimiento cierto del mundo, según las *Regulae*. El profesor Iván Darío Arango resalta este aspecto de la filosofía cartesiana cuando anota: “Con Descartes comienza el pensamiento moderno porque a partir de sus obras el problema del conocimiento, de sus condiciones, sus alcances y sus límites, se convierte en el problema fundamental de la filosofía”³⁰⁰.

Ahora, para ampliar este concepto de *Mathesis Universalis* debemos aludir a los siguientes aspectos que se han insinuado en párrafos anteriores: la matemática como ciencia privilegiada y como propedéutica para el conocimiento; y la necesidad del método científico para acceder al conocimiento verdadero.

La matemática como ciencia privilegiada y como propedéutica del *ingenium*

Para guiar el *ingenium*, es necesario emanciparlo de las enseñanzas recibidas, “... si queremos seriamente proponernos a nosotros mismos reglas, con cuya ayuda ascendamos hasta la cumbre del

²⁹⁹ Descartes, *Reglas...*, 127.

³⁰⁰ Arango, “La presencia de Descartes”, en *El enigma del espíritu moderno*, 4.

conocimiento humano...”³⁰¹. Este es el objetivo principal de cada una de las reglas de las *Regulae*: allegarnos al grado máximo del conocimiento humano, como en su momento lo había propuesto, aunque de otro modo, Aristóteles en su *Metafísica*.³⁰²

Como es evidente, esta cuestión no es posible de cualquier manera. Es necesario ordenar el razonamiento para no equivocar el camino. Para ello se debe iniciar con las dos primeras reglas: la primera dice: “Regla I: El fin de los estudios debe ser la dirección del espíritu para que emita juicios sólidos y verdaderos de todo lo que se presente”³⁰³. Y la segunda: “Regla II: Conviene ocuparse tan sólo de aquellos objetos, sobre los que nuestros espíritus parezcan ser suficientes para obtener un conocimiento cierto e indudable”³⁰⁴. Siguiendo a Descartes, en estas dos reglas debemos resaltar los siguientes aspectos: en primer lugar, dirigir o guiar el espíritu o, lo que es lo mismo, el entendimiento, es decir, el *ingenium*, para que “emita juicios sólidos y verdaderos” sobre todo aquello que se le presente. Ahora, para que esos juicios tengan esas características, el entendimiento debe, en segundo lugar, atender sólo las cuestiones sobre las que haya la posibilidad de adquirir conocimientos ciertos e indudables, es decir, preferir aquellos que no presenten ninguna duda y que puedan parecer ciertos. Es, en última instancia, una inclinación del espíritu hacia los juicios cuyas características sean la certeza y la indubitabilidad.

En este orden de ideas, es posible que el entendimiento se encuentre frente a ciertos juicios que no tienen esa caracterización de indubitabilidad y certeza. Esos juicios los denominaríamos probables o conjeturales. Los juicios probables, o aquellos que se convierten en simples conjeturas, no deben, de ningún modo, ser considerados. Descartes lo advierte así: “Y así, por esta regla [la segunda] rechazamos todos aquellos conocimientos tan sólo probables y establecemos que no se debe dar asentimiento sino a los perfectamente

³⁰¹ Descartes, *Reglas...*, 73.

³⁰² Véase el capítulo I del libro I de la *Metafísica* de Aristóteles (Aristóteles, *Metafísica*, 2-10).

³⁰³ Descartes, *Reglas...*, 63.

³⁰⁴ Descartes, *Reglas...*, 69.

conocidos y de los que no puede dudarse”³⁰⁵. Se deben rechazar todos los conocimientos probables y dudosos, es decir, la probabilidad y la duda no aluden, de ninguna manera, al conocimiento verdadero. Su eliminación implica una depuración metódica de las formas en que se ejerce el entendimiento.

Ahora bien, las dos primeras reglas de las *Regulae*, y particularmente la segunda, con sus tres características esenciales, esto es, 1) que los juicios sean indudables, 2) que sean ciertos y 3) que estén fuera de toda probabilidad, remiten a una ciencia que posee todas estas características mencionadas: la matemática. Descartes lo menciona de esta manera: “... de modo que, si calculamos bien, de las ciencias ya descubiertas sólo quedan la Aritmética y la Geometría, a las que la observación de esta regla nos reduce”³⁰⁶.

En la revisión de las diversas ciencias de su tiempo Descartes se dio cuenta que sólo la aritmética y la geometría, o lo que es lo mismo, la matemática, se convierten en las ciencias que cumplirían las características mencionadas. Sólo ellas nos permiten que el *ingenium* acceda a conocimientos ciertos e indudables. Sin embargo, en cierto pasaje de la Cuarta Regla amplía el panorama de las ciencias matemáticas: “Habiéndome llevado estos pensamientos de los estudios particulares de la Aritmética y la Geometría a cierta investigación general de la Mathesis, indagué, en primer lugar, qué entienden todos por ese nombre y por qué no sólo las ya citadas, sino también la Astronomía, la Música, la Óptica, la Mecánica y otras muchas se consideran parte de las Matemáticas”³⁰⁷.

Esto nos lleva a los siguientes interrogantes: ¿Por qué la aritmética y la geometría son mucho más ciertas que las demás ciencias? ¿Por qué sus juicios son ciertos e indudables? En las *Regulae* Descartes lo responde así:

³⁰⁵ Descartes, *Reglas...*, 70. Las barras son mías.

³⁰⁶ Descartes, *Reglas...*, 71.

³⁰⁷ Descartes, *Reglas...*, 91.

... porque sólo ellas se ocupan de un objeto de tal modo puro y simple que no suponen absolutamente nada que la experiencia haya mostrado incierto, sino que se asientan totalmente en una serie de consecuencias deducibles por razonamiento. Son, por consiguiente, las más fáciles y transparentes de todas [las ciencias], y tienen un objeto tal como el que requerimos, pues en ellas, a no ser por inadvertencia, parece difícil equivocarse³⁰⁸.

Las matemáticas no se ocupan, en sentido restringido, de objetos sensibles, materiales o, en términos cartesianos, de la *res extensa*. Sus objetos inmediatos son puros, *a priori*, independientes de la experiencia. Sin embargo, tales objetos no entran en conflicto con las demostraciones o verificaciones sensibles, por la experiencia, o si se quiere, experimentales, pues si las ciencias matemáticas se aplican al razonamiento puro, mediante procesos de deducción de verdades o de objetos simples, a verdades u objetos matemáticos complejos, de hecho, son la forma más precisa de conocer el mundo natural. Esto significa que no podemos establecer una separación abismal entre ellas y las ciencias empíricas. Ambas se ocupan de objetos distintos, pero las primeras por su carácter de simplicidad y por ocuparse de verdades puras, establecen una cierta superioridad que se traduce en la necesidad de establecer un conocimiento cierto del mundo sólo a través de las ciencias matemáticas para establecer una cierta desconfianza por el conocimiento mediante los sentidos. Este es uno de los rasgos fundamentales de la ciencia moderna. La matematización de la naturaleza es una constante que, como se ha visto, encontramos en la esencia de los trabajos de Copérnico, Kepler y Galileo. Y la ciencia cartesiana no es extraña a dicho asunto. En la Sexta Meditación de las *Meditationes* Descartes escribe: “Sólo me queda por examinar si hay cosas materiales. Y ya sé que puede haberlas,

³⁰⁸ Descartes, *Reglas...*, 75. Las barras son mías.

al menos, en cuanto se las considera como objetos de la pura matemática, puesto que de tal suerte las concibo clara y distintamente”³⁰⁹. En otras palabras, el mundo material es objeto de la matemática.

Esto no quiere decir que las matemáticas, por ello, sean el modelo o paradigma de las demás ciencias, es decir, que toda ciencia que quiera adquirir su *status* de científicidad, en primer lugar, debe ocuparse de objetos puros o matemáticos –pues eso sólo lo podrían hacer las mismas matemáticas– o, en segundo lugar, copiar o seguir su procedimiento deductivo desde verdades simples, ciertas, evidentes e indudables hacia verdades complejas o compuestas, pero tan ciertas e indudables como las primeras, por el procedimiento metodológico mismo. No se trata, en fin, de hacer lo que se propone cierta rama de la filosofía de la ciencia del siglo XX –y aun de nuestro tiempo– de corte positivista, que en la analítica de las ciencias y buscando un modelo científico universal, exige que toda ciencia que quiera *status* de científicidad debe seguir paso a paso el método científico diseñado por la física-matemática de los siglos XVII y XVIII. Si no se cumplen los requisitos exigidos por dicho método entonces no se puede hablar de ciencia. La ciencia, por excelencia, es la física-matemática y toda aquella que no siga su modelo metodológico, nunca llegará a serlo. Es decir que, en términos formales, *la ciencia es una*.

En el caso de Descartes, cuando privilegia las matemáticas, no hay la pretensión, pues, de hacer de éstas un modelo metodológico para todas las demás ciencias, que sigan su proceder con el objetivo de llegar a la noción de una ciencia única, sino, más bien, de presentar las únicas ciencias que, a su modo de ver, son el ejercicio que más conviene a nuestro *ingenium* partiendo de su simplicidad, certeza, evidencia e indubitabilidad, para ampliar nuestro conocimiento mediante severos razonamientos deductivos. Es, pues, un ejercicio, una gimnasia, una propedéutica del *ingenium* para, de esta forma, acceder a la *Mathesis Universalis*, como él mismo nos lo hace saber

³⁰⁹ Descartes, *Meditaciones...*, 61. En otros pasajes de las *Meditaciones* encontramos afirmaciones del mismo tipo (Cfr. la versión española: Descartes, *Meditaciones...*, 59).

en *Les principes*: “Sin embargo, aquella lógica que enseña a conducir adecuadamente la razón para descubrir las verdades que se ignoran, dado que depende en gran medida del uso, es bueno que se ejerza durante largo tiempo mediante la práctica de las reglas relacionadas con cuestiones fáciles y simples, como son las de las Matemáticas”³¹⁰.

De esta manera, al final de la Segunda Regla y pensando en la manera como en su época los filósofos se aplicaban al conocimiento, expresa:

*Y, sin embargo, no por eso debe sorprender que muchos espíritus espontáneamente se dediquen más bien a otras artes o a la filosofía, pues esto sucede porque cada uno se toma más confiadamente la libertad de adivinar en un asunto oscuro que en uno evidente, y porque es mucho más fácil hacer alguna conjetura sobre cualquier cuestión que llegar en una sola, aun cuando sea fácil, a la verdad misma. Mas de todo esto se ha de concluir no ciertamente que se han de aprender sólo la Aritmética y la Geometría, sino únicamente que aquellos que buscan el recto camino de la verdad no deben ocuparse de ningún objeto del que no puedan tener una certeza igual a la de las demostraciones aritméticas y geométricas*³¹¹.

Sin embargo, para Descartes las matemáticas –el conjunto de la aritmética y la geometría– no son las corrientes que conocemos. Es bueno recordar que para los modernos –entre ellos Descartes, Kepler y Galileo– el pensamiento matemático va más allá de los simples números y las figuras, es decir, que las matemáticas no se agotan en la enumeración, las operaciones y las figuras geométricas. Es una idea que el mismo Platón ya había desarrollado. Se trata de la capacidad del entendimiento humano para independizar el conocimiento de las cosas sensibles o de la experiencia; en otras palabras, la aplicación de métodos racionales que nos llevan al conocimiento verdadero, sin tener que recurrir a las verificaciones empíricas. Descartes, a ese modo superior de conocimiento verdadero, que existe independientemente de la experiencia de las cosas del mundo, lo denomina *Mathesis Universalis*. En la Cuarta Regla lo dice así:

³¹⁰ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 15.

³¹¹ Descartes, *Reglas...*, 75-76.

Y aunque debo hablar aquí muchas veces de figuras y números, puesto que de ninguna otra disciplina pueden tomarse ejemplos tan evidentes y ciertos, sin embargo, quien quiera que reflexione atentamente sobre mi idea fácilmente se dará cuenta de que en absoluto pienso aquí en la Matemática corriente, sino que expongo cierta disciplina distinta, de la cual aquéllas son más bien envoltura que partes. Pues ésta debe contener los primeros rudimentos de la razón humana y desplegarse para hacer salir de sí verdades respecto de cualquier asunto, y, para hablar con franqueza, estoy convencido de que es preferible a todo otro conocimiento que nos hayan transmitido los hombres en cuanto es la fuente de todos los otros³¹².

Es decir que la matemática común –*Mathematica vulgaris*– no alude a la *Mathesis Universalis*. Kepler también lo había entendido de este modo. No hay duda de que cuando piensa en el *Dios que geometriza* se refiere a la matemática como ciencia del primer principio que rige el verdadero conocimiento de la estructura del mundo, no a la matemática como simple ciencia de los números y las figuras geométricas, o como mero lenguaje de expresión de la física. Este concepto de matemática es más sofisticado y no se encuentra lejos de la idea cartesiana de la *Mathesis Universalis*: esa “disciplina distinta” que no debemos confundir con la matemática corriente.

Ahora bien, podemos entender la matemática corriente de dos maneras: 1) en la forma en que los matemáticos la practican y los filósofos la desechan y 2) como una ciencia de la cual se puede dudar, a pesar de ser una ciencia privilegiada. En primer lugar, a pesar de que la matemática es una ciencia cuyos objetos simples son ciertos, indudables, claros y distintos, de los cuales deducimos verdades complejas que poseen estas mismas características, no podemos decir que su práctica conlleve dichos rasgos. Los matemáticos, en su ejercicio, no los mantienen. Descartes lo expone así:

Cuando por primera vez me dediqué a las disciplinas Matemáticas, de inmediato leí por completo la mayor parte de lo que suelen enseñar sus

³¹² Descartes, *Reglas...*, 87.

autores, y cultivé preferentemente la Aritmética y la Geometría, porque se las tenía por las más simples y como un camino para las demás. Pero por entonces, ni en una ni en otra, caían en mis manos ni por casualidad autores que me satisficieran plenamente: pues ciertamente leía en ellas muchas veces cosas acerca de los números que yo comprobaba, habiendo hecho cálculos, ser verdaderas; y respecto a las figuras, presentaban en cierto modo ante los mismos ojos muchas verdades que concluían a partir de determinadas consecuencias; pero por qué esto era así, y cómo eran halladas, no parecían mostrarlo suficientemente a la mente; por lo que no me extrañaba que la mayor parte incluso de los hombres de talento y eruditos o en seguida desdeñasen, una vez tratadas por encima, estas disciplinas, como pueriles y vanas, o por el contrario se apartasen atemorizados en el comienzo mismo de aprenderlas, por muy difíciles y embrolladas. Pues, en verdad, nada es más vano que ocuparse de simples números y de figuras imaginarias, de tal modo que parezca que queremos contentarnos con el conocimiento de tales bagatelas, y que dedicarse a estas demostraciones superficiales, que se encuentran más veces por casualidad que por arte y que incumben más a los ojos y a la imaginación que al entendimiento, a tal punto que nos desacostumbramos en cierto modo a usar de la razón misma; y al mismo tiempo nada es más complicado que resolver, con tal modo de proceder, las nuevas dificultades encubiertas en números confusos³¹³.

Y, en segundo lugar, el hecho de que las verdades simples o complejas de las matemáticas, aunque presenten las características mencionadas, no significa que no podamos dudar de ellas. En *Les principes* Descartes señala: “También dudaremos de todas las otras cosas que nos han parecido muy ciertas en otro momento, incluso de las demostraciones de la matemática y de sus principios, *aun cuando sean bastante manifestos por sí mismos*, dado que hay hombres que, razonando sobre tales materias, se han equivocado”³¹⁴. En última

³¹³ Descartes, *Reglas...*, 87-88.

³¹⁴ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 24. Las cursivas en el original sirven como referencia del traductor del francés al español para hacer el siguiente comentario: “La expresión “*assez manifestes*” referida a los principios de la matemática sustituye a la expresión canónica “*quae haectenus putavimus esse per se nota*” (...que hasta ahora hemos juzgado que son evidentes por sí) (A-

instancia, la práctica de la matemática corriente –*Mathematica vulgaris*– no nos garantiza un camino seguro hacia el conocimiento verdadero; no es, pues, desde este punto de vista, un camino o un paradigma para las demás ciencias.

En conclusión, podríamos indicar la propuesta central de las *Regulae*: una ciencia universal o *Mathesis Universalis* que se ocupa de “los primeros rudimentos de la razón humana”, o sea, de los primeros principios del conocimiento humano, por supuesto, indudables, ciertos, claros y distintos, de los cuales deducimos verdades que mantienen las características de indubitabilidad, certeza, claridad y distinción. En otras palabras, en las *Regulae* Descartes se refiere a los primeros principios del conocimiento, fuentes de todo conocimiento verdadero, que pertenecen a la ciencia universal o, de manera más concreta, a una *Mathesis Universalis*. Por ello, ya habíamos expresado que el proyecto filosófico de Descartes obedecía a la idea de fundamentar el conocimiento humano desde primeros principios. No lo hace de la misma manera en las *Regulae* y el *Discours*, donde se propone la búsqueda de los “rudimentos de la razón” en la ciencia universal o *Mathesis Universalis*, a diferencia de *Les principes* donde dichos principios son metafísicos.

La necesidad del método

*REGLA IV: El método es necesario para la investigación de la verdad de las cosas*³¹⁵.

Para obtener la ciencia universal o la *Mathesis Universalis*, luego de haber preparado el camino mediante el adiestramiento del *ingenium*

T, 6, 11).” Véase la nota de pie de página número 5, en Descartes, *Reglas...*, 24. La cita completa en francés: “Nous douterons aussi de toutes les autres choses qui nous ont semblé autrefois très certaines, même des démonstrations de mathématique et de ses principes, encore que d’eux-mêmes ils soient *assez manifestes*, à cause qu’il y a des hommes qui se sont mépris en raisonnant sur de telles matières...” (Descartes, *Les principes de la philosophie*, 65).

³¹⁵ Descartes, *Reglas...*, 82.

por las ciencias matemáticas, debemos acudir, según Descartes, al método científico. Así que cuando, tanto en las *Regulae* como en el *Discours* se habla de método, no hablamos de cualquier método, sino, de uno que guía hacia la mejor forma de conocimiento. Esta forma superior de conocimiento es la ciencia, pero tampoco cualquier ciencia, sino la ciencia universal o general. Así que no debemos temer decir que el método al que se hace alusión en los textos citados es el método científico cartesiano.

Ahora bien, qué entiende Descartes por el método. En las *Regulae* leemos: “Así pues, entiendo por método reglas ciertas y fáciles, mediante las cuales el que las observe exactamente no tomará nunca nada falso por verdadero, y no empleando inútilmente ningún esfuerzo de la mente, sino aumentando siempre gradualmente su ciencia, llegará al conocimiento verdadero de todo aquello de que es capaz”³¹⁶. La exposición de esas reglas y sus aplicaciones como medio para obtener el conocimiento verdadero, aparecen explicadas en las *Regulae* y son las mismas que Descartes enumera en la Segunda Parte del *Discours*:

El primero consistía en no admitir cosa alguna como verdadera si no se la había conocido evidentemente como tal. Es decir, con todo cuidado debía evitar la precipitación y la prevención, admitiendo exclusivamente en mis juicios aquello que se presentara tan clara y distintamente a mi espíritu que no tuviera motivo alguno para ponerlo en duda. El segundo exigía que dividiese cada una de las dificultades a examinar en tantas parcelas como fuera posible y necesario para resolverlas más fácilmente.

El tercero requería conducir por orden mis reflexiones comenzando por los objetos más simples y más fácilmente cognoscibles, para ascender poco a poco, gradualmente, hasta el conocimiento de los más complejos, suponiendo inclusive un orden entre aquellos que no se preceden naturalmente los unos a los otros.

³¹⁶ Descartes, *Reglas...*, 84.

*Según el último de estos preceptos debería realizar recuentos tan completos y revisiones tan amplias que pudiese estar seguro de no omitir nada*³¹⁷.

Su relación con las *Regulae* nos permite una visualización más amplia del alcance del método científico cartesiano, si tenemos en cuenta que éstas fueron escritas mucho antes que el *Discours*. En este sentido, seguimos estableciendo lazos entre una obra y otra y, en términos filosóficos, es primordial mostrar la vecindad o complementariedad de ellas, en cuanto a las apreciaciones metodológicas y, en cuanto a la idea de la unificación de la ciencia, más el propósito de ordenar los procesos para un uso correcto del *ingenium* y, por ende, acceder a los niveles superiores del conocimiento o, lo que es lo mismo, a la *Mathesis Universalis*.

Así, en la Primera Parte del *Discours* Descartes escribe: “No dudo en afirmar que creo haber tenido una gran suerte, pues desde mi juventud estuve en contacto con ciertas orientaciones que suscitaron en mí consideraciones y máximas a partir de las cuales he llegado a formar un método por medio del cual me parece que es posible acrecentar gradualmente mis conocimientos y situarlos poco a poco en el grado más alto que sea alcanzable...”³¹⁸ Sin lugar a dudas es una referencia directa a las *Regulae*, razón por la cual establecemos las siguientes relaciones:

- a. El primer precepto del *Discours* asegura que sólo podemos admitir como verdadero todo aquello que se presente a mi *ingenium* de una manera evidente, clara y distinta, razón por la cual no se puede poner en duda el conocimiento adquirido. Este precepto está relacionado con las Reglas II y III. Recordemos qué dicen cada una: “REGLA II: Conviene ocuparse tan sólo de aquellos objetos, sobre los que nuestros espíritus parezcan ser suficientes para obtener un conocimiento cierto e indudable”³¹⁹. “REGLA III: Acerca de los objetos propuestos se ha de buscar no lo que

³¹⁷ Descartes, *Discurso del método*..., 15-16.

³¹⁸ Descartes, *Discurso del método*..., 4.

³¹⁹ Descartes, *Reglas*..., 69.

otros hayan pensado o lo que nosotros mismos conjeturemos, sino lo que podamos intuir clara y evidentemente o deducir con certeza; pues la ciencia no se adquiere de otra manera”³²⁰. Ahora, las principales características de este primer precepto son las siguientes: nuestro *ingenium* sólo debe aceptar como verdadero aquello que por intuición se le presente de una forma evidente, clara y distinta, de modo que no podamos dudar del conocimiento obtenido (el precepto gira en torno a los conceptos de intuición, evidencia, claridad, distinción e indubitabilidad).

- b. El segundo precepto afirma que debemos dividir las dificultades encontradas en tantas partes que sea necesario para resolverlas más fácilmente. Así que sólo se trata de división de dificultades, sin ir más allá, y se presenta como un paso previo al tercero, en el cual se toma como punto de partida, cada una de las partes resultado de tal proceso, para deducir verdades complejas, tal y como se plantea en el mismo precepto. En términos de correspondencia, con alguna de las reglas de las *Regulae*, no existe una relación directa, salvo con la Regla V que citaremos en el siguiente numeral, y que, por obvias razones, si este precepto es el punto de partida del siguiente habría que decir, entonces, que esta regla lo contiene.
- c. El tercer precepto dice que debemos deducir de los objetos más simples el conocimiento de objetos complejos. Si debemos partir de los elementos simples para, por deducción, hallar verdades complejas, estos elementos simples podrían presentársenos de dos formas: 1) como elementos que se presentan al *ingenium* por intuición de una manera evidente, clara y distinta, y de cuya verdad no se puede dudar y 2) como componentes de verdades complejas que necesitan ser develadas y que se presentan al *ingenium* no por intuición, sino de forma confusa, lo que hace necesario dividir las partes simples, como se mencionó en el precepto anterior. En la Regla V esto se expresa de la siguiente manera: “Todo el método consiste en el orden y la disposición de aquellas cosas a las que se ha de dirigir la mirada de la mente a fin de que descubramos alguna verdad. Y la observaremos

³²⁰ Descartes, *Reglas...*, 76.

exactamente si reducimos gradualmente las proposiciones complicadas y oscuras a otras más simples, y si después intentamos ascender por los mismos grados desde la intuición de las más simples hasta el conocimiento de todas las demás”³²¹.

- d. Y en el cuarto precepto se menciona que debemos realizar revisiones y enumeraciones completas de las verdades obtenidas para asegurarnos de que no se omita nada. Este precepto corresponde a la regla VII: “Para completar la ciencia es preciso recorrer en un movimiento continuo e ininterrumpido del pensamiento todas y cada una de las cosas que conciernen a nuestro propósito, y abarcarlas en una enumeración suficiente y ordenada”³²².

Lo que dejan en claro estos preceptos es que en ese orden presentado existen dos operaciones del entendimiento que son los puntos centrales alrededor de los cuales gira el método científico o, lo que es lo mismo, las operaciones que nos sirven para aprender ciencia. Ellos son: la intuición y la deducción. Por intuición Descartes entiende: “... no el testimonio fluctuante de los sentidos o el juicio falaz de una imaginación que compone mal, sino la concepción de una mente pura y atenta tan fácil y distinta, que en absoluto quede duda alguna sobre aquello que entendemos; o, lo que es lo mismo, la concepción no dudosa de una mente pura y atenta, que nace de la sola luz de la razón y que por ser más simple es más cierta que la misma deducción...”³²³ Y por deducción “... entendemos todo aquello que se sigue necesariamente de otras cosas conocidas con certeza. Pero hubo de hacerse así porque muchas cosas se conocen con certeza, aunque ellas mismas no sean evidentes, tan sólo con que sean deducidas a partir de principios verdaderos conocidos mediante un movimiento continuo e ininterrumpido del pensamiento que intuye con transparencia cada cosa particular...”³²⁴

³²¹ Descartes, *Reglas...*, 93.

³²² Descartes, *Reglas...*, 107. Para tener una idea más completa de la vinculación de los textos mencionados, véase el final de la segunda parte en la que Descartes hace consideraciones relevantes, a propósito del método y la importancia de las matemáticas (Descartes, *Discurso del método...*, 16-18).

³²³ Descartes, *Reglas...*, 79.

³²⁴ Descartes, *Reglas...*, 80.

La intuición y la deducción son, pues, operaciones del entendimiento. Esto quiere decir que son herramientas de la “luz de la razón”, o sea, que son puras o independientes de la experiencia. En otras palabras, son todo lo contrario al “testimonio fluctuante” de los sentidos. Lo que significa que por los sentidos no obtenemos ningún tipo de conocimiento, sino una cantidad de percepciones que se caracterizan por su oscuridad y confusión. Tanto la intuición como la deducción permiten un conocimiento puro, racional e independiente de la sensibilidad, mediante conocimientos evidentes, claros, distintos e indudables. El “conocimiento” por los sentidos sería todo lo contrario: confuso, oscuro y dudoso; hay que desconfiar de los sentidos, ellos son malos instrumentos de conocimiento.

En la filosofía de la naturaleza de Descartes hay que considerar esta premisa: no hay conocimiento verdadero por los sentidos. Toda la física cartesiana, aunque trata de objetos materiales o cosas, se enmarca en un sistema deductivo desde primeros principios, y todos sus componentes obedecen a leyes estrictas dadas desde esos principios y afianzándose en principios físicos de la naturaleza –que serían principios secundarios en ese gran sistema de conocimiento–. Así, pues, la ciencia cartesiana –y vale para el caso específico de la física– sólo es comprensible estableciendo una ruptura drástica con el “conocimiento” por la experiencia, porque, en términos cartesianos, tal “conocimiento” no existe. El conocimiento verdadero es racional, es decir, está en el *ingenium*, y es producto, como se dijo, de la correcta utilización del método y del preciso uso de las dos mencionadas operaciones del pensamiento: la intuición y la deducción.

Las investigaciones de la naturaleza tienen que estar supeditadas a las mencionadas condiciones metodológicas que hagan posible encontrar el conocimiento verdadero. Los programas de indagación que se ocupan del mundo físico, deben partir, pues, del supuesto de que las ciencias de la naturaleza son dudosas e inciertas y que pocas cosas que se encuentran en la naturaleza pueden ser percibidas mediante intuiciones evidentes, claras, distintas e indudables y, por lo tanto, hay que identificarlas.

En primer lugar, las ciencias naturales son dudosas e inciertas. En la Primera Meditación de las *Meditationes* Descartes escribe:

Por lo cual, acaso no sería mala conclusión si dijésemos que la física, la astronomía, la medicina y todas las demás ciencias que dependen de la consideración de cosas compuestas, son muy dudosas e inciertas; pero que la aritmética, la geometría y demás ciencias de este género, que no tratan sino de cosas muy simples y generales, sin ocuparse mucho de si tales cosas existen o no en la naturaleza contienen algo cierto e indudable. Pues, duerma yo o esté despierto, dos más tres serán siempre cinco, y el cuadrado no tendrá más de cuatro lados; no pareciendo posible que verdades tan patentes puedan ser sospechosas de falsedad o incertidumbre alguna³²⁵.

Pero, ¿qué proporciona esa incertidumbre o la pretendida falsedad del conocimiento del mundo natural, que no tienen las matemáticas en general? El conocimiento por los sentidos. De allí la necesidad de una fundamentación de este tipo de conocimientos desde principios matemáticos o metafísicos, de dos modos: 1) en la medida en que las ciencias naturales se acomoden al razonamiento matemático, y 2) como conocimiento fundamentado en principios metafísicos ciertos e indudables: Dios y el sujeto pensante. Matemáticos, si nos atenemos a las *Regulae* y al *Discours*; y metafísicos, a *Les principes*.

Y, en segundo lugar, pocas cosas del mundo natural pueden ser percibidas mediante intuiciones evidentes, claras, distintas e indudables. En la tercera meditación de las *Meditationes* encontramos:

Y, tocante a las ideas de las cosas corpóreas, nada me parece hacer en ellas tan excelente que no pueda proceder de mí mismo; pues si las considero más a fondo y las examino como ayer hice con la idea de la cera, advierto en ellas muy pocas cosas que yo conciba clara y distintamente; a saber: la magnitud, o sea, la extensión en longitud, anchura y profundidad; la figura, formada por los límites de esa extensión; la situación que mantienen entre sí los cuerpos diversamente delimitados;

³²⁵ Descartes, *Meditaciones...*, 19.

*el movimiento, o sea, el cambio de tal situación; puede añadirse la substancia, la duración y el número*³²⁶.

En cuestiones físicas sólo la extensión, anchura, profundidad, la figura o los límites de la extensión, el lugar, el movimiento, la substancia, la duración y el número, son las pocas cosas del mundo material que percibimos clara y distintamente. Pero, ¿estas intuiciones claras y distintas las percibo por los sentidos? Por supuesto que no. Toda percepción por los sentidos está viciada de hecho. Son percepciones que pueden hacerse por el *ingenium*.

En fin, el método nos lleva, pues, hacia la idea de que las tareas del pensar tienen que estar supeditadas al orden: se trata de guiar el entendimiento mediante el método científico, que está constituido por un conjunto de reglas, cuyo producto es poder asegurar el conocimiento verdadero. Dicho conocimiento verdadero está en el *ingenium* en el que la ciencia natural está sujeta a la investigación pura y, de ninguna manera, a la indagación empírica.

El proyecto metafísico para la ciencia

Tras la exposición del proyecto matemático para el conocimiento, Descartes emprende lo que podríamos denominar un proyecto metafísico para el conocimiento humano. Es decir, asumir que la metafísica es la ciencia primera que fundamenta no sólo el conocimiento en general, sino, también, aquella que presenta los principios que se convierten en la condición de posibilidad de la existencia de las cosas del mundo. En este sentido Descartes aún sigue manejando, como se ha dicho, la definición aristotélica de la filosofía como totalidad del conocimiento humano; como es evidente en la Carta-Prefacio de *Les principes de la philosophie*, en la que encontramos aquella idea que citamos al comienzo de este trabajo en la que la filosofía es comparada con un gran árbol cuya raíz es la metafísica, la física el tronco y las ramas las demás ciencias. Esto nos lleva a una cierta concepción de

³²⁶ Descartes, *Meditaciones...*, 37.

la filosofía que no es común en la primera mitad del siglo XVII. Lo que se impone en este período son las concepciones aristotélicas de la Escuela, pero coexisten con novedosas ideas que intentaban hacerse un lugar en la tradición intelectual europea en este siglo.

En cuanto a lo que pensaban los escolásticos sobre qué es la filosofía, sabemos que esta concepción no se encontraba muy lejos de las argumentaciones de Aristóteles, al menos de su *Metafísica*. Por otro lado, si recordamos la manera en que Kepler y Galileo conciben la filosofía, sabemos que su idea general y sus aplicaciones metodológicas se alejaban de la Escuela, pues sus trabajos se circunscribían, como he afirmado, sólo a cierta parte de la gran filosofía neo-aristotélica.

En el caso de Kepler el desciframiento de la estructura del mundo, en primer lugar, mediante la búsqueda de la regularidad, orden y armonía numérica, a través de la idea del Dios geómetra de Platón y, en segundo lugar, el examen de los movimientos planetarios y su proporcionalidad numérica, a partir de las rigurosas observaciones astronómicas llevadas a cabo por Brahe, durante años, del planeta Marte.

Sin lugar a dudas, en esta primera mitad del siglo XVII nadie estaba más alejado de la filosofía de la Escuela que Galileo, pues sus trabajos se centraban en la analítica de problemas particulares que obedecían más a las prioridades de su pensamiento en determinadas épocas de su producción intelectual, que a un proyecto filosófico ordenado desde principios metafísicos, a la manera de la Escuela, como se vería más tarde en el proyecto cartesiano (aunque no del mismo modo que aquella). No sin razón este es el principal punto de la crítica cartesiana al trabajo de Galileo: su falta de utilización del recurso metafísico. Etienne Gilson lo señala de este modo:

... quant à la Physico-mathématique de Galilée, dont le succès était alors si vif, on a vu que l'absence de systématisation était précisément ce que Descartes lui reprochait. Si c'était un calcul de sa part, c'était un bien mauvais calcul, et tous ceux qui représenteront au XVII^e siècle la vraie tradition de la physique mathématique et expérimentale s'accorderont pour le lui reprocher. En outre, il est extrêmement remarquable que

*les thèses physiques déduites par Descartes de sa métaphysique ne soient pas toujours des vérités, mais parfois des erreurs graves, dont le caractère erroné porte la marque des thèses métaphysiques auxquelles Descartes les relie. Il reproche à Galilée de se tromper sur les lois de la chute des corps parce qu'il n'a pas "les vrais principes de la physique", et c'est précisément lui qui se trompe pour avoir inconsidérément usé de l'immutabilité divine dans une question d'expérience où elle n'a que faire*³²⁷.

Así, para acercarnos al concepto de filosofía de Descartes, debemos tener en cuenta, de hecho, que fue el primero que se dio cuenta de la necesidad de una nueva filosofía, tras las largas discusiones sobre la estructura del mundo que se desencadenaron en Europa luego de la publicación del *De Revolutionibus*, de Copérnico en 1543. Entre otras, podríamos señalar:

1. Las especulaciones de Giordano Bruno sobre la infinitud del universo.
2. La cosmología y las observaciones astronómicas de Tycho Brahe.
3. La noción del Dios geómetra y las tres leyes del movimiento planetario de Kepler.
4. Las observaciones astronómicas de Galileo en los primeros años del XVII, sus disputas metodológicas con los jesuitas hacia 1623, la defensa del mundo copernicano en el *Diálogo* de 1632

³²⁷ Étienne Gilson, *Études sur le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésien* (Paris: Librairie philosophique J. Vrin, 1967), 179. En español: "... en cuanto a la Física-matemática de Galileo, cuyo éxito era tan evidente, se ha visto que Descartes le discutía, precisamente, la ausencia de sistematización. Si se hace una revisión de ello, esta apreciación fue incorrecta, y todos aquellos que representaron en el siglo XVII la vieja tradición de la física matemática experimental se pusieron de acuerdo para reprochárselo. De este modo, resulta sumamente interesante que las tesis físicas deducidas por Descartes de su metafísica, no son siempre verdaderas, sino, a veces, equivocaciones graves, cuyo carácter erróneo es evidente cuando Descartes las infiere de las tesis metafísicas. Él le critica a Galileo su desacierto acerca de las leyes de la caída de los cuerpos, porque no tiene en cuenta "los verdaderos principios de la física", sin embargo, Descartes yerra por haber empleado excesivamente la inmutabilidad divina en un asunto empírico en el cual no tiene cabida alguna". La traducción es mía.

y la extraordinaria formulación de la ley de la caída de los cuerpos en las *Consideraciones y demostraciones matemáticas* de 1638.

Para Descartes la nueva filosofía, pues, debía comprender todos estos novedosos hallazgos teóricos y científicos, y no sólo eso, sino también, revisarlos, ordenarlos y fundamentarlos en un nuevo sistema filosófico cuya parte principal, tenía que ser la metafísica. De este modo, para utilizar la figura de W. Jaeger en su *Semblanza de Aristóteles*, de la misma manera que todos los elementos y aspectos del conjunto de las ciencias convergen en esa metafísica, a su vez, ésta se expande a todas ellas³²⁸. Sin embargo, como se ha repetido, la metafísica es la ciencia primera, por lo tanto, las ciencias deben someterse a los sistemas deductivos impuestos por y desde ella.

No tiene sentido acercarse a la física, si no la articulamos en su sistema filosófico. La física, por lo tanto, no es entendible sin la metafísica y la metafísica sin las especulaciones científicas. Hay que entender la filosofía cartesiana, en general, como un todo. Sobre ello el profesor Iván Darío Arango escribe: “Para algunos intérpretes es clara la relación que se presenta entre el método y la física, *pero no la que se presenta entre la física y la metafísica*. Tanto L. Liard como E. Cassirer consideran que la metafísica es sobreabundante; ambos insisten en aseverar *que la ciencia es el resultado del método y no de la metafísica*”³²⁹. Sobre este asunto la posición de Koyré es clara: “Una ciencia de tipo cartesiano, que postula el valor real del matematismo y que construye una física geométrica, *no puede quedarse sin una metafísica e incluso no puede comenzar sino con ella*”³³⁰.

Entonces, ¿qué es la filosofía para Descartes? Dentro de la producción cartesiana la exposición más precisa sobre el tema la encontramos en la *Carta-Prefacio*³³¹ que él escribió al traductor, del latín al

³²⁸ Jaeger, *Semblanza de Aristóteles*, 45.

³²⁹ Arango, “Descartes según el orden de los problemas”, en *El enigma del espíritu moderno*, 212.

³³⁰ Arango, “Descartes según el orden de los problemas”, 212.

³³¹ Véase el texto completo en Descartes, *Los principios de la filosofía*, 7-19. Por obvias razones esta *Carta-Prefacio*, que fue escrita originalmente en francés,

francés, de *Les principes de la philosophie*. Esta *Carta-Prefacio* es uno de los textos de mayor interés filosófico y epistemológico de la obra cartesiana debido a que allí se encuentran posiciones muy claras con respecto a lo que entiende por filosofía, metafísica y su relación con las ciencias físicas o de la naturaleza. Ninguna otra obra suya es tan precisa en tal conceptualización, además de que, como se ha dicho, aparece en un texto de madurez filosófica e intelectual.

Por ello, debemos recurrir a *Les principes* para mirar de cerca qué entiende por filosofía. Descartes escribe:

*Hubiera explicado, en primer lugar, lo que es la Filosofía, iniciando la exposición por los temas más difundidos; este es el caso de lo que significa la palabra Filosofía: el estudio de la Sabiduría; que por Sabiduría no sólo hemos de entender la prudencia en el obrar, sino un perfecto conocimiento de cuanto el hombre puede conocer, bien en relación con la conducta que debe adoptar en la vida, bien en relación con la conservación de la salud o con la invención de todas las artes; que para que este conocimiento sea tal, es necesario que sea deducido de las primeras causas, de suerte que, para intentar adquirirlo, a lo cual se denomina filosofar, es preciso comenzar por la investigación de las primeras causas, es decir, de los Principios...*³³²

La filosofía es, pues, aquello que nos sirve para obtener conocimiento desde primeras causas o primeros principios, mediante la aplicación sistemática de la deducción, en donde los principios se convierten en la razón de ser de la reflexión filosófica o, lo que es lo mismo,

no aparece en la primera edición latina –que fue en la lengua en la cual fueron escritos *Los principios de la filosofía*–, sino que fue introducida a la traducción del francés al latín en la segunda edición latina de 1650. Sobre la traducción francesa de *Los Principios* Descartes escribe: “Vuestra traducción de mis Principios es tan clara y perfecta, que espero que sean leídos por más personas en francés que en latín y que sean mejor comprendidos.” (Descartes, *Los principios de la filosofía*, 7). En la versión francesa: “La version que vous avez pris la peine de faire de mes *Principes* est si nette et si accomplie, qu’elle me fait espérer qu’ils seront lus par plus de personnes en français qu’en latin, et qu’ils seront mieux entendus. (Descartes, *Les principes de la philosophie*, 9). Descartes, *Los principios de la filosofía*, 7-8.

en la condición de posibilidad de la estructura del conocimiento, sin los cuales no es posible el conocimiento del mundo físico.

¿Qué entiende Descartes por primeros principios? Tanto en Descartes como en Aristóteles estos primeros principios tienen las mismas características: son aquellos que no proceden de otros principios y de los cuales vienen todos los demás y, en general, todo el conocimiento humano³³³. En la *Carta-Prefacio* de *Les principes* leemos:

*...estos Principios deben satisfacer dos condiciones: de acuerdo con la primera han de ser tan claros y tan evidentes que el espíritu humano no pueda dudar de su verdad cuando atentamente se dedica a examinarlos; de acuerdo con la segunda, el conocimiento de todas las otras cosas ha de depender de estos principios, de modo que pudieran ser conocidos sin que las otras cosas nos fueran conocidas, pero no a la inversa, esto es, éstas sin aquéllos; además, es preciso intentar deducir de tal forma de estos principios el conocimiento de las cosas que dependen de ellos, que nada haya en toda la serie de deducciones efectuadas que no sea muy manifiesto*³³⁴.

³³³ Sobre este asunto Desmond Clarke plantea que la palabra *principio* o *principia* tiene en Descartes un sentido ambiguo. Esta idea se apoya en algunos textos cartesianos donde el mismo Descartes afirma su multiplicidad de sentidos. Los textos se encuentran en una carta a Clerselier de 1646: “Tan sólo añadiré que la palabra “principia” puede entenderse de muy diversas formas. Una cosa es buscar una *noción común* tan clara y general que pueda servir como principio para probar la existencia de todos los seres, los *Entia*, que descubramos más tarde; y otra, buscar un *ser* cuya existencia es conocida por nosotros mejor que ninguna otra cosa, de modo que pueda servir como *principio para descubrir el resto* (IV, 444)”. Y en la misma escribe: “En el primer sentido, puede decirse que “no es posible que algo sea y no sea al mismo tiempo” es un principio... En el segundo sentido, el primer principio es que *nuestra alma existe*, ya que no hay nada cuya existencia sea mejor conocida para nosotros”. (Ambos textos citados por Desmond Clarke, *La filosofía de la ciencia de Descartes*, Madrid: Alianza, 1986, 92). Así pues, para lo que interesa a este trabajo asumimos el segundo sentido teniendo en cuenta su relación con la física, que es el que Descartes asume en *Les principes*.

³³⁴ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 8.

Los principios, en primer lugar, que tienen que presentarse al *ingenium* por intuición, tan claros y distintos, de cuya verdad no puedo dudar, nos remiten al Primer Precepto del *Discours* y a las Reglas II y III de las *Regulae*³³⁵. En estos dos textos toda percepción por intuición es lo que el entendimiento puede dar como verdadero. Dicha caracterización Descartes la aplica o la transfiere en *Les principes de la philosophie* a los primeros principios. Éstos tienen que ser concebidos mediante la intuición, por lo cual, son evidentes, claros, distintos e indudables, esto es, verdaderos. Y, en segundo lugar, debemos atenernos a la idea aristotélica de lo que significan los primeros principios: el conocimiento de las cosas depende de ellos, pero el conocimiento de ellos no depende de nada, además de que ese conocimiento de las cosas –que proviene de los primeros principios– tiene que ser producto de procedimientos deductivos, por lo que es también, verdadero. Lo que quiere decir que, si la física es deducida de primeros principios metafísicos, tiene que ser verdadera. Esto, en consecuencia, es contrario a las interpretaciones y a la opinión extendida de que en Descartes toda la parte de su filosofía que se refiere al conocimiento del mundo natural es secundaria y falaz, cuando es caracterizado como un pensador moderno neoplatónico cuyo pensamiento apuesta por el matematismo y el racionalismo a ultranza.

Aunque se ha señalado que los primeros principios son verdaderos, no proceden de otros y el entendimiento los puede percibir por intuición, es posible demostrar de qué manera ellos son primeros. Tanto en el *Discours*, como en *Les principes*, encontramos razonamientos análogos que nos presentan dichos principios del conocimiento humano recurriendo a una metodología que podríamos denominar “racionalista”, en otras palabras, se trata de buscar o demostrar la existencia de esos principios mediante un procedimiento racional. De hecho, para Descartes la demostración de la existencia de los primeros principios es muy parecida a las demostraciones geométricas, en las que no hay ningún recurso a las experimentales o empíricas. Esto nos lo hace saber en el *Discours*. En la Cuarta Parte escribe:

³³⁵ Cfr. Primer Precepto (Descartes, *Discurso del método...*, 15-16). También la Regla II (Descartes, *Reglas...*, 63) y la Regla III (Descartes, *Reglas...*, 69).

*Así, por ejemplo, estimaba correcto que, suponiendo un triángulo, entonces era preciso que sus tres ángulos fuesen iguales a dos rectos; pero tal razonamiento no me aseguraba que existiese triángulo alguno en el mundo. Por el contrario, examinando de nuevo la idea que tenía de un Ser Perfecto, encontraba que la existencia estaba comprendida en la misma de igual forma que en la del triángulo está comprendida la de que sus tres ángulos sean iguales a dos rectos o en la de una esfera que todas sus partes equidisten del centro e incluso con mayor evidencia. Y, en consecuencia, es por lo menos tan cierto que Dios, el Ser Perfecto, es o existe como lo pueda ser cualquier demostración geométrica*³³⁶.

Y más adelante, en la quinta parte, dice: “Siempre he permanecido firme en la decisión que había tomado de no suponer ningún otro principio que aquél del que me he servido para demostrar la existencia de Dios y del alma, así como en la de no aceptar como verdadero nada que no me pareciera más claro y más cierto de lo que me habían parecido las demostraciones de los geómetras”³³⁷.

Así pues, ¿cómo demostrar la existencia de esos primeros principios, esto es, de Dios y del sujeto pensante? En la Cuarta Parte del *Discours* leemos: “Pero puesto que deseaba entregarme solamente a la búsqueda de la verdad, opinaba que era preciso que hiciese todo lo contrario y que rechazase como absolutamente falso todo aquello en lo que pudiera imaginar la menor duda, con el fin de comprobar si, después de hacer esto, no quedaría algo en mi creencia que fuese enteramente indudable”³³⁸. Ello quiere decir que la búsqueda de los primeros principios debemos emprenderla por cierto camino o, más bien, aplicar un método que en nada se parece al método científico que mencionamos a partir de las *Regulae* y el *Discours*. ¿Qué sendero seguir para buscar esos primeros principios? ¿De qué manera podemos demostrar que son primeros y que no dependen de nada, ni de una cosa ni de otros principios?

³³⁶ Descartes, *Discurso del método*..., 28.

³³⁷ Descartes, *Discurso del método*..., 31.

³³⁸ Descartes, *Discurso del método*..., 24-25.

Es bien conocido el procedimiento por el cual Descartes demuestra la existencia de esos primeros principios, pues es la parte de la filosofía cartesiana más conocida y más trabajada en los círculos académicos desde las *Meditationes*. Este texto se ocupa extensamente de tal cuestión. Sin embargo, no es mi interés profundizar en dicho procedimiento que la metafísica ha denominado la “duda metódica”, es decir, toda aquella reflexión que nos demuestra la existencia del sujeto pensante y de Dios como primeros principios.

Sin embargo, recordemos que las demostraciones de tal existencia tienen como punto de partida dudar de la existencia de todo. En *Les principes*, la Primera Parte, que se ocupa de los principios del conocimiento humano³³⁹, comienza con la idea de aplicar la duda a las formas de conocimiento en general. Basta mencionar los primeros numerales de este texto de madurez:

“1. Para examinar la verdad es preciso, una vez al menos en la vida, poner en duda todas las cosas y hacerlo en tanto sea posible”³⁴⁰.

“2. También es útil considerar como falsas todas las cosas acerca de las cuales cabe dudar”³⁴¹.

“3. En modo alguno debemos hacer extensiva esta duda al gobierno de nuestras acciones. Sin embargo, debe destacarse que sólo entiendo que debemos servirnos de una forma de duda tan generalizada cuando comenzamos a aplicarnos a la contemplación de la verdad”³⁴².

“4. Por qué se puede dudar de la verdad de las cosas sensibles”³⁴³.

³³⁹ El título de esa Primera Parte es *Sobre los principios del conocimiento humano*. Cfr. Descartes, *Los principios de la filosofía*, 21.

³⁴⁰ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 21.

³⁴¹ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 22.

³⁴² Descartes, *Los principios de la filosofía*, 22.

³⁴³ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 23.

“5. Por qué también se puede dudar de la verdad de las demostraciones de la matemática”³⁴⁴.

“6. Tenemos un libre albedrío que nos permite abstenernos de creer lo que es dudoso y, de este modo, impide que erremos”³⁴⁵.

Se trata de examinar la verdad, de buscarla, de alcanzar la certeza en el conocimiento. Para poderlo llevar a cabo es necesario dudar. Así, ésta se convierte en el presupuesto fundamental para alcanzar el conocimiento verdadero. A ello apuntan los numerales 1, 2, 3 y 6. La indubitabilidad es la condición de la verdad o, si se quiere, del conocimiento cierto. Nada de lo que podamos dudar puede ser considerado como verdadero: ni las cosas sensibles, ni las demostraciones matemáticas, dos continentes que abarcan toda forma de conocimiento, cuya fundamentación se encuentra en las verdades metafísicas o los primeros principios del conocimiento humano. De ahí que en un procedimiento deductivo Descartes nos introduzca de forma inmediata en aquello que podemos conocer sin lugar a dudas: los primeros principios.

Luego de los numerales citados, en el 7 de la Primera Parte de *Les principes* afirma:

No podríamos dudar sin existir y éste es el primer conocimiento cierto que se puede adquirir. En tanto rechazamos de esta forma todo aquello de lo que podemos dudar e incluso llegamos a fingir que es falso, fácilmente suponemos que no hay Dios, ni cielo, ni tierra..., y que no tenemos cuerpo; pero no podríamos suponer de igual forma que no somos mientras estamos dudando de la verdad de todas estas cosas, pues es tal la repugnancia que advertimos al concebir que lo que piensa no es verdaderamente al mismo tiempo que piensa, que, a pesar de las más extravagantes suposiciones, no podríamos impedirnos creer que esta conclusión, YO PIENSO, LUEGO SOY, sea verdadera y, en

³⁴⁴ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 24.

³⁴⁵ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 24.

*consecuencia, la primera y la más cierta que se presenta ante quien conduce sus pensamientos por orden*³⁴⁶.

En la segunda meditación de las *Meditationes* Descartes lo expresa de este modo: “De manera que, tras pensarlo bien y examinarlo todo cuidadosamente, resulta que es preciso concluir y dar como cosa cierta que esta proposición: *yo soy, yo existo*, es necesariamente verdadera, cuantas veces la pronuncio o la concibo en mi espíritu”³⁴⁷. Sin lugar a dudas se puede asentir con Descartes que *yo pienso, luego soy* es el primer principio del conocimiento humano.

Esto nos marca un camino para analizar el otro primer principio mencionado: Dios. Como sabemos, en términos cronológicos, el primer trabajo en el que Descartes hizo alusión a tal cuestión fue en *Le monde: Traité de la lumière*³⁴⁸ de 1634 que, sin temor a equivocarnos, podríamos llamar su primera obra de filosofía natural. Sin embargo, a pesar de ser una obra científica, es allí donde aparece mencionado por primera vez este principio metafísico del conocimiento. Lo que nos lleva a reiterar que en su gran proyecto filosófico la obra temprana de Descartes se encuentra relacionada con su producción de madurez, específicamente con el texto que más nos interesa: *Les principes de la philosophie*.

En *Le monde: Traité de la lumière* leemos: “Y, en efecto, ¿qué fundamento más firme y sólido podría encontrarse para establecer una verdad –aunque se escogiera a capricho– que la misma firmeza e

³⁴⁶ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 25.

³⁴⁷ Descartes, *Meditaciones...*, 24. Cfr. la Cuarta Parte del *Discours* donde Descartes afirma: “Y dándome cuenta de que esta verdad: *pienso, luego soy*, era tan firme y tan segura que todas las más extravagantes suposiciones de los escépticos no eran capaces de hacerla tambalear, juzgué que podía admitirla sin escrúpulo como el primer principio de la filosofía que yo indagaba.” (Descartes, *Discurso del método...*, 25).

³⁴⁸ El orden que seguiremos, para analizar el tema de Dios como primer principio, será cronológico, es decir, inicialmente *Le monde: Traité de la lumière*, luego el *Discours* y después las *Meditaciones* y *Les principes*. No podemos olvidar que el *Traité de la lumière* es una obra muy anterior a estos tres últimos: en su orden 1637, 1641 y 1644.

inmutabilidad de Dios?”³⁴⁹. De hecho, la verdad que Descartes trata de establecer en este texto es la veracidad de las tres leyes de la naturaleza, que son por las que se rigen todos los movimientos del universo. Sólo podemos decir que esas leyes son verdaderas, si se siguen de la aceptación de la existencia y la inmutabilidad de Dios, es decir, si las deducimos de este principio.

Aunque en dicho texto encontramos una referencia a Dios como principio metafísico del conocimiento, no es clara su relación con la idea del sujeto que piensa, ni mucho menos con la manera en que se constituye en un principio. Estos asuntos aparecen expuestos y delimitados en obras posteriores como el *Discours*, las *Meditationes* y *Les principes*.

Así, en la Cuarta Parte del *Discours*, Descartes nos hace una larga exposición de cómo se puede llegar a la certeza de que Dios es un principio metafísico:

A continuación, reflexionando sobre que yo dudaba y que, en consecuencia, mi ser no era omniperfecto pues claramente comprendía que era una perfección mayor el conocer que el dudar, comencé a indagar de dónde había aprendido a pensar en alguna cosa más perfecta de lo que yo era; conocí con evidencia que debía ser en virtud de alguna naturaleza que realmente fuese más perfecta [Dios]. En relación con los pensamientos que poseía de seres que existen fuera de mí, tales como el cielo, la tierra, la luz, el calor y otros mil, no encontraba dificultad alguna en conocer de dónde provenían pues no constatando nada de tales pensamientos que me pareciera hacerlos superiores a mí, podía estimar que si eran verdaderos, fueran dependientes de mi naturaleza en tanto que posee alguna perfección; si no lo eran, que procedían de la nada, es decir, que los tenía porque había defecto en mí. Pero no podía opinar lo mismo acerca de la idea de un ser más perfecto que el mío, pues que procediese de la nada era algo manifiestamente imposible y puesto que no hay una repugnancia menor en que lo más perfecto sea una consecuencia y esté en dependencia de lo menos perfecto, que la existente en

³⁴⁹ Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 121.

que algo proceda de la nada, concluí que tal idea no podía provenir de mí mismo. De forma que únicamente restaba la alternativa de que hubiese sido inducida en mí por una naturaleza que realmente fuese más perfecta de lo que era la mía y, también, que tuviese en sí todas las perfecciones de las cuales yo podía tener alguna idea, es decir, para explicarlo con una palabra que fuese Dios³⁵⁰.

En la medida en que dudo de la existencia de los seres, las cosas o los objetos del mundo, de las verdades de la matemática, e incluso, de la misma existencia de Dios, no puedo dudar de que en el mismo instante en que lo hago, existo. Esos pensamientos y mi existencia no están puestos en mí al azar, sino, por un Ser Perfecto.

En otras palabras, la idea de Dios como ser infinito, eterno, inmutable, omnisciente, todopoderoso y con todos los atributos de perfección que mi *ingenium* pueda concebir, procede de la existencia de Dios como primer principio. De esta manera, en la Tercera Meditación de las *Meditationes* afirma:

Así pues, sólo queda la idea de Dios, en la que debe considerarse si hay algo que no pueda proceder de mí mismo. Por “Dios” entiendo una substancia infinita, eterna, inmutable, independiente, omnisciente, omnipotente, que me ha creado a mí mismo y a todas las demás cosas que existen (si es que existe alguna). Pues bien, eso que entiendo por Dios es tan grande y eminente, que cuanto más atentamente lo considero menos convencido estoy de que una idea así pueda proceder sólo de mí. Y, por consiguiente, hay que concluir necesariamente, según lo antedicho, que Dios existe. Pues, aunque yo tenga la idea de substancia en virtud de ser yo una substancia, no podría tener la idea de una substancia infinita, siendo yo finito, si no la hubiera puesto en mí una substancia que verdaderamente fuese infinita³⁵¹.

Esta idea es definitiva en la conformación de la estructura de *Les principes*. Los principios del conocimiento humano, el sujeto

³⁵⁰ Descartes, *Discurso del método*..., 26. Las barras son mías.

³⁵¹ Descartes, *Meditaciones metafísicas*, 39.

pensante y Dios, se constituyen en los elementos que sirven para justificar el conocimiento de los fenómenos naturales o, en otras palabras, para el desarrollo posterior de la física o la filosofía de la naturaleza. Así pues, no es gratuito que Descartes recurra de nuevo a dichos principios en el mencionado *Les principes*, con las características de ser necesariamente primeros, que no proceden de nada y donde todo el conocimiento proviene de ellos³⁵².

Principales rasgos de la física de Descartes

*No acepto principios en Física que no sean aceptados en Matemáticas con el fin de poder probar mediante demostración todo lo que de ellos deduciré; estos principios bastan en tanto que todos los fenómenos de la naturaleza puedan ser explicados por medio de ellos*³⁵³.

Tránsito de la metafísica a la física

Es evidente la relación directa entre la metafísica y la ciencia. También lo es que la nueva filosofía propuesta por Descartes intenta superar las formas de pensamiento de la Escuela. Así pues, recurre a una de las herencias más fuertes que dejó Aristóteles a los pensadores escolásticos: la necesidad de justificar desde la metafísica todo tipo de conocimiento, incluido todo aquello que se refiere al conocimiento de los fenómenos naturales.

En cuanto al saber que trata de la naturaleza, pensó en una ciencia privilegiada: la física. No es difícil demostrar esta cuestión. De hecho, podemos hacer dos tipos de referencias: las textuales y sus proyectos editoriales. En cuanto al primero, ya se ha señalado cómo en la Carta-Prefacio de la edición francesa de *Les principes* menciona la metáfora del gran árbol del saber, en la cual la metafísica ocupa el

³⁵² Cfr. los numerales del 10 al 25 de la primera Parte de *Les principes de la philosophie* de Descartes (Descartes, *Los principios de la filosofía*, 27-36).

³⁵³ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 119.

primer lugar y la física es la más importante del resto de todo aquello que podríamos denominar ciencias. Esto se encuentra soportado en una justificación histórica que radica en la característica que Aristóteles le había dado a la física como la ciencia que se ocupa de todo proceso de generación y corrupción de la naturaleza, es decir, de todo cambio que se presente en el mundo fenoménico. Sin embargo, como se ha expresado, Descartes no sigue manejando en el siglo XVII este concepto, sino el que heredó de los nominalistas de París y de la filosofía copernicana, esto es, la física como aquello que trata del movimiento como una teoría del cambio de lugar, o una teoría del movimiento en sentido restringido. De allí que las leyes de la naturaleza cartesianas son leyes del movimiento que se constituyen en los fundamentos explicativos del orden y la estructura del universo.

En cuanto al segundo, Descartes escribió sobre la ciencia física como ninguna otra. De ella se ocupan *Le monde: Traité de la lumière*, *Les principes de la philosophie*, y los ensayos científicos denominados *Les météores* y la *Dioptrique*. Y en sus obras filosóficas, como el *Discours* y las *Meditationes*, las referencias al conocimiento del mundo físico son notables y corrientes.

La relación entre metafísica y física es evidente y, sobre todo, que no es posible valorar y entender la física cartesiana si no partimos de ella, pues, de hecho, sólo a partir de la metafísica los principios del conocimiento del mundo natural tienen validez y razón de ser.

Principios físicos de la física

En la física cartesiana existen dos principios o presupuestos básicos para todo tipo de conocimiento del mundo natural: la substancia como extensión y la substancia constituida de partículas de trayectorias geometrizables. Como se puede ver, ambos tienen como referente el concepto de substancia. Entonces, ¿qué entendemos por substancia en la filosofía de la naturaleza cartesiana?

La substancia es un concepto genérico que contempla tanto a Dios y al sujeto pensante como a los seres del mundo material, es decir, la substancia divina, la substancia pensante y la substancia extensa. Estas subdivisiones tienen significaciones distintas. De hecho, en el párrafo 51 de *Les principes*, Descartes escribe que: "... este nombre no puede ser atribuido a Dios y a las creaturas en el mismo sentido"³⁵⁴. Además de las diferentes significaciones, ellas poseen atributos que las caracterizan de manera particular, así: "Aun cuando cualquier atributo baste para dar a conocer la substancia, sin embargo, cada substancia posee uno que constituye su naturaleza y su esencia y del cual dependen todos los otros. A saber, la extensión tridimensional constituye la naturaleza de la substancia corporal; el pensamiento constituye la naturaleza de la substancia que piensa"³⁵⁵.

La substancia divina no es creada y no depende, para su existencia, de otra, es decir, que existe en sí y por sí. Por el contrario, la substancia pensante es creada y su existencia depende de Dios, con la característica de que es inmaterial o, lo que es lo mismo, no posee extensión (de estos dos tipos de substancia se ocupa la metafísica). Por otro lado, tenemos la substancia extensa cuya existencia depende de Dios como creatura. Esta substancia extensa constituye el mundo material, es decir, el universo visible, y es de lo que se ocupa la física. De manera que cuando hablamos de los principios físicos de la física o de las substancias que constituyen el mundo fenoménico, nos referimos a la substancia extensa y no a la divina o a la pensante.

En el párrafo 1 de la Segunda Parte de *Les principes*, Descartes escribe: "... que existe una *substancia* extensa en longitud, latitud y profundidad, que existe *en el presente en el mundo* con todas las propiedades que manifestamente conocemos que le pertenecen. Esta *substancia* extensa es lo que propiamente denominamos cuerpo o *la substancia de las cosas materiales*"³⁵⁶. Todo el mundo material o todo aquello de lo que está hecho el universo que observamos a

³⁵⁴ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 51.

³⁵⁵ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 53.

³⁵⁶ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 72.

nuestro alrededor, está constituido, pues, de la substancia extensa, cuya *característica esencial* es la tridimensionalidad. Sin embargo, esta tridimensionalidad no significa que la percibamos mediante el concurso de los sentidos, pues puede parecer como si el recurso a la sensibilidad fuera uno de sus principales atributos. En realidad, es el *ingenium* el que percibe clara y distintamente el mundo material en sus tres componentes: largo, ancho y profundo. ¿Qué es entonces lo que perciben nuestros sentidos? Ellos perciben cualidades como los colores, la dureza, el peso, la levedad, etc., entre otras, que no hacen parte de la esencialidad de los cuerpos. Según Descartes, la verdadera naturaleza de la materia está en el hecho de ser tridimensional:

Ni el peso, ni la dureza ni el color, etc., constituyen la naturaleza del cuerpo, sino sólo la extensión. Haciendo esto, conoceremos que la naturaleza de la materia o del cuerpo tomado en general, en modo alguno consiste en que sea una cosa dura, o pesada, o con un color, o de cualquier otro modo que afecte a nuestros sentidos, sino que la naturaleza del cuerpo solamente reside en ser una substancia extensa en longitud, anchura y profundidad. En relación con la dureza, no conocemos otra cosa de ella por medio del tacto, sino que las partes de los cuerpos duros resisten al movimiento de nuestras manos cuando las alcanzan; si cuantas veces dirigimos nuestras manos hacia alguna parte, los cuerpos que se encontrasen en ese lugar, se retirasen tan rápidamente como se aproximan nuestras manos, es cierto que nunca sentiríamos dureza alguna; y sin embargo, no tenemos razón alguna que nos pueda hacer creer que los cuerpos que se retirasen del modo indicado, perdieran por ello aquello en virtud de lo cual son cuerpos. De ello se sigue que su naturaleza no consiste en la dureza que algunas veces sentimos con ocasión de su presencia, ni tampoco en el peso, color u otras cualidades de este género, pues si examinamos un cuerpo cualquiera, podemos pensar que no posee estas cualidades y, sin embargo, clara y distintamente conocemos que tiene todo aquello que le constituye como cuerpo con tal de que sea extenso en longitud, anchura y profundidad. Así pues, se sigue que, para ser, no tiene necesidad de ellas en forma alguna, y que su naturaleza consiste sólo en que es una substancia que posee extensión³⁵⁷.

³⁵⁷ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 73-74.

Nuestros sentidos pueden percibir ciertas cualidades de los cuerpos, pero dichas cualidades *no permiten conocer esencialmente lo que es la naturaleza de un cuerpo determinado*, pues esas percepciones sólo son posibles por la experiencia, y todo conocimiento que se adquiera de este modo, como se ha visto, está viciado de hecho. De manera que para obtener un conocimiento cierto del mundo debo *percibir la verdadera forma y esencia del mundo material*, y eso sólo es posible mediante las percepciones claras y distintas del *ingenium*, en otras palabras, distinguir el mundo material o la substancia extensa mediante su esencia tridimensional. Esto, en última instancia, es lo que convierte a la mencionada substancia extensa en un principio fundamental para referirnos a la descripción del mundo físico o material.

Ahora bien, el segundo principio que habíamos mencionado es que *la substancia extensa está constituida de partículas de trayectorias geometrizables*, es decir, que pueden estar en movimiento o en reposo –*geometrizables*– en determinados estados de la materia. Este principio es esencial para entender la composición del mundo material. En *Les météores* escribe:

En primer lugar, supongo que el agua, la tierra, el aire y cuantos cuerpos nos rodean están compuestos de diversas y pequeñas partes de figuras y tamaños diferentes, que jamás están bien ordenadas ni tan perfectamente unidas como para que no existan espacios en torno a cada una de ellas; asimismo, supongo que estos no están vacíos, sino repletos de aquella materia sutil por medio de la cual he explicado antes que se comunicaba la acción de la luz. En segundo lugar, supongo que las pequeñas partes de las que el agua está compuesta son largas, ligeras y deslizantes como pequeñas anguilas que, aunque se unan y se entrelacen, esto no se realiza en modo tal que no puedan ser fácilmente separables; por el contrario, casi todas las partes, tanto de la tierra como del aire y de la mayor parte de los otros cuerpos tienen formas muy irregulares y desiguales, de suerte que no pueden estar mínimamente unidas sin que se junten y entrelacen unas con otras, tal como sucede con las diversas ramas de los arbustos que crecen juntos en un seto; unidas de este modo dan lugar a la formación de cuerpos duros como la tierra, la madera u otros parecidos. Por el contrario, si están simplemente amontonadas unas sobre otras,

*muy poco o nada entrelazadas y, a la vez, son tan pequeñas que pueden ser fácilmente reblandecidas y separadas por la agitación de la materia sutil que las rodea, deben ocupar mucho espacio y formar cuerpos líquidos muy raros y muy ligeros, como los aceites y el aire*³⁵⁸.

La materia, en general, está compuesta de pequeñas partículas que tienen muy diversas formas. Sin embargo, tienen la misma *esencia material* que, a su vez no difiere de la materia sutil que llena todos los espacios que hay entre esas partículas. Es muy importante señalar que la afirmación de la materia sutil aparece en dos de los ensayos científicos de 1637 la *Dioptrique* y *Les météores*³⁵⁹; en el *Traité de la lumière* de 1634 no hay referencias a ella, y en *Les principes* de 1644 niega la existencia de cualquier otra substancia distinta a las partículas elementales que componen la materia; esto es evidente en un pasaje típico de *Les principes*:

*Ninguna substancia une las partes de los cuerpos duros; basta con que unas partes respecto de otras se encuentren en reposo. No creo que se pueda imaginar algún elemento de unión más adecuado para mantener unidas las partes de los cuerpos duros que su propio reposo. ¿De qué naturaleza podría ser tal elemento? ¿No será otra cosa que subsista por sí misma, pues todas estas pequeñas partes siendo substancias, en virtud de qué razón estarían más unidas por otras substancias de lo que lo estarían por ellas mismas? Tampoco será una cualidad diferente del reposo, puesto que no existe ninguna cualidad más contraria al movimiento, que pudiera separar estas partes, de lo que se opone el reposo de las mismas. Ahora bien, además de las substancias y de sus cualidades no sabemos de la existencia de otro género de cosas*³⁶⁰.

³⁵⁸ René Descartes, “Los meteoros”, en Descartes, *Discurso del método...*, 180-181.

³⁵⁹ En *Les météores* aparece muy clara esta idea de la materia sutil: “... se debe pensar que la materia sutil que rellena los espacios existentes entre las partes de estos cuerpos es de tal naturaleza que no cesa jamás de moverse en todas direcciones con gran velocidad, aunque no sea exactamente la misma en todos los lugares y en todos los instantes...” (Descartes, “Los meteoros”, en Descartes, *Discurso del método...*, 181).

³⁶⁰ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 111.

¿Qué habría, pues, entre partícula y partícula aun en los cuerpos líquidos y el aire? Partículas en movimiento que constituyen esos cuerpos dado que ellas mismas son sustancias. De manera que el espacio que puede haber entre partícula y partícula, sobre todo en los cuerpos líquidos y el aire, siempre será rellenado por partículas en movimiento que ocupan instantáneamente los espacios que hay entre ellas.

De plano, como es evidente, Descartes niega la existencia del espacio vacío. Es una constante en la filosofía de la naturaleza cartesiana que el espacio vacío no existe, es decir, que el universo, que a su vez es ilimitado, está lleno de materia o cuerpos o sustancia extensa con sus características de tridimensionalidad, esto es, toda la materia que llena el universo tiene extensión en longitud, anchura y profundidad; además de que dicha sustancia extensa, en su *forma* o *límites*, acumula partículas según sea dura, líquida o aire.

El rechazo de la existencia del espacio vacío en Descartes está relacionado con su noción de un universo indefinido. Las preguntas que se le formulaban a los sistemas del mundo cerrados por la esfera de las estrellas fijas –por ejemplo, el de Filolao, Platón, Aristóteles, Ptolomeo, los medievales cristianos y árabes, Copérnico y Galileo–, dejaban indeterminada la cuestión de qué había más allá de dicha esfera y suponían siempre la existencia de una nada infinita o de un espacio infinito que repugnaba al pensamiento tradicional de Occidente. Para el pensamiento cartesiano es mucho más plausible la idea de un universo ilimitado o indefinido, que disuelve el límite, como condición de posibilidad de un universo lleno de materia o de sustancia extensa, pues el vacío o la nada absoluta rechazarían toda la lógica que supone la existencia de un todo material cuya extensión en longitud, anchura y profundidad, explica de manera coherente el mundo que percibimos por los sentidos.

Así en el *Traité de la lumière* nos dice: “... supongamos que la materia creada por Dios se extiende a lo lejos por todos lados hasta una distancia indefinida (puesto que es más verosímil y tenemos más poder para prescribir límites a la acción de nuestro pensamiento

que no a las obras de Dios)”³⁶¹. De cierta forma, la existencia de un universo indefinido se explica por la perfección de Dios; y no sólo eso, sino también porque es más coherente afirmar que el universo es indefinido y está lleno de materia, que decir que está limitado por la esfera de las fijas y que fuera del límite no hay nada.

En el pensamiento cartesiano, pues, no puede existir la nada o el espacio vacío, pues estos conceptos chocan con la idea de un universo físico constituido por materia o substancia extensa. De manera que, si hablamos de la nada o del vacío, éstos se constituyen más bien en entidades metafísicas, y no físicas o naturales, como debe ser cualquier elemento que haga parte del universo visible. Así en *Les principes* escribe:

*Repugna la existencia del vacío en el sentido en el que los filósofos usan esta palabra*³⁶². En relación con el vacío en el sentido en el que los filósofos toman esta palabra, a saber, entendiendo por tal un espacio en el que no hay substancia, es evidente que no puede darse en el universo, ya que la extensión del espacio o del lugar interior no difiere de la extensión del cuerpo. Y como, a partir de que un cuerpo es extenso en longitud, anchura y profundidad, tenemos razón para concluir que es substancia, ya que concebimos que no es posible que lo que no es tenga extensión, debemos concluir lo mismo del espacio que se supone vacío: a saber, que dado que en él hay extensión, necesariamente hay en él substancia.³⁶³

La extensión en longitud, anchura y profundidad se encuentra en todos los lugares del universo, incluso donde parece que no hay nada como en el elemento aire. De hecho, el aire está compuesto de la misma materia que los sólidos y los fluidos, por lo que todos están llenos

³⁶¹ Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 101.

³⁶² Es importante que tengamos en cuenta la nota aclaratoria sobre esta frase que aparece en la traducción española: “En la versión latina “Repugnare ut detur vacuum, sive in quo nulla plane sit res” (“Repugna que se dé el vacío, es decir, aquello en lo que no hay absolutamente nada”; A-T, 49, margen)”. (Descartes, *Los principios de la filosofía*, 82). El texto latino es más contundente en cuanto a lo que Descartes piensa sobre el vacío.

³⁶³ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 82.

de partículas en movimiento –o en reposo si son de un cuerpo duro– que no dejan lugar al vacío. Así Descartes puede llegar a escribir:

*... los espacios donde nada sentimos están llenos de la misma materia y contienen –como mínimo– tanta materia como los que están ocupados por cuerpos que sentimos. De modo que, cuando un recipiente, por ejemplo, está lleno de oro o de plomo, no contiene por ello más materia que cuando pensamos que está vacío: cosa que puede parecer sumamente extraña a muchos cuya razón no se extiende más allá de sus dedos, y que piensan que sólo hay en el mundo lo que tocan*³⁶⁴.

La cantidad de materia es la misma en todos los lugares del universo en cualquiera de los estados que se presente, ya sea sólido, líquido o aire, y de ninguna manera éste puede ser confundido con el vacío, como podría ser lo usual en la vida cotidiana, estableciendo una *diferencia sustancial* entre los dos primeros y este último. En otro pasaje del *Traité de la lumière* Descartes nos recuerda este asunto:

*Sobre esto, en primer lugar, deseo observéis que todos los cuerpos –tanto duros como líquidos– están compuestos de una misma materia, y que es imposible concebir que las partes de esta materia formen nunca un cuerpo más sólido que al estar cada una en contacto por todos lados con las que la rodean. De donde se sigue –según me parece– que, si puede existir el vacío en algún lugar, debe ser antes en los cuerpos duros que en los líquidos, pues es evidente que las partes de estos últimos pueden comprimirse y disponerse unas contra otras mucho más fácilmente –a causa de que se mueven– que no las de los duros –que carecen de movimiento–. [...] E igualmente, si consideráis algunas de las experiencias de que se sirven usualmente los filósofos para mostrar que no existe el vacío en la naturaleza, conoceréis fácilmente que todos estos espacios que el pueblo estima vacíos, y en los que sólo sentimos aire, están al menos tan llenos –y llenos de la misma materia– como aquellos donde sentimos los otros cuerpos*³⁶⁵.

³⁶⁴ Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 79.

³⁶⁵ Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 71 y 73. Las barras son mías.

Esta misma idea la volvemos a encontrar en *Les principes*: “De donde se sigue que un cuerpo es líquido cuando se encuentra dividido en múltiples pequeñas partes que se mueven con independencia las unas de las otras en diferentes y diversas formas; que es duro, cuando todas sus partes entran en contacto y unas reposan junto a las otras”³⁶⁶.

Así pues, como se ha afirmado, entre partícula y partícula de la substancia extensa puede haber espacio, pero de ninguna manera espacio vacío, sino espacio lleno de partículas en movimiento o en reposo o, en su defecto, materia sutil. Sin embargo, se debe indicar, pues, que este tipo de materia llenaría todos los espacios que dejan entre sí las partículas que componen los cuerpos o la substancia extensa, al menos en *Les météores*, pues la materia es la misma en todos los lugares del universo.

Es necesario aclarar que las partículas que componen la materia, los cuerpos o la substancia extensa, no podemos confundirlas con los átomos de los que nos habían hablado los griegos Demócrito y Leucipo. Recordemos que en la filosofía clásica el concepto de átomo se encuentra definido en su propio sentido etimológico: átomo significa *sin división* (a = sin - tomos = división). Es decir, según esta teoría la partícula más pequeña que encontramos en la naturaleza, no es, de ninguna manera, divisible. Por el contrario, las partículas de las que nos habla Descartes tienen características muy diferentes a los átomos. En *Les principes* escribe:

Los cuerpos no contienen átomos o cuerpos indivisibles. También es muy fácilmente cognoscible que no existen átomos o partes de los cuerpos que sean indivisibles, tal y como algunos filósofos han imaginado. Por muy pequeñas que supongamos que son tales partes, sin embargo, puesto que deben ser extensas, concebimos que no debe de existir entre ellas alguna que aún no pueda ser dividida dos o más número de veces en otras más pequeñas, de donde se sigue que es divisible. Pues, a partir de que nosotros concebimos clara y distintamente que una cosa puede ser dividida, debemos juzgar que es divisible, puesto

³⁶⁶ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 110.

que, si juzgáramos acerca de ello de otra forma, el juicio que de esta cosa haríamos sería contrario al conocimiento que de ella tenemos. Y aunque supusiéramos que Dios hubiera reducido una parte de la materia a una dimensión tan extrema que ya no pudiera ser dividida en otras partes más pequeñas, no podríamos concluir por ello que sería indivisible puesto que, aunque Dios hubiera reducido esta parte a una dimensión tal que ninguna criatura pudiera dividirla, no ha podido privarse a sí mismo de subdividirla, puesto que no le es posible reducir su omnipotencia, como ya hemos hecho notar. Por ello diremos que la parte extensa más pequeña que pudiera ser en el mundo siempre puede ser dividida porque tal es en razón de su naturaleza³⁶⁷.

Más adelante continúa:

Se sigue de ello que la materia se divide en indefinidas e innumerables partes. Sin embargo, preciso es asumir que hay algo en este movimiento que nuestra alma concibe como verdadero, pero que, sin embargo, no puede comprender; a saber, una división de las partes de la materia hasta el infinito o bien una división indefinida y que se produce en tantas partes que nosotros no podríamos determinar mediante el pensamiento alguna parte tan pequeña que no concibiésemos que pudiera ser dividida en efecto en otras más pequeñas. [...] Pero, con el fin de que esto sea, es preciso que todas las pequeñas partes que quepa imaginar y que son verdaderamente innumerables, se separen algo las unas de las otras, pues, por pequeña que sea la separación, no deja de ser una verdadera división³⁶⁸.

Las partículas son divisibles al infinito, es decir que, por pequeñas que sean, siempre podrán ser divididas en un número indeterminado. Este argumento es fundamental para una cabal comprensión del universo lleno de materia de Descartes. Las partículas que se pueden dividir infinitamente son la condición de posibilidad de que no podamos concebir la existencia del vacío: por pequeñísimo que sea un espacio siempre podrá ser ocupado por una minúscula partícula, esto es, que por ínfima que sea siempre tendrá extensión

³⁶⁷ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 85.

³⁶⁸ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 95. Las barras son mías.

en longitud, anchura y profundidad. Aquí surge una pregunta: ¿Pueden los sentidos percibir estas infinitas divisiones? De ninguna manera. Solamente las percibimos *clara y distintamente* mediante el *entendimiento*. Una cosa es que sea un evento incomprensible para el *alma*, –*mens*, no tanto *esprit* como en la versión francesa o *espíritu* como se suele traducir al español, sino como *entendimiento*, que es el término latino que Descartes usa en este contexto–, pues al fin y al cabo las representaciones que nos hacemos son sensibles, y otra cosa la manera como las percibimos en nuestro *ingenium*. De hecho, decir que *las partículas o partes de la materia son divisibles indefinidamente*, es un principio del pensamiento que hace posible el conocimiento cierto del mundo, y para poderlo percibir necesitamos el concurso de la razón. Por ello Descartes nos dice en el párrafo 35 de la Segunda Parte de *Les principes*: “No debemos dudar que esta división se produce aun cuando no la podamos comprender”³⁶⁹.

Tanto las partículas como los cuerpos que están en movimiento no se mueven al azar o de manera desordenada o caótica. Todo movimiento que se presente en la naturaleza está regido por leyes que Descartes denomina *leyes de la naturaleza*, que tienen como objetivo ordenar el posible caos que se puede dar en el mundo natural con los infinitos movimientos, tanto de los cuerpos como de las partículas.

Principios físicos del movimiento

Tanto en el *Traité de la lumière* como en *Les principes de la philosophie* encontramos enunciadas las *leyes de la naturaleza*. Son los dos únicos textos de las obras que podríamos denominar científicas, en las cuales aparecen formuladas. Por supuesto, es necesario aclarar que los contemporáneos de Descartes no conocieron el primer libro que, como se sabe, él había retirado de la imprenta en 1634 –y que nunca publicó–, luego de que se enteró de la condena de Galileo por la publicación del *Diálogo* de 1632, en la que éste defendía el sistema copernicano frente a la astronomía matemática de Ptolomeo y la

³⁶⁹ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 95.

filosofía escolástica. Sin embargo, por cuestiones de rigor con la totalidad de la obra de Descartes vamos a citar los dos textos, pues, al fin y al cabo, las dos exposiciones tratan el asunto de la misma manera.

Si partimos del orden que nos presenta Descartes, en el que el punto de partida son los principios metafísicos del conocimiento humano, de donde deducimos los principios físicos de la física, nos aparecen, también por deducción, otros principios que denominaremos *principios físicos del movimiento* y que él llamó en las dos obras científicas citadas, *leyes de la naturaleza*. Estas leyes son las que rigen todos los movimientos que existen en el mundo fenoménico, ya sea de los cuerpos materiales o de las partículas que componen esos cuerpos.

Descartes tiene una clara noción de lo que significa la expresión *leyes de la naturaleza*. Por ello, antes de desarrollar las tres leyes se debe considerar qué es lo que entiende por dicha expresión, pues en la primera mitad del siglo XVII una enunciación de este tipo es novedosa. Sólo en una obra galileana –las *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*– encontramos formulaciones de este tipo, aunque no son las mismas; como sabemos, es en este texto en el que Galileo formula su ley de la caída de los cuerpos o ley de los movimientos uniformemente acelerados, que no tiene nada que ver con las leyes cartesianas, pues éstas son válidas para cualquier tipo de movimiento que se presente en la naturaleza. En este mismo orden de ideas, hay que decir que las leyes keplerianas sólo son aplicables a los movimientos planetarios y no a la totalidad de los movimientos que se presentan en el universo. Además, hay que señalar que las leyes enunciadas están fundamentadas en sus propias nociones del espacio: en el caso de Galileo y Kepler en el espacio geométrico copernicano, es decir, finito o cerrado por las fijas; y en el caso de Descartes en el espacio indefinido, ilimitado o infinito, cuyas características hacen posible pensar los movimientos uniformes rectilíneos infinitos. Una concepción del espacio de esta naturaleza es lo que llamaríamos, sin temor a equivocarnos, moderna en todo el sentido de la palabra, sin los tintes medievales de las concepciones galileanas y keplerianas del espacio.

Así pues, en el *Traité de la lumière* leemos:

En primer lugar, sabed que no entiendo por naturaleza ninguna diosa (o cualquier otro tipo de poder imaginario), sino que me sirvo de esta palabra para significar la misma materia en tanto la considero con todas las cualidades que le he atribuido comprendidas simultáneamente y bajo la condición de que Dios la conserva del mismo modo que la ha creado. Del hecho de que Dios la conserva, se sigue necesariamente que debe haber numerosos cambios en sus partes que, no pudiendo propiamente –según me parece– atribuirse a la acción de Dios porque la materia no cambia en nada, los atribuyo a la naturaleza; y denomino leyes de la naturaleza a las reglas que han seguido aquellos cambios³⁷⁰.

La idea de una naturaleza divina o *sobrenatural* tenía que ver, sobre todo a finales del siglo XVI y principios del XVII, que es el contexto socio-cultural en el cual se encuentra Descartes, con la posible identificación de un espacio infinito con Dios –como ser infinito e inmutable–, como ya habían sentenciado los jueces durante el juicio y la posterior condena de Giordano Bruno en 1600. No es casual que Descartes –cuyo temor a las autoridades eclesiásticas es evidente– haga una aclaración que intente superar esa posible identificación de su espacio infinito con Dios o con cualquier entidad divina que lo lleve a una concepción de un universo animista.

Por otro lado, para desarrollar las tres leyes de la naturaleza es necesario atender la idea de Descartes de que la materia no cambia, es decir, es una y se conserva en el espacio infinito. Se ha señalado que los cuerpos duros, los líquidos y el aire –que son los elementos compuestos que están en la naturaleza–, están constituidos de la misma materia, es decir, de partículas que siempre se pueden dividir. Tanto los cuerpos como las partículas tienen extensión en longitud, anchura y profundidad, y llenan el universo en todas direcciones al infinito. O sea que la materia es la misma. Esto nos lleva a enunciar con Descartes el *principio de conservación de la materia* como un *principio* que antecede la formulación de las leyes de la naturaleza.

³⁷⁰ Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 109-111.

Primera ley de la naturaleza: ley de inercia³⁷¹

La obra de Descartes en la cual encontramos formulada la primera ley de la naturaleza es el *Traité de la lumière*:

La primera es: cada parte de la materia en particular permanece siempre en un mismo estado mientras el encuentro con otras no le obliga a cambiarlo. En otras palabras: si tienen un cierto tamaño, no disminuirá a menos que otras partes la dividan; si es redonda o cuadrada, no cambiará esta figura sin que las otras la fuercen; si está quieta en cierto lugar, no saldrá de allí si otras no la echan; y, si ha empezado a moverse, continuará siempre con la misma fuerza hasta que otras la detengan o la disminuyan³⁷².

En *Les principes de la philosophie* aparece formulada de este modo:

La primera ley de la naturaleza: cada cosa permanece en el estado en el que está mientras que nada modifica ese estado. [...] De acuerdo con la primera de ellas cada cosa en particular se mantiene en el mismo estado en tanto que es posible y sólo lo modifica en razón del encuentro con otras causas exteriores. Así vemos todos los días que cuando una cierta parte de esta materia es cuadrada, permanece con esta forma si nada acontece que modifique su figura; de igual modo, apreciamos que si está en reposo, no comienza a moverse por sí misma. Pero que cuando ha comenzado a moverse, no tenemos alguna razón para pensar que deba jamás cesar de moverse con la misma fuerza mientras no encuentre algo que retarde o que frene su movimiento. De modo que, si un cuerpo ha

³⁷¹ El esquema presentado aquí, en la exposición de las tres leyes de la naturaleza, será el de *Les principes de la philosophie*. La razón es que, como hemos afirmado, las tres leyes son las mismas, pero el orden cambia en los dos textos citados. En el *Traité de la lumière*: primera, ley de inercia; segunda, ley de choque; y tercera, ley del movimiento rectilíneo infinito. En *Les principes de la philosophie*: primera, ley de inercia; segunda, ley del movimiento rectilíneo infinito; y tercera, ley de choque.

³⁷² Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 111-113.

*comenzado a moverse, debemos concluir que continuará moviéndose y que jamás se detendrá por sí mismo.*³⁷³.

Podríamos decir que esta ley contiene tres características esenciales:

1. Un cuerpo cualquiera o una partícula de materia tiende a mantener su figura, forma o los límites de su extensión en longitud, anchura y profundidad, si otro cuerpo o partícula no cambian dicha forma.
2. Un cuerpo que está en reposo permanecerá *siempre* en este estado si no hay otro cuerpo o causa que lo haga mover.
3. Un cuerpo que ha comenzado a moverse continuará moviéndose eternamente, siempre y cuando no haya alguna causa, ya sea una fuerza o cuerpo que impida su movimiento.

Ahora bien, no deja de ser impresionante el esfuerzo racional de Descartes por representarse un cuerpo que ha comenzado a moverse, y que por ello se moverá eternamente a no ser que una fuerza u otro cuerpo se lo impida. En la obra cartesiana es imposible demostrar que un juicio de este tipo proceda de datos experimentales o de resultados obtenidos por la experiencia³⁷⁴. Sólo la capacidad representativa del razonamiento matemático puede llevarnos a la formulación de una ley como ésta. Sin embargo, ello no significa que dichas leyes se queden en el plano de la matemática pura o del razonamiento abstracto. El objetivo de la formulación de esas leyes es que los movimientos sean explicados por ellas. Así que no es raro encontrar sus comprobaciones empíricas, por ejemplo:

Por qué los cuerpos lanzados por la mano continúan moviéndose después de haber abandonado la mano. Vemos la prueba todos los días de esta primera regla cuantas veces lanzamos cosas a lo lejos. No existe otra razón para que continúen moviéndose estos cuerpos, cuando han abandonado la mano de quien los ha lanzado, sino que, de acuerdo con las

³⁷³ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 97-99. Las barras son mías.

³⁷⁴ En la obra de Galilei sí es posible demostrar cómo su ley de la caída de los cuerpos procede de datos experimentales.

*leyes de la naturaleza, todos los cuerpos que se mueven continúen moviéndose hasta que su movimiento sea detenido por algunos otros cuerpos... Y es evidente que el aire y los otros cuerpos líquidos entre los cuales apreciamos que se mueven estos cuerpos así propulsados, disminuyen poco a poco la velocidad de su movimiento; es más, nuestra misma mano nos permite sentir la resistencia del aire si procedemos a sacudir con bastante velocidad un abanico que estuviera abierto; asimismo, no hay cuerpo fluido sobre la tierra que no oponga resistencia, aún más manifestamente que el aire, a los movimientos de los otros cuerpos...*³⁷⁵

Segunda ley de la naturaleza: ley del movimiento rectilíneo infinito

La segunda ley de la naturaleza se enuncia así en el *Traité de la lumière*:

*... cuando un cuerpo se mueve, aunque su movimiento se haga con frecuencia en línea curva y aunque no pueda efectuarse ninguno que no sea circular en cierto sentido –como se ha dicho más arriba–, no obstante, cada una de sus partes en particular tiende siempre a proseguir el suyo en línea recta. De este modo su acción –es decir, la inclinación que las partes tienen a moverse– es distinta de su movimiento. Por ejemplo, si se hace girar una rueda sobre su eje, aunque todas sus partes den vueltas –pues estando unidas una a otra no podrían girar de otro modo–, su inclinación es, sin embargo, a desplazarse rectilíneamente, tal como se muestra claramente si por azar alguna se separa de las otras: tan pronto como está en libertad, su movimiento cesa de ser circular y prosigue en línea recta. De igual modo, cuando se hace girar una piedra en una honda, no sólo se desplaza rectilíneamente tan pronto como sale disparada, sino que incluso, mientras permanece atada, tira del centro de la honda y tensa la cuerda, mostrando así con toda evidencia que mantiene siempre su inclinación a desplazarse en línea recta y que se mueve circularmente por fuerza*³⁷⁶.

³⁷⁵ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 99.

³⁷⁶ Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 123.

Y en *Les principes de la philosophie*:

La segunda ley de la naturaleza: Todo cuerpo que se mueve tiende a continuar su movimiento en línea recta. De acuerdo con la segunda ley de la naturaleza cada parte de la materia, aisladamente considerada, no tiende a seguir su movimiento trazando líneas curvas, sino siguiendo líneas rectas, aunque varias de sus partes sean frecuentemente obligadas a desviarse, porque encuentran otras en su camino y aunque cuando un cuerpo se mueva, siempre se forme un círculo o un anillo de toda la materia que es movida a la vez³⁷⁷.

Lo central de esta regla es el privilegio de los movimientos rectilíneos frente a otro tipo de movimientos y, sobre todo, poner en tela de juicio la magnificencia histórica de los movimientos circulares. En la primera mitad del siglo XVII ésta es una de las más grandes contribuciones al desarrollo de la ciencia moderna. Por primera vez se supera la idea de que los movimientos circulares son los movimientos por excelencia. Desde la axiomatización de la circularidad por parte de Platón, pasando por la cosmología aristotélica, la astronomía de Ptolomeo, los modelos del universo de los medievales cristianos y árabes y, aun, los modernos como Copérnico que aceptaba la existencia del movimiento circular como el único movimiento natural que hay en el mundo, el primer universo de Kepler con su Cosmos esférico constituido de esferas soportadas por los sólidos regulares, la consecuente formulación de las tres leyes del movimiento planetario que se cumplen en un universo cerrado por la esfera de las fijas, la medieval cosmología formal de Galileo que seguía pensando que los planetas se movían en órbitas circulares en un universo esférico con movimientos de traslación circular, y lógicamente, su idea de que puede existir un cuerpo que se mueve infinitamente en un plano-circular, es decir, en un círculo tan grande cuya superficie es plana, o lo que es lo mismo, la superficie de la Tierra, negando la existencia de movimientos rectilíneos infinitos que, de hecho, no pueden desarrollarse en un universo cerrado como el suyo y que por tal razón percibe su inercia en el denominado plano-circular,

³⁷⁷ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 100.

en fin, luego de numerosas y diversas concepciones cosmológicas y astronómicas, a través de la historia del pensamiento occidental con los consiguientes modelos teóricos que superaron el trajinar de los siglos, que asumían el movimiento circular como el único infinito, perfecto, inmutable y natural, después de todo ello, en una pequeña obra de 1634 y en otra magnífica de 1644, Descartes enuncia como una ley de la naturaleza la tendencia de los cuerpos y de cada una de sus partes –las partículas de materia– a moverse en línea recta.

Tercera ley de la naturaleza: ley de choque

La tercera ley de la naturaleza se formula en el *Traité de la lumière* del siguiente modo: “... cuando un cuerpo impele otro, no puede darle ningún movimiento si él no pierde simultáneamente igual cantidad del suyo, ni restarle si el suyo no aumenta en igual cantidad”³⁷⁸. Sin embargo, en *Les principes de la philosophie* hay una variante notable: Descartes enuncia esta ley de otro modo, además de que le hace algunas variantes que la explicitan. Veamos:

De acuerdo con la tercera ley de la naturaleza si un cuerpo en movimiento choca con otro más fuerte que él, no pierde nada de su movimiento; ahora bien, si encuentra otro más débil y que puede mover, pierde tanto movimiento como comunica al otro. Esta es la tercera ley de la naturaleza: si un cuerpo que se mueve y que alcanza a otro cuerpo, tiene menos fuerza para continuar moviéndose en línea recta de la que este otro cuerpo tiene para resistir al primero, pierde la determinación de su movimiento... sin perder nada de su movimiento; pero si tiene más fuerza, mueve este otro cuerpo y pierde tanto movimiento como transmite al otro. Así vemos que un cuerpo duro que nosotros hemos lanzado contra otro que es más grande y más duro y está en reposo, retorna hacia el mismo punto de donde procede y no pierde nada de su movimiento; ahora bien, si el cuerpo con el que choca es blando, entonces se detiene porque le transfiere su movimiento. Las causas particulares de los cambios que acontecen a los cuerpos, están

³⁷⁸ Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 117.

*todas comprendidas en esta regla, al menos, aquellas causas que son corporales, pues no cuestiono en este momento si los ángeles o los pensamientos de los hombres tienen la fuerza de mover los cuerpos; ésta es una cuestión que reservo para su estudio en un tratado que espero construir sobre el hombre*³⁷⁹.

Una ley de esta naturaleza contradice la evidencia empírica. Recordemos que, de hecho, tal evidencia es lo que menos interés tiene en la formulación de los principios secundarios o de los principios físicos de los movimientos que hay en la naturaleza. Esta ley es, matemática, es decir, se explica sólo racionalmente y las aplicaciones empíricas son *a posteriori*. Sin embargo, los problemas que presentan dichas explicaciones fueron los que impidieron que las leyes de la naturaleza de Descartes fueran aceptadas por los pensadores de la época –como Newton–, pues veían un racionalismo a ultranza con poca aplicabilidad a la experiencia. Es decir, estas reglas forzaban los fenómenos naturales acomodándolos a la fuerza en su visión de los movimientos. De esta manera no es raro encontrar en Descartes una expresión como ésta: “Las demostraciones de todo esto son tan ciertas que *aun cuando la experiencia nos pareciera mostrar lo contrario, sin embargo, estaríamos más obligados a dar crédito a nuestra razón que a nuestros sentidos*”³⁸⁰.

Éste, como sabemos, es un presupuesto en toda la reflexión cartesiana sobre la ciencia, que de ninguna manera, desde este punto de vista, es empirista³⁸¹, sino, racionalista, en el que el conocimiento humano obedece a procesos racionales y no a la formulación de teorías partiendo de eventos empíricos o experimentales. ¿Cuál es, entonces, la motivación de Descartes para llevar a cabo enunciaciones de esta naturaleza? El objetivo es claro: llegar a la formulación del principio de conservación del movimiento. Este es un principio fundamental para la cabal comprensión de su física. La cantidad de

³⁷⁹ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 101-102.

³⁸⁰ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 109.

³⁸¹ La idea de Descartes como un empirista es la tesis central de delicioso libro de Desmond Clarke titulado *La filosofía de la ciencia de Descartes*. Desmond Clarke, *La filosofía de la ciencia de Descartes*, 15-29.

movimiento que hay en el universo es la misma y constante desde que Dios lo creó. Todos los cuerpos y partículas –de diversas formas y figuras– que están en movimiento y en reposo en la naturaleza, chocan entre sí, cambian de dirección, mantienen la misma, rebotan, mueven materia que está en reposo absoluto, cambian de velocidad –la aumentan o la merman– o la mantienen, toda esa substancia extensa lo que hace es cambiar o transmitir determinadas cantidades de movimiento que no están sujetas al azar sino a la regla mencionada, es decir, que se mantiene la misma cantidad de movimiento, a pesar del aparente caos de cuerpos y partículas en movimiento y en reposo. En el *Traité de la lumière* lo escribe de este modo:

*Suponiendo que ha puesto [Dios] una determinada cantidad de movimientos en toda la materia en general desde el primer instante que la creó, es preciso sostener que conserva siempre la misma cantidad o bien creer que no actúa siempre de la misma manera. Suponiendo así que, desde ese primer instante, las diversas partes de la materia, en que estos movimientos se encontraban desigualmente dispersos, comenzaron a conservarlos o a transferirlos de una a otra según la fuerza que tenían, se ha de pensar necesariamente que Dios continúa siempre provocando lo mismo*³⁸².

Y en el párrafo 36 de la Segunda Parte de *Les principes* lo plantea de esta manera: “Dios es la primera causa del movimiento y mantiene constante la cantidad de movimiento en el universo. [...] el movimiento [...] tiene una cierta cantidad que ni aumenta ni disminuye jamás, aun cuando exista más o menos movimiento en alguna de sus partes”³⁸³.

Este es un problema que a finales del siglo XVII enfrentará a los pensadores newtonianos –mejor dicho, al mismo Newton– con Leibniz por el problema de la conservación o no de la cantidad de movimiento que hay en el universo; de manera más exacta, si el movimiento se conserva o tiende a acabarse. Según Newton, la cantidad de movimiento en el universo tiende a acabarse, es decir, que tiende al reposo; esta es la razón por la cual Dios, de vez en cuando, interviene en él

³⁸² Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 121. Las barras son mías.

³⁸³ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 96. Las barras son mías.

para imprimirle la cantidad de movimiento necesaria para que siga existiendo; por ello, según Leibniz, el Dios de Newton es un relojero que de vez en cuando debe darle cuerda al reloj para que siga funcionando, es, por tanto, un Dios imperfecto. De cierta manera, Leibniz es heredero del racionalismo cartesiano; así, defiende la idea de que Dios en el momento de la creación puso una cantidad de movimiento en el mundo que se mantiene constante y, por lo tanto, Dios no interviene en el mundo; es la razón por la que Newton, acusando de herejía a Leibniz, decía que el Dios de Leibniz es un Dios holgazán, que creó el universo y el movimiento, y se acostó a dormir³⁸⁴.

En conclusión, para la historia de la ciencia, como se ha insinuado, estas tres leyes de la naturaleza fueron las que Newton asumió o tuvo en cuenta para la elaboración de sus leyes del movimiento en sus *Principia*, pues ni en la obra de Kepler o en la de Galileo encontramos leyes de la naturaleza o del movimiento enunciadas de esta manera, o al menos que se le parezcan. Para la formulación de la ley de inercia de Newton –la primera ley del movimiento– es fundamental el trabajo cartesiano, pues sólo allí encontramos la idea de un cuerpo moviéndose en línea recta al infinito, lo que supone la concepción clara de un espacio infinito, que no encontramos ni en Kepler ni en Galileo, cuyas nociones de un universo cerrado eran tan clásicas como las griegas o medievales. No sobra mencionar las leyes de Newton, para hacer el ejercicio de posibles analogías, semejanzas y diferencias con las cartesianas; lo que no podemos negar es su cercana familiaridad teórica. Así pues, Newton las llamó “Axiomas o leyes del movimiento”, y son las siguientes:

384

Este problema lo vemos ampliamente desarrollado en el texto llamado *La polémica Leibniz-Clarke*. Aunque propiamente no se centra en problemas teológicos o en especular sobre el papel de Dios en el mundo, pues el libro trata de los problemas fundamentales de física –la gravedad, el vacío, el movimiento, etc.–, de todas maneras, vemos allí una interesante discusión acerca de este asunto. Véase: *La polémica Leibniz-Clarke*, (Madrid: Taurus, 1980).

Ley primera

Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas.

Ley II

El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza.

Ley III

*Para toda acción hay siempre una reacción opuesta o igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias.*³⁸⁵

Hoy sabemos que Newton estudió la obra de Descartes, y que la enunciación de sus tres leyes del movimiento se debe en gran parte a las formulaciones cartesianas mencionadas. Pues, de hecho, la concepción de un cuerpo en movimiento rectilíneo infinito a una velocidad constante sin ninguna fuerza que se lo impida, tiene como previo la idea de un universo indefinido, ilimitado o infinito cartesiano. Y entre los modernos de la primera mitad del siglo XVII, la idea de un universo de tales dimensiones –aun con todos los problemas teóricos que tiene–, sólo lo encontramos en la obra de Descartes. Kepler y Galileo –aun con las sospechas de este último de que el universo puede ser infinito, pero que, como vimos, no llegó a expresar en su obra científica, sino en la famosa carta a Liceti, insistimos, como sospecha, no como una afirmación de tipo físico– no tienen la noción “física” de un universo que no está limitado por la esfera de las fijas. Ni siquiera Giordano Bruno, cuyas aseveraciones acerca de la existencia de un universo infinito estaban más cerca de especulaciones metafísicas que de teorías físicas.

³⁸⁵ Isaac Newton, *Principios matemáticos* (Barcelona: Altaya, 1993), 41-42.

El universo ilimitado: ¿Cuestión física o metafísica?

*¿Qué deberá hacerse con quien ha encontrado el modo de subir al cielo,
rebasar la circunferencia de las estrellas, dejar a sus espaldas la convexa
superficie del firmamento?*³⁸⁶

Una de las características de la física de Descartes es la moderna concepción del universo infinito. En muchas historias de la ciencia, este formidable adelanto en la comprensión del universo moderno se le atribuye, casi siempre, a Giordano Bruno. Sin embargo, en la destrucción del límite del mundo clásico las tesis cartesianas sobre esta cuestión son fundamentales.

Pero, en términos epistemológicos, el infinito universo de Bruno ¿es un trabajo previo que hace posible la concepción del universo ilimitado en la física cartesiana? Porque, si en la física de Descartes uno de los presupuestos fundamentales es la concepción de un espacio ilimitado, de todas maneras, infinito, puede parecer inevitable establecer relaciones o familiaridad con las hipótesis brunianas. Por ello, es necesario mostrar cuáles son los alcances y límites de cada una de ellas.

En los clásicos sistemas del mundo la finitud, se daba como un hecho, excepto en los sistemas de los filósofos atomistas y el romano Lucrecio. Para la modernidad este asunto no era tan evidente. Desde el siglo XV el cardenal Nicolás de Cusa (1401-1464) ya había hecho una interesante reflexión sobre esta cuestión³⁸⁷; y el inglés Thomas Digges (1545-1595) –que hacia 1576, algunos años después de Copérnico y mucho antes de la publicación de las obras en las que Bruno expone sus ideas sobre el universo infinito en 1584–, nos habla de un universo en el que la esfera de las fijas queda difuminada en un espacio ilimitado. En esencia, el universo tiene el Sol como centro común de los planetas –incluida la Tierra que además tiene un movimiento de rotación de 24 horas–, la Luna gira alrededor de esta última y más allá de la esfera de Saturno las estrellas fijas se

³⁸⁶ Giordano Bruno, *La cena de las cenizas* (Madrid: Alianza, 1987), 68.

³⁸⁷ Cfr. Nicolás de Cusa, *De la docta ignorancia* (Buenos Aires: Lautaro), 1948.

encuentran ubicadas a diversas distancias en un espacio indefinido, tanto las visibles como las invisibles. Digges lo expresa de este modo:

*Y, sin embargo, como ya se dijo, el gran círculo no es más que un punto en comparación con la inmensidad del firmamento; de ello puede fácilmente colegirse cuán ínfima es la parte de la creación divina que nuestro mundo elemental y corruptible representa. Pero, aun así, nunca podremos dejar de admirar la inmensidad de todo lo demás, en particular la de esa esfera inmóvil engalanada por innumerables luminarias, que se extiende ilimitadamente hacia arriba en altitud esférica.*³⁸⁸

La razón por la cual Digges llegó a esta conclusión es simple: “Muy bien podemos pensar que ésta es la gloriosa corte del gran Dios, acerca de cuyas invisibles e inescrutables obras nosotros tan sólo podemos conjeturar sobre la base de lo que no es dado ver, y a cuyo infinito poder y majestad únicamente puede convenir un lugar infinito que supere tanto en cantidad como en cualidad a todo lo demás”³⁸⁹. Es decir, que no hay en Digges una demostración de carácter empírico, experimental o matemático, de la infinitud del universo. Sus razones son fundamentalmente metafísicas.

Ahora bien, en esta tradición se puede inscribir también la obra de Bruno. Sus hipótesis sobre el universo infinito aparecen en dos de sus obras: *La cena de las cenizas* y *Sobre el infinito universo y los mundos*, ambas de 1584. En *La cena de las cenizas* escribe:

*Así conocemos tantas estrellas, tantos astros, tantos númenes, como son todos esos centenares de miles que asisten al servicio y contemplación del primero, universal, infinito y eterno eficiente. Ya no está encarcelada nunca más nuestra razón con los cepos de los fantásticos ocho, nueve y diez móviles y motores. Sabemos que no hay más que un cielo, una inmensa región etérea en la que estas magníficas luminarias conservan las propias distancias por comodidad en la participación de la vida perpetua*³⁹⁰.

³⁸⁸ Copérnico, Digges y Galilei, *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*, 61.

³⁸⁹ Copérnico, Digges y Galilei, *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*, 61.

³⁹⁰ Bruno, *La cena de las cenizas*, 71.

Y en *Sobre el infinito universo y los mundos* las posturas son más contundentes: "... hay un infinito, es decir, una región etérea inmensa, en la cual existen innumerables e infinitos cuerpos, como la Tierra, la luna y el sol..."³⁹¹. Y más adelante: "Existen, pues, innumerables soles; existen infinitas tierras que giran igualmente en torno a dichos soles, del mismo modo que vemos a estos siete (planetas) girar en torno a este sol que está cerca de nosotros"³⁹².

Pero, ¿cuáles son las posibles demostraciones de que el universo es de tal naturaleza? No son ni empíricas, experimentales o matemáticas. Todas ellas son metafísicas, es decir, que se encuentran enmarcadas en el tipo de argumentación que usaban los mismos aristotélicos que Bruno combatía. Veamos cómo lo expone: "... considerar al mundo o, como vos decís, al universo, sin límite, no comporta inconveniente alguno y nos viene a librar de innumerables dificultades en que nos vemos envueltos cuando sostenemos lo contrario"³⁹³. Es decir, es más sencillo y lógico defender la infinitud del universo, pues comporta menos dificultades para el entendimiento. De esta manera, según Bruno, es mediante rigurosos razonamientos como podemos demostrarlo, o lo que es lo mismo, debemos inclinarnos por el poder de la razón y las leyes que la rigen. Así pues:

No hay sentido que vea el infinito, no hay sentido de quien se pueda exigir esta conclusión, porque el infinito no puede ser objeto de los sentidos, y, en consecuencia, quien pretende conocerlo por medio de los sentidos es semejante a quien quisiera ver con los ojos la substancia y la esencia, y quien negase por eso la cosa, por cuanto no es sensible o visible, llegaría a negar la propia substancia y ser. Por eso, debe haber moderación en eso de pedir testimonio a los sentidos. A esto no hacemos lugar sino cuando se trata de cosas sensibles y aún no sin sospecha, si aquéllos no intervienen en el juicio junto a la razón. Al intelecto le corresponde juzgar y dar razón de las cosas ausentes y separadas de nosotros por distancia temporal o intervalo espacial. Y aquí más que suficiente testimonio tenemos

³⁹¹ Bruno, *Sobre el infinito universo y los mundos*, 86.

³⁹² Bruno, *Sobre el infinito universo y los mundos*, 114.

³⁹³ Bruno, *Sobre el infinito universo y los mundos*, 71.

de los sentidos en el hecho de que éstos no son capaces de afirmar lo contrario y evidencian además su debilidad e insuficiencia al ocasionar una apariencia de finitud gracias a su horizonte, con el cual se ve también cuán inconstantes son. Ahora bien, así como por experiencia sabemos que nos engañan en lo que toca a la superficie de este globo en el cual nos hallamos, mucho más debemos sospecharlo en lo que respecta al límite que nos hace ver en la concavidad estelar³⁹⁴.

En cuanto a lo que Galileo y Kepler pensaban sobre la infinitud del universo, sus hipótesis son de muy distinta índole a las expuestas por Digges y Bruno. Ya se ha citado varias veces lo que Galileo pensaba sobre el universo infinito: en ninguna de sus obras de cosmología aparece una afirmación de este tipo. Su sistema del mundo es tan cerrado o limitado por las fijas como el de cualquier astrónomo o cosmólogo clásico, o como los medievales. Recordemos que los pensamientos galileanos sobre el infinito universo aparecen en su correspondencia³⁹⁵ y no en sus textos publicados. Sabemos las razones: no hallaremos en sus obras proposiciones en las que no pueda hacer demostraciones matemáticas o experimentales; basta pensar en la disputa metodológica que encontramos en *El ensayador*, a propósito del movimiento de los cometas.

Kepler es un poco más arriesgado. A pesar de que en ninguna de sus obras de cosmología o astronomía habla de la infinitud del universo, en la *Conversación con el mensajero sideral*, que es un texto publicado y leído en Europa, y que lo escribió como respuesta al pedido que le hizo Galileo para que asintiera que sus observaciones por el telescopio y su consecuente interpretación matemática de esas observaciones eran verdaderas, consideró la hipótesis de que el universo es infinito. Así anota:

Wackher creía que sin duda estos nuevos planetas [los cuatro de Júpiter descubiertos por Galileo] giraban en torno a algunas de las estrellas fijas

³⁹⁴ Bruno, *Sobre el infinito universo y los mundos*, 63-64.

³⁹⁵ Véase el texto de la carta a Liceti donde Galilei se inclina por la concepción de un universo infinito. Koyré, *Del mundo cerrado al universo infinito*, 96.

(cosa que hacía ya mucho tiempo me había aducido basándose en las especulaciones del cardenal de Cusa y Giordano Bruno), de modo que si hasta ahora se habían ocultado allí cuatro planetas, ¿qué nos habría de impedir creer que tras este exordio se habrían de detectar allí a continuación muchísimos otros? Por tanto, o el mundo éste es infinito, como querían Meliso y el autor de la filosofía magnética, Guillermo Gilberto, o como pensaban Demócrito y Leucipo y, entre los más modernos, Bruno y Brutio, amigos tuyos y mío, Galileo, hay otros infinitos mundos (o Tierras, como dice Bruno) semejantes a este nuestro³⁹⁶.

El razonamiento de Kepler es severo. Sin embargo, en primer lugar, su apego a la tradición lo aleja de la noción del espacio infinito y, en segundo lugar, este tipo de argumentación es metafísica, o lógica si se quiere, pero no habría forma de demostrar que ello así sea. En consecuencia, el rechazo de Kepler a la existencia del universo infinito es una parte fundamental de sus concepciones cosmológicas³⁹⁷:

¿Qué otra cosa se desprende de ello, Galileo, sino que las fijas emiten sus luces desde dentro, mientras que los opacos planetas se iluminan desde fuera; esto es, para decirlo con palabras de Bruno, que aquéllas son Soles y éstos Lunas o Tierras? Con todo, para que éste no nos arrastre a su doctrina de los infinitos mundos, tantos cuantas fijas hay y todos ellos semejantes al nuestro, viene en nuestra ayuda tu tercera observación sobre la innumerable multitud de fijas, que es superior a la conocida por los antiguos, no dudando en estimar que se ven más de diez mil estrellas. Cuanto más numerosas y más frecuentes, tanto más fuerte es mi argumento expuesto en el capítulo XXI del libro sobre la nueva estrella en contra de la infinitud del mundo, que demuestra que este lugar donde moramos los hombres con nuestro Sol y los planetas es la cavidad principal del mundo, no pudiendo ocurrir que desde ninguna

³⁹⁶ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 102. Las barras son mías.

³⁹⁷ Un completo tratamiento del rechazo de Kepler a la idea del universo infinito la podemos encontrar en *Del mundo cerrado al universo infinito* de A. Koyré. Cfr. Koyré, *Del mundo cerrado al universo infinito* (México: Siglo XXI, 2000). Particularmente el Capítulo III denominado “La nueva astronomía contra la nueva metafísica”, 61-86.

*de las fijas se vea una configuración del mundo como la que se observa desde nuestra Tierra o incluso desde el Sol*³⁹⁸.

Para Kepler, de todas maneras, nuestro sistema solar como la “cavidad principal del mundo” es el centro del universo, y un universo infinito no puede tener un centro absoluto, como es su pretensión.

Por lo que respecta a Descartes, sabemos que una las partes centrales de su física o de su filosofía natural es que el universo es infinito. Esta fundamental tesis es esbozada en el *Traité de la lumière* y recabada en *Les principes de la philosophie*.

El universo infinito es para Descartes un concepto esencial que se debe anteponer a la concepción de los movimientos rectilíneos infinitos (que son los movimientos que privilegia la moderna ciencia) y, por ende, a la formulación de la ley de inercia que, como se sabe, es una de las leyes fundamentales del aparato científico moderno. Mi tesis, como se ha esbozado, es tratar de mostrar que ambas ideas son modernas y que su mutua implicación es evidente e indiscutible.

Ahora bien, se debe señalar que Descartes no habla de universo infinito. En términos cartesianos sería un universo ilimitado. Las razones no son ni filosóficas ni científicas, sino de índole religiosa, porque ya Bruno había sido acusado de herejía, pues su obra daba a entender que Dios y el universo son lo mismo, cuando hablaba de que el universo es infinito y lo único infinito que existe es Dios, lo que significaba que el infinito es Dios o Dios es el infinito.

Esto puede parecer un simple problema de semántica, pero Bruno se vio por ello en serias dificultades. De manera que Descartes asume este asunto y afirma que, si Dios es infinito, el universo es ilimitado.

No se debe intentar la comprensión de lo infinito, sino que sólo se debe pensar que todo aquello en lo que no encontramos límites, es indefinido. De este modo no nos veremos nunca envueltos en las disputas acerca

³⁹⁸ Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 134.

*de lo infinito, pues sería ridículo que nosotros, siendo finitos, intentásemos determinar algo infinito y, de esta forma, suponerlo finito, pues intentamos comprenderlo. Por tal razón, no pretendemos dar respuesta a quienes se cuestionan si la mitad de una línea finita es infinita, si el número infinito es par o impar, o bien otras cuestiones semejantes, puesto que sólo quienes se imaginan que su ingenio es infinito parecen ser los que estiman que tales dificultades han de ser analizadas. Nosotros, viendo cosas en las que, en cierto sentido, no apreciamos límites, no aseguraremos que sean infinitas por tal razón, sino que simplemente las consideramos indefinidas. De este modo y dado que no seríamos capaces de imaginar una extensión tan grande que, al mismo tiempo, impidiera concebir otra mayor, afirmaremos que la magnitud de las cosas posibles es indefinida. Y puesto que no se podría dividir un cuerpo en partes tan pequeñas que no fueran, a su vez, divisibles, concluiremos que la cantidad puede ser divisible en un número indefinido de partes. Y puesto que no seríamos capaces de imaginar tantas estrellas que excluyéramos la posibilidad de que Dios hubiera podido crear más, supondremos que su número es indefinido*³⁹⁹.

De hecho, participar en disputas en las que se hable del infinito y asignarle este adjetivo al universo, es pisar en tierras movedizas. ¿Estaba pensando Descartes en la ejecución de Bruno en 1600 y en la condena de Galileo en 1633? No cabe la menor duda. Sus prejuicios y prevenciones nos trasladan a una discusión semántica, pues, al fin y al cabo, decir que el universo es ilimitado, indefinido o infinito, es lo mismo. De este modo se interroga: “Qué diferencia hay entre indefinido [*indéfini*] e infinito [*infini*]⁴⁰⁰. Y luego responde:

De estas cosas diremos que son indefinidas [de las líneas, del número infinito] y no infinitas con el fin de reservar solamente para Dios la calificación de infinito, tanto en razón de que no observemos límites en sus perfecciones, como también a causa de que estamos muy seguros de que no puede tenerlos. En relación con todas las otras cosas, sabemos que no son tan absolutamente perfectas, puesto que, aunque en

³⁹⁹ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 37.

⁴⁰⁰ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 37.

*ocasiones observemos propiedades que nos parecen no tener límites, sin embargo conocemos que esto procede del defecto de nuestro entendimiento y no de la naturaleza de esa cosa*⁴⁰¹.

Así llegamos a la conclusión definitiva:

*La extensión del mundo es indefinida. También sabemos que este mundo, es decir, la materia extensa que compone el universo, no tiene límites, puesto que, cualquiera que fuera la parte en la que deseemos fingir estos límites, aún podemos imaginar un más allá de los espacios indefinidamente extensos, que nosotros no sólo imaginamos, sino que concebimos ser en efecto tales como los imaginamos; de suerte que contienen un cuerpo indefinidamente extenso, porque la idea de la extensión que nosotros concebimos en un espacio, cualquiera que sea, es la verdadera idea que debemos tener del cuerpo*⁴⁰².

Si la materia y el espacio son conceptos isomórficos, y si el universo está constituido de un espacio indefinido, la materia es también indefinida y lo llena por todas partes o en todas direcciones, sin dejar un solo intersticio para el vacío. El vacío no puede suponer el espacio indefinido y viceversa, tal como fueron las motivaciones de muchos filósofos clásicos y aun de algunos modernos, para poder aceptar la finitud del mundo.

Así pues, ¿esta tesis cartesiana es una simple especulación metafísica? ¿O es producto de sus divagaciones racionalistas? Por primera vez en el siglo XVII y en la historia del pensamiento científico, tenemos una concepción física de las dimensiones del universo, porque las razones cartesianas para sustentar la infinitud del universo, aunque no se basan en demostraciones experimentales –como las actuales teorías sobre esta cuestión–, sí se apoyan en argumentaciones lógicas –o si se quiere matemáticas– que lo dan como un supuesto para que sea la condición de posibilidad de la existencia de los movimientos rectilíneos infinitos; es decir, que la inercia cartesiana sólo es posible

⁴⁰¹ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 37-38.

⁴⁰² Descartes, *Los principios de la filosofía*, 85-86.

en un espacio infinito. Sabemos que en tiempos de Descartes es imposible demostrar experimentalmente que un cuerpo se mueva, en ausencia de fuerzas, en línea recta. Podríamos concebir tal cuerpo como un punto geométrico que se mueve por una línea recta infinita, en un espacio indefinido. Esto quiere decir que el espacio indefinido que él concibe es geométrico como nos lo hace saber en el *Discours*: "...y habiéndome propuesto el objeto de los géómetras, que concebía como un cuerpo continuo o un espacio indefinidamente extenso en longitud, anchura y profundidad, divisible en diversas partes, que podían tener diversas figuras y magnitudes, así como ser movidas y trasladadas en todas las direcciones, pues los géómetras suponen esto en su objeto..."⁴⁰³.

Desde este punto de vista, la concepción del universo infinito y los cuerpos que en ausencia de fuerzas se mueven en línea recta indefinidamente son nociones modernas en todo el sentido de la palabra, que no están fuera del increíble avance del pensamiento científico de esta época. Tal vez esta noción física del universo fue rechazada o no tenida en cuenta por la historia del pensamiento científico por diversas causas que se encuentran fuera de la esencia misma de sus teorías: de pronto el exagerado deductivismo racionalista o la enunciación de un universo lleno de materia extensa en longitud, anchura y profundidad, o de cuerpos materiales constituidos de pequeñas partículas en movimiento o en reposo.

En conclusión, la moderna concepción del universo infinito, con todas las implicaciones o consecuencias, que ello conlleva, en el plano de la ciencia y de la filosofía modernas, se la debemos no tanto a Bruno o al mismo Newton, como sí a Descartes.

Concepción del movimiento

Es necesario dedicarle unas líneas a la noción de movimiento que es uno de los conceptos físicos más interesantes de Descartes. En

⁴⁰³ Descartes, *Discurso del método...*, 27.

resumen, debemos decir que él debe superar dos ideas fundamentales del movimiento que están en boga en la primera mitad del siglo XVII: la aristotélica con su concepción de movimientos circulares infinitos y rectilíneos finitos en un espacio cerrado por la esfera de las fijas; y la copernicana y su espacio geométrico, también cerrado, en el que sólo existen los movimientos naturales circulares, por ejemplo, los movimientos naturales de la Tierra –de rotación, traslación y precesión de los equinoccios–.

Ya se han mencionado algunas cuestiones que tienen que ver con lo que Descartes entiende por movimiento: 1) una definición inicial, muy simple, que conceptúa el movimiento como un móvil que se desplaza de un lugar a otro, de un punto A a un punto B; 2) por ende, esta definición se enmarca en la idea moderna de que el movimiento es el movimiento local o teoría del cambio de lugar, que, a su vez, no es la idea aristotélica del movimiento; 3) que la res extensa –tanto los cuerpos como las pequeñas partículas que los constituyen– están en movimiento o, en su defecto, en reposo, llenando todo el universo; 4) por lo tanto, que el vacío no existe, de donde se sigue que los cuerpos y las partículas no se mueven en el vacío, sino en un universo lleno por todas partes de materia; 5) que dichos movimientos están regidos por leyes –las tres mencionadas– que ordenan el mundo; 6) y la tesis de que el universo no tiene límites, es decir, que es infinito.

En líneas anteriores decíamos que la noción de movimiento de Descartes, que conocíamos hasta el momento, es muy simple; esta definición aparece por primera vez en el *Traité de la lumière*, pero en *Les principes* es más compleja. De hecho, en este último es el punto de partida para poder explicar lo que *realmente* entiende por movimiento, además, que en el contexto del primero tenía que ver con la idea de presentar una definición sencilla para poderla anteponer a la compleja definición aristotélica del movimiento –e incluso ridiculizarla–: *motus est actus entis in potentia, prout in potentia est*. En otras palabras, su concepto del movimiento no es tan simple como puede parecer a primera vista.

En el párrafo 24 de la Segunda Parte de *Les principes de la philosophie* encontramos planteada esta idea:

El movimiento (es decir, aquel movimiento que se desarrolla desde un lugar a otro, pues es el único que concibo y tampoco creo que sea preciso suponer otro en la naturaleza), no es otra cosa, tal y como de ordinario se entiende, que LA ACCIÓN POR LA CUAL UN CUERPO PASA DE UN LUGAR A OTRO LUGAR. Y de igual modo que anteriormente hemos señalado que una misma cosa en un mismo tiempo cambia de lugar y no cambia, de igual modo podemos decir que se mueve y no se mueve. Es así, pues, por ejemplo, quien está sentado en la popa de un barco al que el viento impulsa, cree moverse cuando solamente presta atención a la ribera de la que ha partido y a la que considera inmóvil, y no cree moverse cuando solamente atiende al barco sobre el que se encuentra por cuanto no cambia de situación respecto de sus partes⁴⁰⁴.

Es lo que Descartes define por movimiento según el uso común, si atendemos al título del párrafo citado⁴⁰⁵. Sin embargo, se deben nombrar los siguientes aspectos: en primer lugar, que Descartes entiende por todo movimiento, en esta primera definición, el desplazamiento de un lugar a otro de un móvil o de un cuerpo, o sea, el recorrido de una substancia extensa de un punto determinado a otro; en última instancia, se refiere sólo al movimiento local. Y, en segundo lugar, que, aunque, según el mismo Descartes, los estados de movimiento y reposo sean contrarios, sólo pueden ser percibidos si dichos estados tienen un punto de referencia para poderlos determinar.

¿Estamos hablando entonces de un principio de relatividad del movimiento? En Descartes este principio no aparece formulado como tal o como una ley de la naturaleza. Podríamos decir que su noción de la relatividad es incipiente y no presenta los niveles de elaboración que encontramos en Galileo –incluso en Copérnico y en Bruno–, pues éstos lo presentan como uno de los argumentos por los

⁴⁰⁴ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 87.

⁴⁰⁵ El título del párrafo 24 de la Segunda Parte es: “Sobre lo que es el movimiento según el uso común.” (Descartes, *Los principios de la filosofía*, 87).

cuales es posible explicar que la Tierra tiene movimientos, el cual no percibimos, porque observamos desde ella.

En el caso de Descartes este argumento es útil para mostrar que sólo percibimos el movimiento o el reposo de un cuerpo cualquiera, siempre y cuando tengamos, como se dijo, un punto de referencia. Y eso, al menos, nos acerca a la idea moderna del movimiento, pues establece distancias enormes con respecto a la noción peripatética del movimiento y el reposo.

Ahora bien, antes de continuar tratando el problema del movimiento, debemos precisar primero el concepto de *lugar* que aparece en la definición citada anteriormente. ¿Qué entiende Descartes por *lugar*? ¿Lo mismo que el espacio? Ya se ha mencionado que por *espacio* él entendía una entidad única, infinita y llena de materia –en todas direcciones– en la que el vacío no existe. Por estar lleno de materia es la razón por la cual no hay diferencia entre él y la extensión. Recordemos que la materia es extensa en longitud, anchura y profundidad, por lo que dichos atributos participan también de la esencia del espacio. Descartes lo explica así:

En qué sentido se puede afirmar que el espacio no difiere realmente del cuerpo que contiene. Fácil será conocer que la misma extensión que constituye la naturaleza del cuerpo, constituye la naturaleza del espacio, y que no difieren entre sí sino como la naturaleza de la especie o del género difiere de la del individuo: si para determinar mejor la verdadera idea que tenemos de algún cuerpo, tomamos por ejemplo una piedra y retiramos de ella cuanto sabemos que no pertenece a la naturaleza del cuerpo; esto es, quitemos, en primer lugar, la dureza, puesto que si pulverizamos esta piedra, perdería su dureza y, por ello, no dejaría de ser cuerpo; quitémosle también el color, puesto que hemos visto en ocasiones piedras tan transparentes que no tenían color; quitémosle también el peso, pues vemos que el fuego, aun cuando sea muy ligero, no deja de ser considerado cuerpo; quitémosle el frío, el calor y todas las otras cualidades de este género, puesto que no pensamos que estén en la piedra, o puesto que no pensamos que esta piedra cambie de naturaleza porque nos parece en unos momentos fría y en otros caliente. Después de haber examinado de

*esta forma la piedra, hallaremos que la verdadera idea que de ella tenemos consiste solamente en que nosotros apercibimos distintamente que es una substancia extensa en longitud, anchura y profundidad; esto mismo está ya comprendido en la idea que tenemos del espacio...*⁴⁰⁶

Así pues, se entiende por *lugar* lo que indica la situación de un cuerpo en relación con otros que se encuentran en la proximidad. Para determinar el lugar en el cual hay un cuerpo en reposo o el que uno desocupa para ocupar otro, es necesario que tenga alguno o varios cerca de él; esto quiere decir que la condición para señalar un lugar en el que está ubicado un cuerpo es que otros le sirvan como punto de referencia. Sin embargo, si pensamos el lugar en estos términos hay que decir que él toma la forma del cuerpo que lo ocupa, es decir, la extensión en longitud, anchura y profundidad. Lo que quiere decir que, de alguna manera, espacio y lugar son lo mismo, dado que si un lugar es abandonado será llenado por otro cuya materia es la misma, ya sea aire, líquido o sólido, porque al fin y al cabo la materia es la misma, es decir, extensa en longitud, latitud y profundidad. ¿Entonces, en qué difieren? Descartes lo responde así: "... el lugar y el espacio difieren en razón de sus nombres porque la palabra lugar nos señala de modo más expreso la situación que la magnitud o la figura; por el contrario, pensamos más bien en la magnitud y en la figura cuando se habla de espacio"⁴⁰⁷. El lugar y el espacio se diferencian sólo en el nombre, es decir, que son la misma cosa. En otras palabras, esta diferencia la hacemos en lenguaje común para manifestar los modos en que se mueven los cuerpos, pero en nada afecta lo que, en términos físicos, significan el espacio y el lugar, y su relación isomórfica con la materia. Esto quiere decir, en fin, que los denominados –en nuestra forma ordinaria de hablar– *espacios o lugares*, son percepciones sensibles o, más bien, representaciones que nos hacemos del mundo de la experiencia, porque, si lo expresáramos de manera correcta, tendríamos que decir que el espacio es uno y, por ende, el lugar también. Nos acercáramos a una descripción *común* de los diversos lugares que ocupan los cuerpos que hay en el

⁴⁰⁶ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 78-79.

⁴⁰⁷ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 80-81.

universo, siempre y cuando podamos diferenciar los lugares internos y los externos para poder representarnos objetos. De forma clara Descartes lo expresa así:

Así pues, nunca distinguimos el espacio de la extensión en longitud, anchura y profundidad; sin embargo, consideramos algunas veces el lugar como interno a la cosa, que está en él, y, a veces, como si fuese externo a la cosa. El lugar interno no difiere en forma alguna del espacio; pero el lugar externo lo tomamos, en algunos casos, bien por la superficie que rodea inmediatamente la cosa que está situada, debiendo notarse que por superficie no debe entenderse parte alguna del cuerpo que rodea, sino solamente el límite que se encuentra entre el cuerpo que rodea y el que es rodeado, que no es sino un modo o una forma; el lugar externo bien podemos tomarlo por la superficie en general, que no es parte de un cuerpo más bien que de otro y que siempre parece la misma, en tanto que es de la misma magnitud y la misma figura. Pues, aunque veamos que el cuerpo que rodea a otro cuerpo pasa a otra parte con su superficie, no tenemos costumbre de afirmar que el cuerpo envuelto haya cambiado de lugar cuando se mantiene en la misma situación respecto de los otros cuerpos a los que consideramos como inmóviles⁴⁰⁸.

Es decir, el lugar interno coincide con la extensión del cuerpo, mientras que el externo es sólo el límite o superficie, que es “un modo o una forma” que no hace parte del cuerpo en su esencia. Pero, aunque hagamos estas consideraciones acerca del lugar interno y del externo, de todas maneras, tendríamos que concluir que, en términos genéricos, el lugar es uno –como lo es el espacio y la materia–, pues, al fin y al cabo, todos tienen en común la extensión en longitud, anchura y profundidad.

Ahora bien, como se ha dicho, nos interesa en este aparte desarrollar la concepción del movimiento, y comenzamos por la definición que da Descartes del movimiento según la idea corriente que tenemos de él. También mencionamos que su noción del movimiento es más

⁴⁰⁸ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 81-82.

compleja de lo que parece ser. Así pues, en *Les principes de la philosophie* encontramos el siguiente texto:

Sobre lo que es el movimiento propiamente dicho. Ahora bien, si en vez de satisfacernos con lo que solamente tiene como fundamento el uso ordinario, deseamos saber lo que en verdad es el movimiento, diremos, con el fin de atribuirle una naturaleza determinada, que es LA TRASLACIÓN DE UNA PARTE DE LA MATERIA O DE UN CUERPO DE LA VECINDAD DE LOS QUE CONTACTAN INMEDIATAMENTE CON ÉL Y QUE CONSIDERAMOS COMO EN REPOSO A LA VECINDAD DE OTROS. Entiendo por UN CUERPO o bien por UNA PARTE DE LA MATERIA todo lo que es transportado a la vez, aunque esté compuesto de partes diversas que emplean su agitación para producir otros movimientos. Y digo que es LA TRASLACIÓN y no digo la acción o la fuerza que transporta con el fin de mostrar que el movimiento siempre está en el móvil y no en aquel que mueve, pues me parece que no existe costumbre de distinguir con cuidado estas dos cosas. Además, entiendo que es una propiedad de la cosa que tiene figura y el reposo lo es de la cosa que está en reposo⁴⁰⁹.

Y agrega:

El movimiento y el reposo sólo son dos formas del cuerpo en el que se dan. Pero puesto que aquí no estamos tratando de la acción que se produce en el que mueve o en quien detiene el movimiento, y puesto que consideramos principalmente la traslación o el reposo, es evidente que esta traslación no es nada fuera del cuerpo que se mueve, sino que solamente un cuerpo se encuentra dispuesto de otra forma cuando está siendo transportado que cuando no lo está. De suerte que el movimiento y el reposo sólo son dos diversas formas del cuerpo⁴¹⁰.

Si como habíamos dicho, con Descartes, que no podemos establecer diferencias entre espacio, lugar y materia, salvo por sus nombres, y que el movimiento, según el uso corriente, es el desplazamiento de

⁴⁰⁹ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 87-88.

⁴¹⁰ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 89.

un cuerpo de un lugar a otro –como si existiesen dos lugares o más en la naturaleza–, es necesario, según él, precisar en qué consiste el movimiento. La definición que aparece en la anterior cita supone, de hecho, la existencia de un universo lleno de materia por todas partes, esto es, el movimiento es el desplazamiento o traslación de un cuerpo –o parte de la materia– desde la proximidad de otros cuerpos que están en reposo, hasta la vecindad de otros cuerpos que también están en reposo. Lógicamente que cualquier cuerpo que está en reposo se encuentra en este estado sólo en relación con otros cuerpos que también lo están.

En una definición planteada de esta forma es fundamental preguntarse por la causa de esa traslación o, lo que es lo mismo, interrogarse por aquello que la hace posible. En términos comunes responderíamos que un cuerpo tiene movimiento porque una fuerza exterior, o cierto *ímpetus*, o un motor, hace que se mueva de determinada forma. En la física cartesiana la causa del movimiento se explica de otro modo: el movimiento está en el móvil o en el cuerpo que se está moviendo, es decir, que todo móvil –según las dos primeras leyes de la naturaleza– tiende a moverse en línea recta infinitamente, a no ser que una fuerza se lo impida. Esto significa que un cuerpo se mueve por sí mismo y que, por el contrario, la fuerza –o cualquier tipo de fuerzas– impide el movimiento, que de suyo es rectilíneo e infinito. Por otro lado, si un cuerpo está en reposo, éste se encuentra en el mismo cuerpo y no en alguna fuerza exterior que le imponga ese estado, sí y sólo sí, aceptemos la primera ley de la naturaleza. Las fuerzas exteriores impiden el movimiento o el reposo de todos los cuerpos del universo, no son su causa. En otras palabras, para la comprensión del movimiento en la filosofía de la naturaleza de Descartes, es fundamental enmarcarla en su concepción de la inercia y en la idea de privilegiar el movimiento rectilíneo infinito, esto es, en sus dos primeras leyes de la naturaleza.

Para efectos de la construcción del concepto de movimiento en la modernidad, como lo entienden Galileo y Newton, el cartesiano se encuentra lejos del de estos dos. Sin embargo, creo, como se ha expresado, que Descartes no deja de ser un interlocutor para los

debates que sobre el tema se dan en el siglo XVII y, sobre todo, la importancia de sus tesis en la conformación del concepto newtoniano del movimiento.

Constitución material del universo

Entre los múltiples escritos de los principales autores modernos – Copérnico, Bruno, Brahe, Kepler y Galileo– nunca faltaron sus especulaciones cosmológicas. Es más, ellas se constituyeron en el eje central de cada uno de sus sistemas filosófico-científicos. Descartes no está libre de esta tendencia, pues, sus apreciaciones cosmológicas ocupan gran parte de su obra. Éstas las hallamos en el *Traité de la lumière*, *Les météores* y *Les principes de la philosophie*. En ninguna otra de sus obras las encontramos, pues sus preocupaciones sobre diversos temas lo llevaban a especificar tratados, ya sea de metodología científica, metafísica, geometría o filosofía práctica.

Ahora bien, para desarrollar su cosmología debemos considerar dos presupuestos: en primer lugar, que el universo no tiene límites, es decir, que es infinito; y, en segundo lugar, que está lleno de materia por todas partes –que es, además, una–, por lo que no existe el vacío.

El Sol inmóvil en el centro de nuestro mundo

Para Descartes el Sol se encuentra en el centro del mundo o, en términos más con- temporáneos, de nuestro sistema solar. En la Tercera Parte de *Les principes* anota que: “... podemos pensar que el Sol tiene en común con las estrellas fijas que no se desplaza de una a otra región del cielo”⁴¹¹. O sea, que no tiene movimiento de traslación y por lo tanto de rotación sobre su eje, es decir, que se encuentra en reposo en el lugar en el que está ubicado. Una aseveración de este tipo en un texto de 1644 es bastante notoria por lo siguiente:

⁴¹¹ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 131. Las barras son mías.

- a. Se asume que el Sol es el centro de nuestro sistema solar, es decir, que es una estrella como las demás fijas que vemos en el cielo –no necesariamente en el centro absoluto, sino, como punto alrededor del cual giran los planetas–. Cada una de ellas es un sistema solar con sus propios planetas, como lo había expresado Giordano Bruno.
- b. El Sol sin movimientos es una herencia de la astronomía matemática de Copérnico, que lo concebía de esta forma, por lo que indicamos en su momento que su sistema del mundo no era heliocéntrico –pues no estaba en el centro absoluto del mundo–, sino heliostático. Más exactamente, el sistema del mundo que concibe Descartes es heliostático.
- c. Para cuando Descartes escribe los principios en 1644, ya Galileo había demostrado matemáticamente⁴¹² –en un texto que publica en 1612 sobre las manchas solares– el desplazamiento de las manchas solares con la superficie del Sol, es decir, que el Sol rotaba sobre su eje.

También es oportuno mencionar dos cosas: en primer lugar, que el Sol tiene luz propia como cada una de las estrellas fijas. En *Les principes* lo enuncia de este modo: “... el Sol tiene en común con la llama y con todas las estrellas fijas que de él surge la luz, *la cual no recibe de otro cuerpo...*”⁴¹³ Esta característica lo hace diferente –con las estrellas fijas– de los planetas de nuestro sistema solar y de todos los sistemas del universo, pues son cuerpos opacos que tienen luz propia. Es la razón por la cual no se pueden percibir a simple vista planetas de esos otros sistemas, pues la luz que reflejan no tiene la intensidad de una estrella que la tiene porque el cuerpo opaco la refleja. Sin embargo, vemos la luz de los cinco planetas de nuestro sistema debido a la proximidad de esos cuerpos celestes con respecto a nosotros y al Sol, pues ellos la reflejan –recordemos que ya Galileo había demostrado esto en 1611, cuando observó las fases de Venus–.

⁴¹² Véase toda la demostración matemática en: Galileo y Kepler, *El mensaje y el mensajero sideral*, 166-172.

⁴¹³ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 131.

Y, en segundo lugar, que a pesar de que el Sol no tenga movimientos, todas las partes de su superficie lo tienen. Así lo explica Descartes:

*... imaginemos también que [el Sol] es semejante a la llama en lo que se refiere a su movimiento y que es semejante a las estrellas fijas en lo que concierne a su situación. [...] Pero, sin embargo, su movimiento sólo consiste en que cada una de estas partes se mueve separadamente pues toda la llama no pasa por ello de un lugar al otro a no ser que sea transportada por algún cuerpo al que está unida. Así, nosotros podemos creer que el Sol está compuesto de una materia muy líquida y cuyas partes están tan altamente agitadas que arrastran consigo las partes próximas del cielo y las que le circundan...*⁴¹⁴

Para entender mejor esta idea debemos considerar, ante todo, que la materia que hay en el universo –incluidos todos los cuerpos celestes– es única y está compuesta de pequeñas partículas que se pueden dividir hasta el infinito. Pero esa materia se nos presenta a nosotros en tres estados: sólido, líquido y aire, o lo que es lo mismo –en términos de la filosofía clásica–, en tres elementos: tierra, fuego y aire. En el *Traité de la lumière* se explica así:

Concibo el primer elemento –al que puede llamarse fuego– como el líquido más sutil y penetrante que hay en el mundo. Y, siguiendo lo que se ha dicho más arriba acerca de la naturaleza de los líquidos, imagino que sus partes son mucho menores y se mueven mucho más deprisa que las de los otros cuerpos. O, mejor –para no estar obligado a admitir el vacío en la naturaleza–, no le atribuyo partes con figura y tamaño determinados, sino que me persuado de que basta la impetuosidad de su movimiento para que, por colisión con otros cuerpos, se divida en todas las formas y sentidos y para que sus partes cambien de figura continuamente adaptándose a los lugares donde entran, de modo que en las partes de los otros cuerpos no exista paso tan estrecho ni ángulo tan pequeño por donde las partes de este elemento no puedan penetrar sin dificultad, llenándolos por completo.

⁴¹⁴ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 131. Las barras son mías.

Concibo también el segundo –al que puede tomarse por el elemento aire– como un líquido muy sutil en comparación con el tercero, pero, comparándolo con el primero, es preciso atribuir a cada una de sus partes algún tamaño y figura, e imaginarlas casi redondas y como granos de arena y polen cuando están juntas. De este modo, no se pueden disponer ni comprimir entre sí sin que queden siempre a su alrededor numerosos intervalos diminutos, en los que le es más fácil deslizarse al primer elemento que no a estas partes cambiar especialmente de figura para llenarlos. Y así me persuado de que este segundo elemento no puede hallarse puro en ningún lugar del mundo, esto es, sin contener siempre algo de la materia del primero.

Además de estos dos elementos sólo admito un tercero, a saber, el de la tierra, del que juzgo que sus partes son tanto mayores y se mueven tanto más despacio, en comparación a las del segundo, como éstas en comparación a las del primero. Asimismo, creo que es conveniente concebirlo como una o varias masas grandes cuyas partes tienen poco o incluso carecen de movimiento que les haga cambiar de situación en relación unas con otras⁴¹⁵.

En conclusión, si el Sol tiene fuego propio, la materia de la que está constituido es materia líquida, pues el fuego es líquido –como el aire, pero más sutil–; por el contrario, el elemento tierra está hecho de materia dura, teniendo siempre en cuenta que toda esa materia es la misma, que está compuesta de partículas en movimiento o en reposo –según el caso– y que es extensa en longitud, anchura y profundidad. Por otro lado, la composición de estos elementos explica por qué los cielos son líquidos, es decir, los espacios que hay entre los planetas y entre las estrellas fijas están llenos de materia líquida, o sea, de aire y fuego; así también, la materia del Sol es líquida o, lo que es lo mismo, puro fuego, como la de todas las estrellas fijas; y los planetas opacos son “tierras” o, en otras palabras, están hechos del elemento tierra, que es duro y pesado, lo que significa que la Tierra y los infinitos planetas del universo que giran alrededor de las infinitas estrellas o soles, están constituidos del mismo elemento material.

⁴¹⁵ Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 85 y 87.

Las distancias interplanetarias

Una de las preocupaciones de los clásicos sistemas del mundo es el tamaño del universo. Como sabemos, este problema ocupó un lugar de privilegio en las explicaciones de Ptolomeo y Copérnico. El mundo de Ptolomeo –como el de la gran mayoría de los cosmólogos antiguos– es muy pequeño, siendo el tamaño de la Tierra muy grande con respecto a la distancia existente entre el centro del mundo y la esfera límite. En términos técnicos esto significaba que dos observadores que se ubicaran en distintos puntos de la Tierra para observar una misma estrella, podrían establecer, entre ambos, un ángulo determinado que se denomina paralaje.

Por el contrario, el mundo de Copérnico es más grande. Como se ha visto, para Copérnico, si dos observadores ubicados en distintos lugares de la Tierra miran la misma estrella no establecen ningún ángulo, es decir, que hay ausencia de paralaje, y si esto es así, el tamaño de la Tierra es insignificante y la distancia Tierra-Sol es pequeñísima, con respecto a la enorme distancia que hay entre el centro del mundo y la esfera de las fijas.

Como en Descartes ya no encontramos la idea de un universo cerrado por las fijas, sino un universo ilimitado –o infinito que es lo mismo–, su preocupación se centrará en mostrar las enormes distancias que hay entre los cuerpos celestes que constituyen nuestro sistema solar. Es bueno aclarar que Descartes no es astrónomo-matemático como Copérnico o Kepler, ni astrónomo experimental como Galileo. Todas sus teorías sobre la estructura y composición del universo son especulativas o si se quiere, metafísicas o racionalistas; razón por la cual en gran parte de las historias de las ciencias o de la filosofía, las referencias acerca de estos asuntos son casi nulas. Ni qué decir de la tradición científica positivista que ha eliminado de la ciencia todo tinte de metafísica o racionalismo cartesiano.

Ahora bien, esta cuestión Descartes la desarrolla desde los siguientes aspectos: las dimensiones y la proporción de las distancias que hay entre la Tierra, el Sol y la Luna; y la distancia entre el Sol y los otros

planetas, y entre la Tierra y las estrellas fijas. Sin embargo, estas descripciones no son obtenidas por la experiencia o por la observación de fenómenos, sino, mediante deducciones desde primeros principios. Así, antes de comenzar a hacer dichas descripciones en *Les principes*, Descartes pone como condición de posibilidad para desarrollar este asunto asumir que ellas se encuentran enmarcadas en un sistema deductivo desde primeras causas:

*Los principios que he explicado son tan amplios que pueden ser deducidas muchas más cosas de las que nosotros vemos en el mundo y muchas más de las que podríamos abarcar con el pensamiento a lo largo de toda nuestra vida. Esta es la razón por la que procederé en este lugar a realizar una breve descripción de los principales fenómenos, cuyas causas deseo investigar; descripción que no realizo con la finalidad de obtener a partir de la misma razones que sirvan para probar lo que he de exponer, pues tengo el propósito de explicar los efectos por sus causas y no las causas por sus efectos, sino con el fin de que podamos seleccionar entre una infinidad de efectos que pueden ser deducidos de las mismas causas, aquellos que principalmente debemos intentar deducir a partir de ellos*⁴¹⁶.

- a. Las dimensiones y la proporción de las distancias que hay entre la Tierra, el Sol y la Luna. En *Les principes* escribe:

*Nos parece que la Tierra es de dimensiones muy superiores a las que poseen todos los otros cuerpos que hay en el mundo, y que la Luna y Sol son de mayores dimensiones que las estrellas. Ahora bien, si corregimos el error de nuestra visión mediante infalibles razonamientos, conoceremos, en primer lugar, que la distancia a la que la Luna se encuentra de la Tierra es equivalente a unos treinta diámetros de la Tierra y que el Sol se encuentra a una distancia equivalente a seiscientos o setecientos diámetros; asimismo, comparando estas distancias con el aparente diámetro del Sol y de la Luna, hallaremos que la Luna es más pequeña que la Tierra y que el Sol es mucho más grande que la Tierra*⁴¹⁷.

⁴¹⁶ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 123-124.

⁴¹⁷ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 124.

¿Cómo demostrar que ello es así? No hay forma de hacerlo. Afirmaciones como que la Tierra es más grande que el resto de planetas de nuestro sistema, que la Luna es más pequeña que la Tierra y ésta más pequeña que el Sol y, además, el cálculo numérico de las distancias Tierra-Luna y Tierra-Sol, no tienen otra explicación distinta, según Descartes, a que ellas son sometidas a “infalibles razonamientos”. No existe el recurso a la verificación empírica o la demostración matemática. Si comparamos, por ejemplo, los cálculos que en su momento hizo Aristarco de Samos sobre los tamaños relativos de la Tierra, el Sol y la Luna, y de las distancias que hay entre ellos, no podríamos decir cuál de ellas es más correcta, porque no hay forma de demostrarlo. Es decir que, a pesar de que las hipótesis cartesianas se formulan en pleno siglo XVII, aún mucho después de las tres leyes del movimiento planetario de Kepler, no son ni más exactas ni mejores que las de Aristarco. Todo se reduce a que son producto de las luces de la razón.

- b. La distancia entre el Sol y los otros planetas, y entre la Tierra y las estrellas fijas. “Conocemos también por medio de nuestros ojos cuando están asistidos por la razón que la distancia a la que Mercurio se encuentra del Sol es equivalente a doscientos diámetros de la Tierra; que Venus está a más de cuatrocientos; que Marte está a más de novecientos o mil diámetros; que Júpiter se encuentra a más de tres mil y que Saturno se encuentra a cinco o seis mil”⁴¹⁸. Y complementa:

*En relación con las estrellas fijas y ateniéndonos a sus apariencias, no debemos creer que están más próximas a nosotros o al Sol de lo que está Saturno; nada apreciamos que nos impida suponer que están más alejadas, hasta alcanzar una distancia indefinida. Es más, podremos concluir a partir de lo que he de exponer en relación con los movimientos de los cielos, que están tan alejadas de la Tierra, que Saturno, en comparación con la distancia a que ellas se encuentran, está muy próximo a la Tierra*⁴¹⁹.

⁴¹⁸ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 124.

⁴¹⁹ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 125.

No hay ninguna lógica numérica o matemática que sustente estas distancias presentadas por Descartes. En el caso de los planetas, no tienen que ver con los períodos alrededor del Sol, que ya habían sido medidos observacionalmente por los antiguos y corroborados por los mismos modernos; además, demostradas esas proporciones –entre las distancias medias del Sol a los planetas y los períodos de éstos– por la tercera ley del movimiento planetario de Kepler. Tampoco hay demostraciones matemáticas o experimentales –observacionales– de esas cifras y, sobre todo, que tales demostraciones, según Descartes, no son necesarias, pues, esas distancias son deducidas de los primeros principios. Si pensamos en las conclusiones acerca de las distancias Tierra–Saturno y la Tierra y las fijas, esta argumentación no es distinta a las expuestas por Copérnico en el *De Revolutionibus*, cuando habla del tamaño del universo. Ahora bien, las demostraciones matemáticas deberían sustentarse en la medición de fenómenos observables, sin embargo, Descartes no toma en cuenta la experiencia, y ésta no es el punto de partida para el verdadero conocimiento del mundo, sino, que las matemáticas por sí solas deberían bastar para ello e imponer su criterio frente al falaz mundo de la *empiria*. En el caso de las demostraciones experimentales o que se verifiquen por la experiencia –por sí mismas, sin el recurso a la matemática–, Descartes piensa que éstas tienen que estar “asistidas por la razón”, es decir, que una correcta descripción del mundo, que permita su conocimiento, sólo es posible si la razón dicta las condiciones a la experiencia, pues debemos conocer, además de lo que vemos, lo que no podemos ver, o sea, incluso, todo aquello que no percibimos por los sentidos.

Habría que decir que si partimos del hecho de que la física cartesiana pertenece a un sistema de pensamiento en el que hay ausencia de demostraciones matemáticas o experimentales, la ciencia del siglo XVII –al estilo de la metodología galileana, que al fin y al cabo fue la que brindó las directrices a los programas de investigación científica modernos– considera que juicios de este tipo se quedan en el plano de la especulación racionalista, sin ninguna adherencia a lo que los modernos entendieron por ciencia. Es claro que no hay manera de

demostrar lo dicho. Y si la ciencia es demostrativa, el sistema cartesiano falla por el excesivo racionalismo que es producto de la estructura de su pensamiento deductivista desde primeros principios metafísicos. De nuevo, habría que reiterar que esa es la razón por la cual su ciencia de la naturaleza fue eliminada de la historia de la cientificidad moderna.

Los torbellinos celestes

¿Cómo se mueven los cuerpos celestes y los cielos en general? ¿Cuáles son las causas de esos movimientos? Estos son algunos de los principales problemas que se les presentaban tanto a los cosmólogos de la antigüedad como a los modernos. Para la primera mitad del siglo XVII, esto no había sido solucionado satisfactoriamente. De ahí que encontremos en la filosofía de la naturaleza de Descartes arriesgadas soluciones sobre la cuestión.

Las explicaciones cartesianas sobre los movimientos que hay en los cielos se enmarcan en el orden deductivo desde principios metafísicos, principios físicos y principios o leyes de la naturaleza, es decir, que ellas no están fuera del sistema de pensamiento que propone en la totalidad de su obra científica. Por tal razón, hay que tener en cuenta, como se ha afirmado, con Descartes, que el infinito universo sólo posee los tres elementos primarios: tierra, aire y fuego –sin espacios vacíos–; y que, a su vez, no existe diferencia entre ellos, pues están compuestos de minúsculas partículas divisibles constituidas de la misma materia, cuya característica es ser extensa en longitud, anchura y profundidad. Además, en los cielos hay fuego y aire, y ellos son líquidos, siendo más sutil el primero que el segundo. Sin embargo, es bueno recordar que el Sol y las infinitas estrellas fijas son puro fuego y que los innumerables planetas opacos –como la Tierra y los otros cinco de nuestro sistema– son pesados y están hechos del elemento tierra.

Ahora bien, ateniéndonos a estos aspectos mencionados es importante insistir sobre lo que nos ocupa. ¿Cuál es la causa que hace

posible los diversos movimientos que observamos –y también de los que no vemos–? Para Descartes, es fundamental que partamos de la idea de la composición corpuscular de la materia del universo. En el *Traité de la lumière* anota que en el espacio se encuentran “... partículas que se mueven separadamente unas de otras con un movimiento muy rápido y violento, y que, agitándose de este modo, impelen y mueven consigo las partes del cuerpo al que tocan sin ofrecerles demasiada resistencia”⁴²⁰. Ese movimiento tan rápido y violento de las partículas que “impelen y mueven consigo las partes del cuerpo al que tocan” es la causa de que los cielos y los planetas se muevan de manera determinada. Todos ellos tienen movimientos circulares –o aproximadamente circulares– alrededor de un centro, que es siempre una estrella fija como el Sol. A esos movimientos Descartes los denominó *torbellinos*, es decir, una cantidad inmensa de materia que se mueve alrededor de un centro, en donde los pesados planetas son llevados o “arrastrados” por la materia líquida que compone los cielos.

Así, en primer lugar, cuando decimos *cielo* nos referimos, según Descartes, a cada uno de los sistemas solares independientes; por lo que sólo es visible nuestro cielo –el primero– y el segundo cielo –el más próximo a nosotros– que es el conjunto de estrellas más cercanas a nosotros. En *Les principes* lo plantea así:

Tres cielos pueden distinguirse en el universo. No será sin razón que considere toda la materia comprendida en el espacio AEI, que da lugar a un torbellino alrededor del centro S, como el primer cielo; toda la materia que conforma un gran número de otros torbellinos en torno a los centros E, y semejantes, como el segundo; finalmente, toda la que está más allá de estos dos cielos como el tercero. Asimismo, estoy persuadido que el tercero es inmenso respecto del segundo, al igual que el segundo es inmenso respecto del primero. Ahora bien, no tendré en este lugar oportunidad de hablar de este tercer cielo, puesto que no constatamos en él cosa alguna que pueda ser vista por nosotros en esta vida y sólo he asumido tratar del mundo visible. De igual modo, considero todos los torbellinos que se

⁴²⁰ Descartes, *El mundo. Tratado de la luz*, 55.

*generan en torno a los centros F, f como un solo cielo, puesto que no nos parecen diferentes y deben ser todos ellos considerados de igual forma*⁴²¹.

Donde S es el sol, y F y f las diversas estrellas fijas visibles desde la Tierra. De esta manera, no observamos el tercer cielo debido a que el universo es infinito y nuestros sentidos no pueden hacerlo, pero sí deducimos que hay innumerables torbellinos que llenan esa infinitud cuya materia es siempre la misma. En segundo lugar, los planetas de nuestro sistema solar –incluida la Tierra, pues como se ha podido entrever, Descartes acepta el heliostaticismo de Copérnico– y todos los que hay en el universo, tienen movimientos alrededor de un centro que es una estrella fija cualquiera. Y, como se ha dicho, todos ellos son transportados por la materia líquida del cielo. Por ello, nos dice Descartes:

*Los cielos transportan consigo toda la materia que contienen. Ahora bien, creo que muchos de los que atribuyen tal propiedad a la materia del cielo, se equivocan al imaginar los cielos como un espacio enteramente vacío, de modo tal que no opone resistencia al movimiento de los otros cuerpos y en el que no existe fuerza alguna que los mueva y los arrastre consigo. Pienso así, pues no sólo tal vacío no puede existir en la naturaleza, sino que además todos los líquidos tienen esto en común: la razón en virtud de la cual no oponen resistencia a los movimientos de los otros cuerpos no es el que tengan menos materia que ellos, sino que tienen una agitación igual o superior y sus pequeñas partes pueden ser determinadas fácilmente a moverse en cualquier sentido; y cuando sucede que todas ellas son determinadas a moverse a la vez y en un mismo sentido, esto da lugar a que arrastren consigo todos los cuerpos que abarquen y rodean por todos lados, siempre que alguna cosa externa no impida su arrastre, aunque estos cuerpos se encuentren en completo reposo, sean duros o sólidos, tal como se sigue evidentemente de lo que ha sido dicho anteriormente acerca de la naturaleza de los cuerpos líquidos*⁴²².

⁴²¹ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 155-157.

⁴²² Descartes, *Los principios de la filosofía*, 134.

Como se ha anotado, parte de la materia que contienen los cielos son los duros y pesados planetas. ¿Qué puede mover algo tan grande y tan pesado como la Tierra? Tiene que ser un cuerpo material con la cantidad necesaria de fuerza para poder moverla. Si recordamos lo que Descartes pensaba sobre las causas generales del movimiento de los cuerpos, la capacidad de un móvil para trasladarse de un lugar a otro está en el propio móvil y no en una fuerza externa que lo haga mover; del mismo modo que un cuerpo que está en reposo se encuentra en ese estado por la naturaleza misma del cuerpo; es decir, que las fuerzas, por el contrario, impiden que un cuerpo se mueva, si y solo si, se cumplan las dos primeras leyes de la naturaleza que dicen que un cuerpo que está en movimiento rectilíneo infinito siempre permanecerá en este estado si no hay ninguna fuerza que se lo impida; y si está en reposo permanecerá igual si no hay una fuerza que lo haga mover porque un cuerpo que esté en movimiento rectilíneo infinito se mueve por sí mismo y no es impulsado por nada, como un cuerpo en reposo lo está por sí mismo y ninguna fuerza lo obliga a permanecer en su lugar.

La crítica que Descartes hace a los filósofos que aceptan el vacío es que éstos deducen su existencia de la aparente falta de resistencia que tienen los movimientos de los planetas, pues lo que se observa en el mundo de los fenómenos es que, por el contrario, los líquidos parecen resistir a los movimientos de los cuerpos duros o sólidos. Y si esto es así, ¿Por qué Descartes dice que la materia líquida de los cielos no resiste el movimiento de los planetas?

Esta disputa sobre la existencia del vacío es relevante en la primera mitad del siglo XVII. Como sabemos, los planetas de Copérnico –en el siglo XVI– suponen su existencia, aunque no lo expresa de ninguna manera; lo mismo ocurre con el segundo Kepler –el de las tres leyes del movimiento planetario– que esboza una rústica idea de la gravitación solar sobre los planetas –con su segunda ley– como causa de su movimiento, lo que supone un espacio vacío en el cual se deben mover; en la cosmología galileana –expuesta en su *Diálogo*– el espacio vacío se da como un supuesto, allí los planetas tienen movimientos circulares infinitos, sin nada que les impida

este movimiento, pues es el que tienen desde el momento en que cayeron de las alturas del cielo cuando comenzaron a moverse en forma circular y que no existe ninguna fuerza que se los impida – recordemos que esta idea está articulada a la inercia galileana, cuya característica es que se cumple en movimientos circulares infinitos–.

Ahora bien, volvamos sobre el interrogante. Si los planetas no se mueven por el espacio vacío, sino por un espacio material líquido, ¿por qué el movimiento de los duros y pesados planetas no es resistido por ese material líquido, como parece demostrarlo la experiencia, por ejemplo, con una piedra lanzada a un estanque o la resistencia que sentimos cuando movemos una mano dentro del agua?

En primer lugar, porque la Tierra no se mueve por un cielo líquido en reposo. Ya se decía, con Descartes, que la materia líquida de nuestro cielo tiene movimiento alrededor del Sol, es decir, que es propio de los cielos moverse de esta forma, pues el continuo choque de las partículas que lo componen siguen sin dificultad, como una corriente de agua, el entorno del cielo que llenan, en el que la Tierra es llevada de la misma manera en que el agua transporta un corcho. Y, en segundo lugar, esto es posible porque la Tierra reposa en su cielo. En *Les principes* lo escribe así:

*La Tierra reposa en su cielo, pero es arrastrada por él. [...] puesto que vemos que la Tierra no está sostenida por columnas, ni se encuentra suspendida en el aire mediante cables, sino que está rodeada por doquier por un cielo muy líquido, pensemos que está en reposo y que no tiene propensión al movimiento, ya que no nos percatamos del mismo estando ubicados en ella; pero no juzguemos que esto también pueda impedir que sea arrastrada por el curso del cielo y que siga el curso de su movimiento sin, por tanto, moverse. Acontece todo de igual forma que un barco que no es impulsado por el viento ni por los remos, que no está retenido por las anclas, y que permanece en reposo en el medio del mar; el flujo y el reflujo de esta gran masa de agua arrastra el barco insensiblemente consigo*⁴²³.

⁴²³ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 134. Las barras son mías.

La Tierra es transportada o llevada por el material líquido que compone el cielo y permanece en su lugar en reposo, pero siendo movida, incluido el lugar en el que está, por una gran masa líquida que se desplaza en bloque sin oponer resistencia. De todas maneras, no sentimos ese movimiento porque estamos en reposo con la Tierra y establecemos relaciones de desplazamientos sólo con los mismos objetos que están en ella o en nuestra vecindad. Esta explicación del aparente movimiento de la Tierra debe ser aplicada a los demás planetas de nuestro sistema y a los innumerables planetas que existen en el universo. Por ello, Descartes escribe:

Y al igual que todos los otros planetas se parecen a la Tierra en cuanto que son opacos y reflejan los rayos del Sol, tenemos razón para creer que los planetas también son semejantes a la Tierra por cuanto que permanecen como en reposo en la parte del cielo en que cada uno se encuentra y que todo el cambio que se observa en su situación procede solamente de que siguen el movimiento de la materia del cielo que los circunda⁴²⁴.

Se debe reiterar, entonces, que los movimientos planetarios o el cambio de situación o lugar es aparente porque, en términos reales, todos se encuentran en reposo, o, lo que es lo mismo, en su estado natural como cuerpos celestes sólidos y pesados. Así que: “No se puede decir que la Tierra o los planetas, hablando con propiedad, se muevan, aun cuando sean transportados”⁴²⁵. Y continúa Descartes:

Es conveniente recordar lo que se ha expuesto en otro lugar en relación con el movimiento; a saber, que, propiamente hablando, el movimiento sólo es el transporte desde un cuerpo desde la proximidad de aquellos cuerpos con los que contacta inmediatamente y a los que consideramos como en reposo, hacia la proximidad con otros cuerpos; ahora bien, según el uso común, frecuentemente se denomina con el término movimiento toda acción que hace que un cuerpo pase de un lugar a otro. En este sentido, se puede decir que una cosa al mismo tiempo se mueve y no se mueve, según se determine su lugar de modo diverso. De donde se

⁴²⁴ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 135.

⁴²⁵ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 135.

sigue que no se podría hallar en la Tierra ni en los otros planetas movimiento alguno, de acuerdo con la significación propia de esta palabra, porque no son transportados desde la proximidad de las partes del cielo que les son tangentes, en tanto que consideramos estas partes como en reposo; es así, pues para ser transportados de este modo, sería necesario que los planetas se alejasen al mismo tiempo de todas las partes de ese cielo, tomado en su conjunto; esto no sucede. Más bien, siendo líquida la materia del cielo, y estando muy agitadas las partes que componen esa materia, en la misma medida en que algunas de esas partes se alejan del planeta al que son tangenciales, en esa misma medida lo hacen las otras, y lo hacen en virtud de un movimiento que les es propio y que se les debe atribuir y no al planeta del que se distancian; de igual manera que se atribuyen los particulares transportes del aire y del fuego que están sobre la superficie de la tierra al aire o al agua y no a la Tierra⁴²⁶.

Las limitaciones de las teorías cartesianas sobre el movimiento de los planetas proceden de los principios que las rigen. Un planeta que está en reposo y, sin embargo, vemos que cambia de situación o lugar, introduce una cierta confusión al entendimiento. Pero es éste el único que puede darle validez a semejante tesis, esto es, debemos volver sobre la característica fundamental del deductivismo cartesiano: lo que denominamos “racionalismo a ultranza” o, en otras palabras, desarrollar la idea de que toda explicación de los fenómenos naturales debe regirse por principios, ya sea primeros o secundarios. Esto significa, en última instancia, que las explicaciones de la naturaleza del universo deben acomodarse a dichos principios, y nunca éstos a aquéllas. Es ahí donde encontramos las principales fisuras de la filosofía natural de Descartes, a pesar de que muchas de sus teorías son de avanzada y estrictamente modernas. Es, pues, la razón por la que la historiografía científica, e incluso la historia de la filosofía, lo consideran más un filósofo metafísico que un científico moderno.

⁴²⁶ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 135-136.

Epílogo

No es la pretensión de este trabajo dar cuenta de la totalidad de la física o de la filosofía de la naturaleza de la modernidad. No es posible hacerlo en tan pocas páginas. Mi objetivo, más bien, se dirige a tratar de mostrar los puntos centrales sobre los que se edificó la ciencia moderna desde la obra de Copérnico, pasando por Bruno, Kepler, Galileo y Descartes, en la primera mitad del siglo XVII.

Desde los puntos de vista expuestos, es crucial la demostración matemática de la retrogradación planetaria, de Copérnico, partiendo de la idea de la movilidad de la Tierra en la tercera órbita; las discusiones sobre el universo infinito del cardenal De Cusa, Digges, Bruno, Kepler, Galileo y Descartes; la idea del Dios geómetra de Kepler, los descubrimientos astronómicos de Galileo y la creación de la geometría analítica, conjuntamente con la formulación de la ley de inercia de Descartes.

No hacen parte de esta exposición valoraciones de tipo epistemológico que planteen el copernicanismo como un aparato teórico que rompe con el modelo clásico de hacer ciencia al estilo del aristotelismo escolástico, como sí, mostrar los elementos que superan esta forma de pensamiento, además, de otros que persisten en los autores de la nueva ciencia, como los movimientos planetarios circulares de Copérnico, el Kepler del *Mysterium* y Galileo; el universo limitado por la esfera de las fijas de Copérnico, Kepler y Galileo; y la explicación galileana de la ubicación de los planetas en sus órbitas según la velocidad que adquirieron cuando Dios los dejó caer desde la esfera máxima.

Referencias

- Álvarez Laso, José. “La filosofía de las matemáticas en Descartes”. *Diánoia* 4, n° 4 (1958): 277-290.
- Arango, Iván Darío. “El problema del método en Descartes”. *Universidad de Antioquia* 54, n° 209 (1987): 54-69.
- Arango, Iván Darío. “La presencia de Descartes”. *Universidad EAFIT*, n° 111 (1998): 23-32.
- Arango, Iván Darío. *El enigma del espíritu moderno*. Medellín: Universidad de Antioquia, 2002.
- Arango, Iván Darío. *La reconstitución clásica del saber*. Medellín: Universidad de Antioquia, 1993.
- Aristóteles. “Del Cielo”. En *Obras*. Madrid: Aguilar, 1993.
- Aristóteles. *Física*. Madrid: Gredos, 1995.
- Aristóteles. *Metafísica*. Madrid: Gredos, 1970.
- Bachelard, Gastón. *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI, 2000.
- Bacon, Francis. *Novum organum*. Madrid: Sarpe, 1994.
- Bacon, Roger. *Roger Bacon's philosophy of nature*. South Bend, IN: St. Augustine Press, 1998.
- Benítez, Laura. “Percepción sensible y conocimiento del mundo natural en René Descartes”. *Diánoia* 44, n° 44 (1988): 19-32.
- Benítez, Laura. *El mundo en René Descartes*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1993.
- Blanché, Robert. *El método experimental y la filosofía de la física*. México: Fondo de Cultura Económica, 1969.
- Borges, Jorge Luis. “La busca de Averroes”. En *El Aleph*. Madrid: Alianza, 1981.
- Botteri, Gerardo y Casazza, Roberto. *El Sistema astronómico de Aristóteles*. Buenos Aires: Biblioteca Nacional, 2015.
- Brahe, Tycho. *Astronomiae instauratae mecánica*. Wandesburg, 1598.

- Brezzi, Francesca. *Las grandes religiones*. Bogotá: Norma, 1994.
- Bronowski, Jacob. *El ascenso del hombre*. Barcelona: Paidós, 2017.
- Bruno, Giordano. *La cena de las cenizas*. Madrid: Alianza, 1987.
- Bruno, Giordano. *Sobre el infinito universo y los mundos*. Buenos Aires: Orbis, 1984.
- Bunge, Mario. *Filosofía de la física*. Barcelona: Ariel, 1982.
- Canguilhem, Georges. *Estudios de historia y de filosofía de las ciencias*. Buenos Aires: Amorrortu, 2009.
- Chatelet, Francois. *Historia de la filosofía: ideas y doctrinas*. Madrid: Espasa-Calpe, 1984.
- Clarke, Desmond M. *La filosofía de la ciencia de Descartes*. Madrid: Alianza, 1986.
- Claudius Ptolemy. *The almagest: introduction to the mathematics of the heavens*. Santa Fe, NM: Green Lion Press, 2014.
- Colli, Giorgio. *El nacimiento de la filosofía*. Barcelona: Tusquets, 1994.
- Colli, Giorgio. *Sobre las revoluciones*. Barcelona: Altaya, 1994.
- Copérnico, Nicolás, Thomas Digges y Galileo Galilei. *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*. Madrid: Alianza, 1996.
- Copérnico, Nicolás. *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. Nuremberg: Petreium, 1543.
- Copérnico, Nicolás. *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. Buenos Aires: Eudeba, 1965.
- Copérnico, Nicolás. *Sobre las revoluciones*. Barcelona: Altaya, 1994.
- Copernicus, Nicolaus. *Three treatises on Copernican theory*. Garden City, NY: Dover publications, 2018.
- Crombie, A. C. *Historia de la ciencia: de San Agustín a Galileo*. Madrid: Alianza, 1979.
- De Cusa, Nicolás. *De la docta ignorancia*. Buenos Aires: Lautaro, 1948.
- De Libera, Alain. *La philosophie médiévale*. París: PUF, 1993.
- Descartes, René y Leibniz, Gottfried. *Sobre los principios de la filosofía*. Madrid: Gredos, 1989.
- Descartes, René. *Discurso del método, Dióptrica, Meteoros y Geometría*. Madrid: Alfaguara, 1981.
- Descartes, René. *El mundo. Tratado de la luz* (Edición bilingüe). Barcelona: Anthropos, 1989.
- Descartes, René. *Los principios de la filosofía*. Madrid: Alianza, 1995.

- Descartes, René. *Meditaciones metafísicas con objeciones y respuestas*. Madrid: Alfaguara, 1977.
- Descartes, René. *Méditations métaphysiques: objections et réponses suivies de quatre lettres*. Paris: Flammarion, 1992.
- Descartes, René. *Oeuvres de Descartes*. Paris: F.G. Levrault, Libraire, publiées par Victor Cousin, 1824-1826.
- Descartes, René. *Oeuvres et lettres*. Paris: Librairie Gallimard. 1949.
- Descartes, René. *Reglas para la dirección del espíritu*. Madrid: Alianza, 2003.
- Donahue, William H. *Selections from Kepler's Astronomia nova*. Santa Fe, NM: Green Lion Press, 2005.
- Drake, Stillman. *Galileo*. Madrid: Alianza, 1983.
- Euclid. *Element's Euclid*. Santa Fe, NM: Green Lion Press, 2002.
- Farrington, Benjamin. *Ciencia y filosofía en la antigüedad*. Barcelona: Ariel, 1986.
- Ferris, Timothy. *La aventura del universo. De Aristóteles a la teoría de los cuantos: una historia sin fin*. Barcelona: Crítica, 1995.
- Fundación canaria orotava de historia de la ciencia. *Galileo y la gestación de la ciencia moderna*. Canarias: Consejería de educación, cultura y deportes del gobierno de Canarias & Fundación canaria orotava de historia de la ciencia, 2001.
- Galilei, Galileo. *Carta a Cristina de Lorena*. Madrid: Alianza, 2006.
- Galilei, Galileo. *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Madrid: Editora Nacional, 1981.
- Galilei, Galileo. *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. Madrid: Alianza, 1994.
- Galilei, Galileo. *El ensayador*. Madrid: Sarpe, 1984.
- Galilei, Galileo. Historia y demostraciones de las manchas solares. En *El mensaje y el mensajero sideral*. Madrid: Alianza, 1990.
- García Morente, Manuel. *Lecciones preliminares de filosofía*. Bogotá: Ediciones Nacionales, 1994.
- Gilson, Étienne. *El espíritu de la filosofía medieval*. Buenos Aires: Emecé, 1952.
- Gilson, Étienne. *Études sur le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésien*. Paris: Librairie philosophique J. Vrin, 1967.
- Gilson, Étienne. *La filosofía en la Edad Media*. Buenos Aires: Sol y Luna, 1940.
- Gilson, Étienne. *La filosofía en la Edad Media*. Madrid: Gredos, 1965.

- Granada, Miguel A. *El umbral de la modernidad: estudios sobre filosofía, religión y ciencia entre Petrarca y Descartes*. Barcelona: Herder, 2000.
- Granés, José. *Newton y el empirismo: una exploración de las relaciones entre sus concepciones del conocimiento del mundo natural*. Bogotá: Universidad Nacional, 1988.
- Hawking, Stephen. *A hombros de gigantes: las grandes obras de la física y la astronomía*. Barcelona: Crítica, 2004.
- Heidegger, Martin. *Caminos de bosque*. Madrid: Alianza, 2003.
- Heidegger, Martin. *Filosofía, ciencia y técnica*. Santiago de Chile: Universitaria, 1997.
- Heidegger, Martin. *La pregunta por la cosa*. Buenos Aires: Alfa, 1975.
- Hemleben, Johannes. *Galileo*. Barcelona: Salvat, 1985.
- Isidoro de Sevilla. *Etimologías*. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos, 1951.
- Jaeger, Werner. *La teología de los primeros filósofos griegos*. Madrid: Fondo de Cultura Económica, 1977.
- Jaeger, Werner. *Semblanza de Aristóteles*. México: Fondo de Cultura Económica, 1997.
- Kant, Immanuel. *Crítica de la razón pura*. México: Porrúa, 2000.
- Kaplan, Michel, Bernardette Martin y Alain Ducellier. *El cercano Oriente medieval*. Madrid: Akal, 1988.
- Kepler, Johannes. *El secreto del universo*. Barcelona: Altaya, 1994.
- Kepler, Johannes. *Harmonies of the world*. Scotts Valley, CA: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2014.
- Kepler, Johannes. *Opera omnia*. Frankofurti: Heyder & Zimmer, 1858.
- Kirk, G.S., J.E. Raven, y M. Schofield. *Los filósofos presocráticos*. Madrid: Gredos, 1987.
- Klein, Stefan. *La belleza del universo*. Barcelona: Planeta, 2018.
- Koestler, Arthur. *Los sonámbulos*. Barcelona: Salvat, 1986.
- Koyré, Alexandre. *Del mundo cerrado al universo infinito*. México: Siglo XXI, 2000.
- Koyré, Alexandre. *Estudios de historia del pensamiento científico*. México: Siglo XXI, 2000.
- Koyré, Alexandre. *Estudios galileanos*. México: Siglo XXI, 1998.
- Koyré, Alexandre. *La révolution astronomique*. París: Hermann, 1961.
- Kuhn, Thomas S. *La estructura de las revoluciones científicas*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica, 1992.

- Kuhn, Thomas S. *La Revolución copernicana*. Buenos Aires: Orbis, 1978.
- La polémica Leibniz-Clarke*. Traducción de Eloy Rada. Madrid: Taurus, 1980.
- Lisi, Francisco Leonardo. "Astrología, astronomía y filosofía de los principios en Platón". *Habis*, n° 22 (1991): 97-112.
- Lucrecio. *De la naturaleza de las cosas*. Buenos Aires: Tecnibook, 2005.
- Margot, Jean Paul. "Lógica, matemáticas y metafísica en Descartes". *Práxis filosófica*, n° 4 (1981): 115-138.
- Martínez, Rafael. *El arquitecto del cosmos: Johannes Kepler*. Bogotá: Alfaomega, 2002.
- Naranjo Mesa, Jorge Alberto y Monsalve Gómez, Miguel. "Los planos inclinados galileanos". *Ciencias Humanas*, n°6 (1984): 13-66.
- Naranjo, Jorge Alberto. "Péndulos galileanos". *Ciencias Humanas*, n° 6 (1984): 67-91.
- Newton, Isaac. *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Londini: Imprimatur S. Pepys, Reg. Soc. Praeses, 1686.
- Newton, Isaac. *Principios matemáticos*. Barcelona: Altaya, 1993.
- Platón. "Timeo o de la naturaleza". En *Obras completas*. Madrid: Aguilar, 1992.
- Popper, Karl. *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós, 1983.
- Rethicus, Georg Joachim. *Narratio prima*. Poland: WUW, 2005.
- Rogers, G. A. J. "Descartes, las matemáticas y la elaboración de lo moderno". *Diánoia* 44, n° 44 (1998): 1-18.
- Rosen, Edward. *Minor works*. London: Macmillan, 1986.
- Sambursky, S. *El mundo físico de los griegos*. Madrid: Alianza, 1990.
- Schneider, Martín. *Primeras interpretaciones del mundo en la modernidad: Descartes y Leibniz*. Córdoba: Alejandro Korn, 1996.
- Sepúlveda, Alonso. *Historia de la física: desde los griegos hasta nuestros días*. Medellín: Fondo Editorial Cooperativo, 1995.
- Serres, Michel. *Historia de las ciencias*. Madrid: Cátedra, 1991.
- Smith, C.U.M. *El problema de la vida*. Madrid: Alianza, 1977.
- Soto Posada, Gonzalo. *Diez aproximaciones al medioevo*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 1998.
- Strathern, Paul. *Newton y la gravedad*. Madrid: Siglo XXI, 1999.
- Turró, Salvio. *Descartes: del hermetismo a la nueva ciencia*. Barcelona: Anthropos, 1985.
- Van de Pitte, Frederick. "La mathesis universalis de Descartes". *Revista de filosofía* 51-52, (1998) 7-26.

- Vélez Uribe, Fabio. *El principio de la conservación del impulso y las leyes de la comunicación del movimiento en el siglo XVII*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2002.
- Vernant, Jean-Pierre. *Mito y pensamiento en la Grecia antigua*. Barcelona: Ariel, 1993.
- Vuillemin, Jules. *Mathématiques et métaphysique chez Descartes*. París: Presses universitaires, 1960.
- Weinberg, Steven. *Explicar el mundo*. Madrid: Taurus, 2015.
- Williams, Bernard. *Descartes: el proyecto de la investigación pura*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1995.
- Zubiri, Xavier. *Los problemas fundamentales de la metafísica occidental*. Madrid: Alianza, 1994.

 universidad Pontificia Bolivariana	SU OPINIÓN	
Para la Editorial UPB es muy importante ofrecerle un excelente producto. La información que nos suministre acerca de la calidad de nuestras publicaciones será muy valiosa en el proceso de mejoramiento que realizamos. Para darnos su opinión, comuníquese a través de la línea (57)(4) 354 4565 o vía correo electrónico a editorial@upb.edu.co Por favor adjunte datos como el título y la fecha de publicación, su nombre, correo electrónico y número telefónico.		

Esta obra se publicó en archivo digital
en el mes de diciembre de 2021.

El libro expone la física aristotélica como horizonte de discusión del nacimiento y desarrollo de la ciencia moderna en los siglos XVI y XVII, esto es, que los trabajos desde Copérnico a Newton superan y ponen en crisis toda la ciencia antigua.

