



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN**

Geocentrismo y Heliocentrismo: La naturaleza y sentido de la
existencia humana a través de los dos modelos del universo.
De Aristóteles a Galileo

TESIS Y EXAMEN PROFESIONAL.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN FILOSOFÍA.

PRESENTA

Gómez Escamilla José Rubén.

Asesor: Dr. Jesús Carlos Hernández Moreno.

Marzo del 2018

Santa Cruz, Acatlán, Edo. de México



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mi madre: *Por todo el amor que me ha profesado desde que me tuvo por primera vez en sus brazos. Por acompañar mis pasos con la más sincera confianza, incluso cuando éstos eran titubeantes e inciertos.*

A mi padre: *Por orientar y encaminar mi educación moral, musical y deportiva desde mis primeros años. Por tantas enseñanzas y por brindarme su apoyo en los momentos más apremiantes.*

A mi hermano: *Por ser mi compañero y amigo desde sus primeros pasos, por ser el artífice de muchísimas risas, por su complicidad en las travesuras y su respaldo imaginativo en la creación de tantos juegos que inventamos y que luego heredamos a los primos más pequeños. ¡Gracias!*

A mi hermana: *Por cambiarnos la vida con su llegada. Por el apoyo que me brinda y la alegría que regala a nuestros padres.*

A Beatriz (Mi Bea): *Por su invaluable presencia en mi vida, por cada palabra de aliento, por cada gesto de amor, por todas las conversaciones que hemos tenido, por acompañar, tolerar y auxiliar mis cavilaciones cotidianas.*

A la familia Gómez Méndez: *Por apoyar siempre a mis padres, a mis hermanos y a mí. Por ofrecer su respaldo en los momentos difíciles. Por abonar favorablemente en nuestra educación y formación.*

Al Dr. Jesús Carlos Hernández Moreno: *Por el respaldo anímico y académico brindado a éste y otros proyectos a lo largo de mi formación universitaria. Por todas y cada una de las enseñanzas que me ha dejado, por mostrarme la que considero, como una de las formas más dignas de ejercer la filosofía. Siempre le estaré agradecido por ello.*

A mis amigos: *Arturo, Juan, Aldo y Fredy. Por todas las pláticas, por la oportunidad de intercambiar consideraciones, por las bromas y los gratos momentos, por mantenernos a flote recíprocamente durante todos estos años.*

A la FES Acatlán y a mis profesores: *Por haberme acompañado durante toda mi formación universitaria, por todos sus conocimientos y enseñanzas.*

A la Universidad Nacional Autónoma de México: *Por convertirse en mi segunda casa desde hace ocho años, cuando me albergó por primera vez en sus aulas preparatorias. Porque en ella encontré el respaldo académico necesario para mi formación profesional y muchas compañías gratas, que hicieron de esos años, algunos de los mejores que he vivido.*

Índice

-Introducción	1
Capítulo 1: Cosmología aristotélico-ptolemaica y modelo geocéntrico	8
a) El movimiento en la física de Aristóteles	8
b) Finitud del cosmos, argumentos en contra de la infinitud	14
c) Modos de realidad del infinito	22
d) Contra el vacío y la imposibilidad del movimiento en él	24
e) Física celeste, física terrestre y antropocentrismo	27
f) Análisis de la influencia aristotélica en la obra de Ptolomeo. (Elementos que el modelo ptolemaico rescata, modifica y rechaza de la física aristotélica)	30
Capítulo 2: Sobre las críticas escolásticas a la física aristotélica y el modelo heliocéntrico de Copérnico	36
a) Críticas escolásticas a la física de Aristóteles: Oresme y Benedetti	36
b) El modelo astronómico de Copérnico	39
c) Recuperación del modelo aristotélico-ptolemaico	45
d) Separación del modelo copernicano con respecto al aristotélico-ptolemaico	50
e) Orden de los orbes celestes según el modelo astronómico de Copérnico	55
Capítulo 3: Sobre la defensa de Galileo al modelo de Copérnico y las críticas al modelo aristotélico-ptolemaico	60
a) Presentación del <i>Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo</i>	60
b) Sobre el movimiento en la teoría física de Galileo	62
c) Sobre la semejanza entre el cielo y la tierra o de la homogenización del espacio	70
-Conclusión	80
-Bibliografía	84

Introducción

“Cuando nos perdemos en la consideración del infinito tamaño del mundo en el espacio y el tiempo, meditamos sobre los siglos pasados y los venideros, o también cuando el cielo nocturno nos pone ante los ojos innumerables mundos efectivos y la inconmensurabilidad del mundo penetra en la conciencia, nos sentimos a nosotros mismos empequeñecidos hasta la nada, nos sentimos en cuanto individuo, en cuanto cuerpo vivo, en cuanto fugaz manifestación de la voluntad, como una gota en el océano deshaciéndonos vertiginosamente en la nada.”¹

No será la primera vez que alguien trate sobre las disputas filosóficas que subyacen a la base de la construcción de los modelos astronómicos, partiendo desde Aristóteles, pasando por Ptolomeo, Copérnico y llegando hasta Galileo. Sin embargo, estudiar algunos de los momentos más relevantes en que el intelecto humano, por medio de algunos hombres en concreto, se ha dado a la tarea de organizar el mundo con la finalidad de volverlo familiar, nos muestra toda la serie de enfrentamientos librados por éstos, sus derrotas y sus victorias, pero más que eso, nos muestra el esfuerzo del género humano por comprender lo que le rodea, el cual no siempre se ve coronado con el éxito esperado.

Es preciso señalar que hay una serie de controversias albergadas en este diálogo que no pueden ser ignoradas argumentando que la temática ya ha sido sobreexplotada, como si ésta fuese una mina estéril que ya no tiene nada valioso que ofrecer. Entiendo el sentido del tema que aquí expongo como un diálogo, porque desde Platón, se ha vuelto patente que el diálogo es una de las formas idóneas para filosofar, que por supuesto, permite un análisis crítico del contenido de los argumentos de cada interlocutor, pero que no tiene como principal prioridad imponer una última y definitiva respuesta a las temáticas que en él se abordan. Antes bien, el diálogo muestra la apertura adecuada para analizar la suficiencia de cada argumentación.

Considero que, los distintos intentos por elaborar un modelo astronómico que diera cuenta de la naturaleza del cosmos, constituyen un diálogo en el que se

¹ Schopenhauer, Arthur, *El mundo como voluntad y representación* (Tomo 1), Editorial Alianza, Madrid, 2013, págs. 401-402.

muestra la sensibilidad con que algunos hombres reflexionaron sobre este problema. Y aunque en su momento pretendieron dar respuestas definitivas, gracias a la distancia temporal que nos separa de ellos, podemos apreciar en sus teorizaciones un ejemplo del afán que tuvieron algunos hombres por explicar la naturaleza del cosmos y la suya como consecuencia inmediata.

Pero volviendo a las controversias que se generan en este diálogo, lo relevante de ellas, es que son de distintas índoles, pues además de ser filosóficas y científicas, también podría decirse que son sociales y religiosas; y que a través de ellas se pone en juego la relación del hombre con el universo y con dios (esta última relación es exclusiva de las tradiciones culturales que sí concebían algún dios como creador del universo). Así mismo, se muestran los distintos matices que adquiere la actitud científica, con esto me refiero a la apuesta, o mejor dicho, la decisión que se toma por estudiar los movimientos de los cuerpos en términos matemáticos, misma que apreciamos ya desde los planteamientos del propio Ptolomeo. Es una transición de la experiencia cualitativa a la cuantitativa, respaldada tanto por pretendidas técnicas de medición exacta como por la creación de distintos instrumentos científicos.

Lo que veremos, es una reflexión filosófica demorada que puso en juego dos modelos del cosmos distintos entre sí, que tuvo en la filosofía aristotélica su principal y originaria fuente, que consagró al modelo geocéntrico en un primer momento, que mostró la ruptura del universo finito y nos llevó hasta la incertidumbre que genera la homogeneidad del espacio una vez que hablamos de éste a partir de términos matemáticos. Ese mismo diálogo, comenzado por unos cuantos hombres, terminó afectando a muchos más, aflorando gradualmente en ellos la necesidad metafísica de preguntar por el sentido de la existencia humana y su relación (ordenada o caótica) con el universo. Ello permite afirmar que, en el fondo, la importancia de la investigación en la antigüedad y en nuestros días parece albergar una finalidad común, tanto antes como ahora nos interesa saber qué lugar ocupamos en la totalidad de lo existente. Si es que acaso en nuestra calidad de hombres albergamos alguna cualidad distinta, cuasi divina, en

comparación con el resto de los entes, o si por el contrario somos semejantes a ellos y en qué lo somos. El problema filosófico sigue vigente, aun cuando sean otros los métodos de investigación que se ocupen para abordarlo y aun cuando sean otros los nombres que se le dan a los fenómenos y a los instrumentos que sirven para investigarlos.

Es posible apreciar la repercusión que cada modelo astronómico tuvo en el modo en que los hombres pensaban y asumían su existencia cotidiana, pues resulta evidente que aquellos que creían que la Tierra era el centro del universo y culmen de la creación divina, valoraban de una manera distinta la existencia en comparación con quienes creían que la Tierra era tan sólo un planeta que giraba alrededor del Sol junto a otros planetas y estrellas. Para los primeros resultaba más importante la ilusión de la vida eterna y para los segundos los problemas que creían o consideraban como fundamentales para su vida inmediata. La predisposición que estas personas tuvieran para pensar el sentido de su existencia en el cosmos, estaba subsumido al modelo que aceptaran de éste.

Ahora bien, el interés central de esta tesis es abordar el diálogo filosófico que subyace a la postulación, aceptación y cambio de los modelos astronómicos así como analizar cuál es la relevancia que éste adquiere cuando se piensa sobre la naturaleza y el sentido de la existencia humana. Empezando con el modelo geocéntrico cuyo sustento teórico es la física aristotélica y cuya exposición matemática se encuentra en el *Almagesto* de Ptolomeo, hasta el modelo heliocéntrico propuesto por Copérnico en *De Revolutionibus Orbium Coelestium* y continuado por Galileo en el *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo*.

La finalidad de esta investigación es mostrar que el fundamento de un problema que generalmente suele mostrarse o presentarse, con un carácter estrictamente científico a través de la divulgación de la ciencia, alberga un fundamento filosófico. El cual estriba en la relación que se articula entre la cosmología de cada momento histórico y cómo es que a partir de éstas, se piensa el papel del hombre y los modos en que puede conocer y estudiar el cosmos. Así pues, lo que sigue es el recuento de este diálogo a través de tres capítulos.

El primero de ellos trata sobre la cosmología y la física aristotélica, así como de los argumentos que integran la tesis del filósofo griego para sostener la finitud del universo y la posición central de la Tierra en medio de éste, así como de la influencia que tuvo la filosofía aristotélica en el pensamiento de Ptolomeo y los argumentos que éste retomó para fundamentar el modelo geocéntrico, y aunque su exposición atiende a ser más matemática que filosófica, es esta última la que soporta a la primera.

Este mismo capítulo tiene por título: *Cosmología aristotélico-ptolemaica y modelo geocéntrico* y lo que contiene es una semblanza general de la cosmología aristotélica, de la tradicional división del cosmos en dos partes y las distintas leyes de movimiento a que éstas están sujetas a partir de los elementos que las integran y según los cuatro modos que Aristóteles reconoce del movimiento en el libro *Lambda* de *Metafísica*, a saber, el de quiddidad o *ουσία*, el de cualidad, el de cantidad, y el de lugar. A partir de los distintos tipos de movimiento reconocidos por Aristóteles se derivarán dos maneras de estudiar el cosmos, una que versa sobre los cuerpos corruptibles y otra que lo hace sobre los incorruptibles, o en otras palabras, se derivan dos físicas: una terrestre y otra celeste.

Durante la segunda parte de este apartado revisaremos la postura aristotélica en contra del vacío y el infinito por la imposibilidad que suponen para el movimiento, puesto que en ambos no hay diferencias entre un sitio y otro, ni lugares privilegiados que pudieran asumirse como naturales. Tanto el vacío como el infinito resultan un absurdo y una oposición contra la idea de un cosmos finito con movimientos ordenados en su interior, que se encuentren determinados por las cualidades de los elementos, o bien, por las cuatro causas. Al final de este capítulo repasaremos la influencia que recibieron los planteamientos astronómicos de Ptolomeo por parte del modelo aristotélico, a través de la revisión de los elementos que Ptolomeo rescata, modifica y rechaza de la física aristotélica.

En la primera parte del segundo capítulo titulado: *Sobre las críticas escolásticas a la física aristotélica y el modelo heliocéntrico de Copérnico* revisaremos algunas de las posiciones filosóficas más relevantes en contra de los

planteamientos teóricos de la física aristotélica, surgidas durante lo que se ha llamado el medievo, mismas que eventualmente significaron un punto de partida y una influencia considerable para las teorías físicas del siglo XVI elaboradas por Copérnico y Galileo. Básicamente, nos centraremos en las propuestas de Nicolás de Oresme y Giambattista Benedetti.

La segunda parte de este capítulo consiste en un análisis del primer libro de la obra Copernicana *De Revolutionibus orbium coelestium*. Pues en los primeros diez capítulos se encuentra propiamente la crítica al modelo Ptolemaico y a sus bases aristotélicas, así como la propuesta de su modelo heliocéntrico, los elementos que lo constituyen y el nuevo orden que dicta para los orbes celestes. El resto del libro contiene la exposición desplegada del modelo heliocéntrico a través de diversos diagramas matemáticos, que no hacen sino exponer detalladamente los movimientos particulares de cada planeta y de algunas estrellas fijas; sin embargo, la exposición del contenido de tales diagramas, no es la prioridad de esta investigación.

El último capítulo de esta tesis titulado: *Sobre la defensa de Galileo al modelo de Copérnico y las críticas al modelo aristotélico-ptolemaico* es un análisis explicativo de las críticas de Galileo dirigidas a la cosmología aristotélica a través de la primera jornada del *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo*. En el primer apartado explicaremos el concepto de movimiento que tiene Galileo y las diferencias que hay entre éste y el propuesto por Aristóteles, pues como veremos más detalladamente, para Galileo el movimiento es un estado que no depende de la esencia o naturaleza de los cuerpos ni tampoco de sus cualidades. En este sentido, el movimiento es una relación entre cuerpos que o se desplazan o se encuentran en reposo; así también, veremos que el movimiento de los cuerpos se vuelve cuantificable en términos de velocidad y aceleración.

En el segundo y último apartado de este capítulo, veremos que el uso de las matemáticas para medir el movimiento de los cuerpos, nos permite hablar (como en los planteamientos de Ptolomeo) de una semejanza entre los cuerpos del cielo y los de la Tierra y que con la homogenización del espacio no hay lugares

naturales, no hay abajo, arriba, derecha o izquierda. La matematización del espacio elimina los lugares privilegiados, cualquier punto genera la ilusión de ser centro sin propiamente serlo. El hombre ya no está parado sobre el centro del cosmos, pierde pues la seguridad que le brindaba saberse en un lugar especial. Veremos que la homogeneidad de los cuerpos celestes con los terrestres no se limita únicamente al modo en que pueden ser estudiados a partir de sus movimientos, sino que también, se hace evidente a partir de la serie de semejanzas que Galileo observó a través del telescopio entre la Luna y la Tierra, además de las manchas solares y de nuevas estrellas que no eran perceptibles a simple vista.

En conjunto, toda esta serie de observaciones permitieron plantear con mayor facilidad que no era tan evidente que la Tierra fuera tal como las afirmaciones aristotélicas la describían, sino todo lo contrario. Se ponía en cuestión, por tanto, que los cuerpos celestes fueran ingenerables, incorruptibles e inalterables, pues con la amplitud que supone la observación por medio del telescopio, quedaban manifestadas las semejanzas entre la superficie de algunos de ellos con la Tierra.

La pregunta común y fundamental entre estos pensadores era la misma: ¿Cuál era el modelo que daba cuenta de la esencia del universo? Lo que sigue, es el recuento detallado de algunas de las respuestas que se esbozaron ante esta interrogante por medio de modelos astronómicos, los cuales, aunque pretendieron ser definitivos no lo lograron.

Esta falta de definición absoluta que generalmente acompaña a la investigación científica permitió que aún después de un Copérnico y un Galileo, vinieran algunos hombres más a pensar y ensayar posibles respuestas a esta misma cuestión, es decir, a enriquecer el contenido de este diálogo abonando a su crecimiento con sus contribuciones.

El presente recuento no pretende agotar en manera alguna la riqueza que alberga este diálogo filosófico, pues pretender tal cosa me dejaría en la misma posición que aquellos que ven este particular tema como si fuera una mina estéril

que a causa de la sobre explotación, ya nada tiene que ofrecer a los interesados por la filosofía. Así pues, no me resta más que invitar al lector a asumir el compromiso que supone acompañar el pensamiento de estos hombres, y que más allá de solamente escucharlos cual si fuera un monólogo, se dé la oportunidad de participar en un diálogo que no hace sino estimular la sensibilidad metafísica, esa que nos es común a todos y que nos permite abrirnos a la comprensión del mundo y de nosotros en él. Lo invito pues a que nos acompañemos en este diálogo que nos muestra algunas de las distintas apuestas que se han hecho por explicar el sentido de la existencia humana en su relación con la totalidad de lo existente.

Capítulo 1: Cosmología aristotélico-ptolemaica y modelo geocéntrico

Antes de hablar de la *κινήσις* y sus acepciones es pertinente tener en cuenta la cosmología que plantea Aristóteles². En general, éste concebía el mundo como una unidad cerrada, como un todo cualitativamente determinado y jerárquicamente ordenado, en el que las partes que lo integran, tanto en el Cielo como en la Tierra, están sujetas a leyes distintas. Y, a diferencia de lo que actualmente se entiende por física, la que desarrolla Aristóteles es una teoría que tiene como punto de partida la observación, esto es, la experiencia, por lo que el método matemático, más que pasar a un segundo plano, ni siquiera es apto para el estudio de la física³ según leemos en el libro II de *Metafísica*. Para los fines de esta investigación es importante considerar la división que este filósofo hace del cosmos en dos partes (el infralunar y el supralunar), así como los movimientos que coloca como propios de cada uno, lo cual permite clarificar las diferencias entre ambos lugares y su influencia en los modelos astronómicos geocéntricos, dentro de los cuales fue decisivo el propuesto en *El Almagesto* de Ptolomeo. Por esto es que, en este primer capítulo, mostraré los argumentos que ocupa Aristóteles para sustentar la finitud del cosmos y explicar los movimientos al interior del mismo.

a) El movimiento en la física de Aristóteles

Si traducimos del griego clásico al español la palabra *κινήσις* (kinésis), el significado viene a ser movimiento⁴. En lo que se refiere a las acepciones que Aristóteles otorga a este término encontramos que en el capítulo número dos del libro Lambda de *Metafísica*, el autor reconoce que existen cuatro tipos de cambio en el cosmos: 1) el de quiddidad o *ουσία*, 2) de cualidad, 3) de cantidad y 4) de lugar. A partir de los cuales se deriva la concepción de un mundo ordenado y

² Véase: Koyré, *Estudios de historia del pensamiento científico*, Siglo XXI, Madrid, 1990. Cap. "Galileo y Platón" págs. 150- 179. y Shapin, *La revolución científica*, Paidós, Barcelona, 2000. Cap. "¿Qué se sabía?" págs. 35-51.

³ Cfr. Aristóteles, *Metafísica*, II, 3, 955a, 15.

⁴ *κινήσις*: Según el *Diccionario Manual Griego*, Griego Clásico- Español, de la editorial Vox; puede traducirse como: **movimiento, conmoción**.

finito, en el que los seres se mueven según estas condiciones, o más propiamente llamadas, categorías.

El primero de dichos movimientos, el de quiddidad o *ουσία*, es propio de aquellos entes que son susceptibles de *generación y corrupción*. Se entiende la *generación* como el cambio que va de no ser a ser a través de lo que ya es, en otras palabras, el paso que se da desde la potencia (en que la cosa no es, pero puede ser) a su actualización como ya la cosa misma. Hay que señalar que ésta [la actualización] puede ser interrumpida por violencia, esto es, por factores externos al proceso causal de la [realización de la] cosa en cuestión. Y por *corrupción* se entiende el cambio que va desde el ser de una cosa hacia el no ser de ésta.⁵

Por lo que respecta al segundo tipo de movimiento la explicación puede ser abordada a partir de lo que Aristóteles escribe en el libro Delta de *Metafísica*. Ya que en dicho apartado sostiene que, en un sentido, la *calidad* es la diferencia de la *ουσία*, por ejemplo el círculo es una figura de cierta *calidad* porque no tiene ángulos, así, tal *calidad* es sustancial porque es aquella que lo hace ser una figura geométrica distinta con respecto de las demás que sí tienen ángulos, es decir, por ella viene a ser lo que es. Por esto es que la alteración de una *ουσία* es un cambio en la *calidad* que puede darse por violencia, esto es, por causa de un factor externo que impida la realización de aquello para lo cual está dispuesta dicha *ουσία*. Según lo plantea Aristóteles, también podemos decir que, en otro sentido, la alteración es la adquisición o la pérdida de *calidades accidentales*; como por ejemplo, lo caliente y lo frío; no obstante, hay que señalar que los cambios en las *calidades accidentales* no afectan la *calidad sustancial*, esta última se mantiene y es independiente de las otras.

En palabras del propio autor tenemos lo siguiente:

“Cabe hablar, pues, de calidades en dos sentidos, de los que uno es el principal. En efecto, calidad en sentido primario es la diferencia de la

⁵ Cfr. *Física*, V, I, 225a17.

entidad (...) En un segundo sentido, <cualidades se llaman> las afecciones de aquellas cosas que están sometidas a movimiento, en tanto que sometidas a movimiento, así como las diferencias de los movimientos”⁶

El tercer tipo de movimiento es el que respecta a la *cantidad*, la cual puede entenderse y explicarse partiendo de la manera en que la pone el autor en el libro *Delta*: “*Cantidad se llama lo divisible en partes integrantes de las cuales una y otra o cada una es por naturaleza algo uno y algo determinado, así pues, un ente determinado*”⁷

Así también, según nos dice Aristóteles, la cantidad también se da por accidente. Lo mucho y lo poco, lo largo y lo corto, lo ancho y lo estrecho, lo alto y lo bajo, lo pesado y lo ligero y las demás cosas semejantes son modificaciones accidentales de la cantidad. De modo que podemos apreciar el movimiento de cantidad por accidente en un ejemplo tal como el del hombre que cambia las dimensiones de su cuerpo, según limite o exceda las porciones de su alimentación; sin embargo, tal cambio en la masa corporal no modifica, no genera, ni corrompe su *ουσία*, pues únicamente veremos crecimiento o disminución en las dimensiones de su cuerpo. Esto siempre que la alimentación excesiva o la falta de la misma no colapse el organismo del sujeto en cuestión.

El cuarto y último tipo de movimiento es el de lugar, el cual se da por traslación. Se entiende el concepto de *lugar* como “*el primer límite inmóvil que abraza un cuerpo, es decir, lo que circunda al cuerpo*”⁸, por ello decimos, por ejemplo, que un cuerpo está en el aire, porque el aire lo circunda.

Considero pertinente que para entender con mayor claridad cuál es la particularidad del movimiento de lugar y por qué corresponde a los cuerpos celestes, será necesario hablar de lo que Aristóteles nos dice con relación a éste. En el tratado *Acerca del cielo* el autor hace la siguiente afirmación: “*Todo*

⁶ *Metafísica*, V, 15, 1020b, 14.

⁷ *Metafísica*, V, 13, 1020a, 6.

⁸ *Física*, IV, 4, 212, a20.

movimiento con respecto al lugar, al que llamamos traslación <ha de ser> rectilíneo o circular o mezcla de ambos, en efecto, son los únicos simples.”⁹

El movimiento de traslación rectilíneo es divisible en ascendente y descendente con relación al centro del cosmos, y el movimiento de traslación circular es aquel que se hace en torno al centro del cosmos, éstos son los movimientos simples. El hecho de que el movimiento de lugar sea el único que compete a los astros y a toda la parte del cosmos supralunar es deducido por Aristóteles luego de tener como premisa el hecho de que los cuerpos simples se desplazan con movimientos simples. Entiéndase por cuerpo simple cada uno de los elementos (tierra, agua, aire, fuego). Así pues, los cuerpos simples tienen movimientos simples y por su parte, los cuerpos compuestos, movimientos mixtos, esto es, mezcla de los simples.

Por su parte, el movimiento mixto se dará según el elemento predominante en el cuerpo compuesto, de este modo, el movimiento de cada cuerpo compuesto estará subsumido o subordinado al que sea propio del elemento que predomine en la mezcla. Así pues, si en una mezcla de cuerpos simples el elemento predominante es la tierra, el movimiento de este cuerpo será rectilíneo pero de manera descendente pues de ese modo y hacia ese lugar, se desplaza la tierra; en el caso contrario, a saber, que en otra mezcla el elemento predominante fuera el fuego, veríamos que el movimiento de dicho compuesto sería igualmente rectilíneo, pero, a diferencia del anterior, éste lo haría de manera ascendente. La conclusión a la que llega Aristóteles es que es necesario que exista un cuerpo simple al que corresponda, por su naturaleza, desplazarse de manera circular.

¿Pero, cómo se deriva de tal inferencia, la existencia de otro cuerpo simple además de los cuatro que hay en el mundo sublunar? Tal consideración es planteada por Aristóteles partiendo del hecho de que, los cuerpos simples se desplazan con el movimiento rectilíneo, ya sea hacia arriba, como en el caso del aire y el fuego, o hacia abajo, como el agua y la tierra, a partir de lo cual concluye que debe haber un cuerpo simple que lo haga únicamente de manera circular.

⁹ *Acerca del cielo*, I, 2, 268b, 17.

Aristóteles sostiene que el movimiento circular es necesariamente primario y perfecto, anterior al imperfecto. Además de que no tiene un contrario, como sí ocurre en el caso del movimiento rectilíneo, que alberga dos modos de darse que son contrarios entre sí: ascendente y descendente. El movimiento primario y perfecto es propio a su vez de un cuerpo primario y perfecto, que debe ser, según Aristóteles, más divino y anterior a los cuatro elementos terrestres, mismo al que le sea natural el movimiento circular, de la misma manera como al fuego le es natural el movimiento rectilíneo ascendente y a la tierra el movimiento rectilíneo descendente.

El hecho de que los cuatro elementos terrestres se muevan de lugar ascendente o descendentemente es consecuencia de la gravedad o la levedad que posean. En palabras del propio filósofo: *“Digamos pues que es grave lo que tiende naturalmente a desplazarse hacia el centro y leve lo que tiende a <alejarse> del centro”*¹⁰. Por eso es que lo más grave queda debajo de todas las cosas que se mueven hacia abajo y lo más leve queda por encima de todas las cosas que se dirigen hacia arriba, en la periferia del cosmos.

Sin embargo, el cuerpo cuyo movimiento es circular no posee ni gravedad ni levedad, ni natural ni antinaturalmente, de lo cual también se deduce la imposibilidad de que pueda moverse por fuerza de manera ascendente o descendente, dada su carencia de peso.

De esto se sigue que es ingenerable e incorruptible, ya que no puede cambiar de *ουσία*, cualidad y cantidad, porque, como se revisó anteriormente, al hablar del movimiento de *ουσία* o *quididad* “*todo lo que se produce lo hace a partir de un sujeto y un contrario.*” y en el caso del cuerpo que se mueve de manera circular encontramos que no hay contrarios ni para ese cuerpo ni para ese tipo de movimiento; por tanto, se sigue que éste no puede generarse ni tampoco corromperse, pues la generación y la corrupción se dan entre los contrarios: la primera va de lo que no es a lo que es a través de lo que ya es, y la segunda va de lo que es a lo que no es. Así pues, al no poder cambiar ni de cualidad ni de

¹⁰ *Acerca del cielo*, I, 3, 269B, 22.

cantidad, este tipo de cuerpo resulta inalterable, pues lo alterable lo es con respecto de la cualidad y de la cantidad. Como ya se explicó, el cambio de cualidad o se da en las cualidades sustanciales o en las accidentales y el cambio en la cantidad implica un aumento o disminución en el tamaño del cuerpo; pero en el caso de éste, siempre es el mismo en cualidad porque no modifica su *ουσία* ni los atributos de ésta, e igualmente, siempre es el mismo en cantidad puesto que no aumenta ni disminuye. Con la deducción de todas las características anteriores, Aristóteles concluye que “*el primero de los cuerpos es eterno, y no sufre aumento ni disminución sino que es incaducable, inalterable e impasible.*”¹¹.

De igual modo hace una breve remembranza de las creencias tradicionales que tenían algunos pueblos bárbaros y el griego con relación al cielo y las cosas que de éste se decían, (tal como que pensaban que en este lugar habitaban los dioses, pues la naturaleza de dicho sitio era compatible con las divinidades) como consecuencia de ello, afirma que: “*<considerando> que el primer cuerpo es uno distinto de la tierra, el fuego, el aire y el agua, llamaron éter al lugar más excelso, dándole esa determinación a partir del <hecho de> desplazarse siempre por tiempo interminable.*”¹²

De este modo queda sentado que, el movimiento circular, a diferencia del rectilíneo, carece de contrario; pues en el rectilíneo los contrarios se oponen según el lugar hacia el cual se desplazan (arriba o abajo), es decir, tienen una traslación contraria que, al ser recorrida, mueve de contrario a contrario. Pero en el desplazamiento en círculo no importa el lugar en dónde comience, pues siempre se llegará a los mismos sitios.

Ahora ya es posible apreciar cómo es que únicamente a partir de los distintos tipos de movimiento reconocidos por Aristóteles se derivan dos maneras de estudiar el cosmos, una que versa sobre los cuerpos corruptibles y otra que lo hace sobre los incorruptibles, o en otras palabras, *se derivan dos físicas: una*

¹¹ *Acerca del cielo*, I, 3, 270b.

¹² *Acerca del cielo*, I, 3, 270b, 20.

terrestre y otra celeste. Y será precisamente de esta última de la que se derivará la argumentación y postulación de la finitud del universo, aunado a que el movimiento de sus objetos de estudio, los astros, servirá como modelo comparativo para el estudio de los movimientos de los cuerpos terrestres.

b) Finitud del Cosmos, en contra de la infinitud¹³

Como se mencionó al comienzo, Aristóteles defiende la existencia de un cosmos finito, jerárquicamente ordenado, dividido en dos partes, una supralunar y otra sublunar, en los cuales, sus elementos o cuerpos simples están sujetos a movimientos distintos, dadas las características que a cada uno le son propias: los cuatro elementos en el caso del mundo sublunar, y el éter en el caso del mundo supralunar. De las regulaciones en los movimientos de cada mundo hablaré más adelante cuando sea pertinente señalar las diferencias entre la mecánica celeste y la mecánica terrestre. Por el momento, sólo me ocuparé de hablar de la refutación que hace Aristóteles a las nociones de: cuerpo infinito, espacio infinito, lugar infinito, mundos infinitos y causas infinitas.

En primer lugar, encontramos que en *Física* hace una descripción relativa a las argumentaciones previas a la suya, que sostenían la posibilidad del infinito. Sólo me enfocaré en las razones por las cuales según estas posturas creían en la realidad del infinito:

“La creencia en la realidad del infinito proviene principalmente de cinco razones: 1) del tiempo, pues es infinito, 2) de la división de las magnitudes, pues las matemáticas hacen uso del infinito, 3) si hay una generación y destrucción incesante es sólo porque aquello desde lo cual las cosas llegan a ser es infinito, 4) porque lo infinito concentra siempre su límite en algo, de suerte que si una cosa está siempre limitada por otra, entonces no podrá haber límites últimos, 5) pero la razón principal y más poderosa que hace que la dificultad sea común a todos, es esta: porque al no encontrar nunca

¹³ Entiéndase, contra el infinito en sus distintos sentidos: cuerpo infinito, movimiento del infinito, lugar infinito, mundos infinitos y causas infinitas.

término en nuestro pensamiento, se piensa que no sólo el número es infinito, sino también las magnitudes matemáticas y lo que está fuera del cielo; y al ser infinito lo que está fuera del cielo, se piensa que existe también un cuerpo infinito y un número infinito de mundos.”¹⁴

Es pertinente señalar que Aristóteles hace la distinción entre los argumentos que motivan la tesis de la existencia del infinito y los distintos sentidos que tiene este término. Sobre esto último, escribe el filósofo:

“1) En un sentido llamamos infinito a lo que es imposible recorrer porque su propia naturaleza no puede ser recorrida (como una voz que es invisible); 2) en otro, lo que se puede recorrer pero sin llegar a un término o a) lo que difícilmente puede ser recorrido o b) lo que naturalmente admite ser recorrido, pero no debe ser recorrido o no tiene límite.”¹⁵

Considerar la distinción anterior será útil cuando hablemos de las refutaciones que hace contra los sentidos en los cuales es ocupado el término infinito. En primer lugar, Aristóteles cancela la posibilidad de la existencia de un cuerpo infinito a partir de la misma definición de cuerpo, que es aquello que está limitado por una superficie, por tanto se sigue la imposibilidad de que haya un cuerpo infinito, pues todo cuerpo lo es en función de su limitación. En otras palabras, dado que el cuerpo puede ser entendido como una magnitud tridimensional que es mensurable, queda clara la imposibilidad de su infinitud, ya que todo cuerpo es mensurable.

Y aun suponiendo que pueda existir algo tal como el cuerpo infinito, éste no podrá ser ni simple ni compuesto. Tanto en *Física* como en *Acerca del cielo* encontramos una argumentación semejante contra la pretensión de que un cuerpo infinito sea simple o compuesto.

En *Física* leemos que el cuerpo infinito no será compuesto, dado que el número de los cuerpos simples (elementos) es finito. Los elementos por su parte tampoco

¹⁴ *Física*, III, 4, 203b, 15.

¹⁵ *Física*, III, 4, 204a.

son infinitos en cantidad, pues, si lo fueran, o al menos alguno de ellos fuera infinito, tendría una extensión infinita en todas las direcciones de manera que abarcaría a los demás. De igual modo resultaría imposible que el cuerpo infinito fuera uno y simple, porque no hay un cuerpo como tal además de los elementos y ya se explicó por qué estos son finitos en número y cantidad. Por tanto, dicho cuerpo debería ser distinto a éstos; sin embargo, para Aristóteles, el hecho de que no se haya observado nunca un cuerpo así es una prueba de su imposibilidad.¹⁶

Por otro lado, en *Acerca del cielo* encontramos que Aristóteles argumenta lo siguiente: que todo cuerpo será o simple o compuesto y dado que los cuerpos simples son limitados, necesariamente el cuerpo compuesto de ellos también será limitado. Lo compuesto de cuerpos limitados en número y cantidad, también estará limitado en estas dos categorías: número y cantidad. Dicho cuerpo será tan grande como la suma de aquellos que lo componen pero como son finitos, el cuerpo compuesto de éstos también será finito.¹⁷

Continuando con la argumentación que lleva a cabo en esta obra, Aristóteles refuta la suposición que había mencionado en *Física* sobre el hecho de que el cuerpo infinito debería ser distinto a los cuatro elementos terrestres, pues el éter no es infinito, sino más bien finito en su totalidad y como ya había aclarado, no es susceptible de aumento o disminución en su cantidad.

Si el éter fuera infinito, también lo serían los radios que se trazaran desde el centro hacia la periferia del cosmos. Y si los radios fueran infinitos, también lo sería el espacio que atravesaran. De igual forma, si el éter fuera infinito, también lo sería la separación que existe del centro a la periferia del cosmos, por lo que no podrían ser recorridos, de lo cual también se deduciría la imposibilidad de que dicho cuerpo se moviera en círculo. Sin embargo, vemos que el cielo da vueltas en círculo, es decir, que tiene un desplazamiento limitado, finito.

¹⁶ Cfr. *Física*, III, 5, 204b, 5-35.

¹⁷ Cfr. *Acerca del cielo*, I, 5, 271b, 18-24.

Afirmar la finitud del cielo está en función de que el tiempo que invierte en una revolución es finito, ya que si fuera infinito, no podría moverse en un tiempo finito. Aristóteles también concluye que es imposible que el éter sea infinito, puesto que es imposible recorrer una línea infinita en un tiempo finito, sólo sería posible hacer dicho recorrido en un tiempo infinito.

El cielo gira y se desplaza en un tiempo limitado en el que recorre la circunferencia interior. Por tanto, es absurdo el planteamiento que supone que el cielo sea infinito y se mueva en círculo, porque de ello se sigue que ha recorrido una distancia infinita en un tiempo finito. Pues es claro que, si el tiempo que tarda en completar una revolución es finito, es necesario que la distancia que ha recorrido sea también finita, pues ha recorrido una distancia igual a él en la trayectoria circular, *ergo*, él es limitado. La conclusión es que, el cuerpo que se mueve en círculo no es infinito ni ilimitado, ni tampoco lo son los cuatro elementos terrestres, sino que, todos son finitos en cantidad. De la trayectoria circular de los astros se derivará la finitud del cosmos, pues ésta marca la periferia del universo.

En general, el cuerpo infinito no podría moverse, ni de manera natural ni forzada, ya que:

“(...) ni siquiera es posible, en general que lo infinito se mueva. Pues, o bien se moverá por naturaleza o bien de manera forzada; y si de manera forzada, existirá frente a él un movimiento por naturaleza y, en consecuencia, otro lugar de igual extensión hacia el que se desplazará.”¹⁸

Suponer que el infinito pueda tener un movimiento natural y moverse conforme a éste implica también que hay uno violento por el cual pueda ser movido, la existencia de un movimiento natural del infinito involucra la existencia de un lugar cuya extensión, sea natural para él, hacia el cual o en el cual el infinito se desplazaría, es decir, un lugar infinito.

Por esto, podemos puntualizar y aclarar que cuando se habla de *lugares naturales*, éstos sólo se encuentran gracias al movimiento de traslación, pues sólo

¹⁸ *Acerca del cielo*, I, 7, 274B, 30.

los cuerpos simples que cambian de lugar, dada su ligereza o gravedad, tienden a su *lugar natural*. En el caso de los entes que se mueven según la quiddidad, es decir, según generación y corrupción, no podríamos hablar propiamente de que tiendan hacia su lugar natural mediante este movimiento, pues cambiar de lugar es consecuencia de un movimiento de traslación, derivado de la levedad o la gravedad del cuerpo, no de uno de *ουσία* que implique generación y/o corrupción. El lugar no afecta ni modifica la *ουσία* de los elementos, la tierra en la altura de las montañas es igual a la tierra que se encuentra en una meseta.

No obstante, sí podríamos decir que un ente que cambia según la cantidad y que si llega a incrementar su peso tenderá naturalmente hacia el centro del mundo por su gravedad. Así pues, entendamos que un movimiento natural hacia un lugar natural sólo es propio de aquellos cuerpos dotados de ligereza o gravedad, lo cual es independiente de su quiddidad o *ουσία*.

Por tal motivo, considero que, Steven Shapin confunde las características del movimiento de *ουσία* y el de lugar, cuando sostiene que todo ente que se genera tiende a su lugar natural. A este respecto, Shapin escribe que:

“(...) el modelo de la física aristotélica era la biología, y empleaba las categorías explicativas similares a las que se utilizaban para entender a los seres vivos. Así como el desarrollo que experimenta la bellota hasta convertirse en un roble, es la transformación en actual de lo que era potencial, la caída de una piedra desde una altura determinada es la actualización de su potencia, la realización de su <naturaleza>.”¹⁹

Sostener lo anterior, implica hacer una reducción del estudio hecho por Aristóteles en *Física*, únicamente al terreno de la biología, lo cual deja de lado e ignora los conocimientos cosmológicos derivados del estudio de la física terrestre y la física celeste. La reducción que hace Shapin de la física aristotélica a únicamente una explicación biológica, es consecuencia de que sólo tome la explicación del movimiento de *ουσία*, que tiene relación con la generación y corrupción de los

¹⁹ Shapin, Steven, *La revolución científica*, Paidós Barcelona, 2000. Pág.50.

entes; además de que este autor no considera el resto de los movimientos: cualidad, cantidad y lugar, con lo cual deja de lado las repercusiones que tiene la explicación del movimiento de lugar en el campo de la cosmología.

Pero regresando a lo dicho por Aristóteles y al problema que aquí nos ocupa con respecto a la finitud y la infinitud de los cuerpos, dado que no hay un cuerpo infinito que se mueva natural o violentamente hacia algún lugar natural, queda pues anulada la tesis que defiende el cuerpo infinito y el lugar infinito capaz de albergar dicho cuerpo, pues tal como se vio con antelación, el lugar es lo que circunda el cuerpo, pero en este caso, si no hay un lugar infinito que lo circunde tampoco habrá un cuerpo infinito que sea albergado por dicho lugar.

Si no hay tales cosas como el cuerpo infinito ni simple ni compuesto, queda claro que tanto la materia como el espacio del cosmos son finitos, por consiguiente, no es consecuente plantear la posibilidad de que existan otros mundos análogos a éste, pues no habría lugares que los circundaran, ni materia de la cual se constituyeran.

Otra manera que ocupa Aristóteles para argumentar que sólo hay un mundo sublunar en el cosmos, es planteando que si existieran otros mundos, éstos estarían constituidos de los mismos elementos que el nuestro. Sin embargo, en nuestro mundo, observamos que hay un elemento que tiende hacia el centro (tierra) y otro que tiende hacia la periferia del cosmos (fuego), por lo que, será necesario que lo mismo suceda en los supuestos otros mundos sublunares, dada la composición de los elementos que los integrarían.

Bajo la hipótesis anterior, sería un movimiento natural que las partículas de tierra de alguno de los otros mundos se desplazaran al centro del nuestro, así también lo sería, que el fuego (de esos mundos) al ir hacia su periferia terminara dirigiéndose hacia el nuestro, lo cual resultaría absurdo. De esta manera se finiquita la posibilidad de que existan otros mundos más allá del cielo, por la imposibilidad de movimientos naturales en cualquier otro mundo hipotético.

De esta manera, Aristóteles sostiene que el mundo es uno solo y que hay una serie de movimientos que se dan en el interior del mismo, que unos son propios del Cielo y otros lo son de la Tierra, el movimiento de lugar es exclusivo para los astros y los de *ουσία*, cualidad, cantidad y también lugar, para los entes de la Tierra. De igual modo, se había mencionado que el movimiento de quiddidad o *ουσία*, era propio de los entes que podían generarse o corromperse, como también lo eran el de cualidad, cantidad y lugar. Pues bien, para el estudio de éstos, Aristóteles propone lo siguiente: *“Es evidente que tendremos que examinar cuanto se refiere a la generación y a la destrucción y a todo cambio natural, a fin de que, conociendo sus principios podamos intentar referir a ellos cada una de nuestras investigaciones”*²⁰

Más adelante, leemos que los movimientos terrestres están subsumidos a la acción de cuatro causas, las cuales Aristóteles explica de la siguiente manera:

*“En este sentido se dice que es causa (1) aquel constitutivo interno de lo que algo está hecho, como por ejemplo, el bronce respecto de la estatua o la plata respecto de la copa [...] En otro sentido (2) es la forma o el modelo, esto es, la definición de la esencia y sus géneros [...] En otro sentido (3) es el principio primero de donde proviene el cambio o el reposo, como el que quiere algo es causa, como es también causa el padre respecto de su hijo y en general el que hace con respecto de lo hecho, y lo que hace cambiar algo respecto de lo cambiado. Y en otro sentido (4) causa es el fin, esto es, aquello para a cual es algo, por ejemplo el pasear respecto de la salud”*²¹

Así es como Aristóteles enumera las cuatro causas del movimiento que se da en el cosmos. Es pertinente señalar el orden en el cual las va mencionando; la primera de ellas es la causa material, la cual podemos entender como aquella desde la cual una cosa es hecha, por ejemplo: en el caso de una escultura, la causa material sería el bronce o el mármol, la materia alberga cierta potencialidad de ser moldeada y de ella es generado algo cuando se ve determinada por una

²⁰ *Física*, II, 3, 194b, 20.

²¹ *Física*, II, 3, 194b, 23.

forma que la limita y la actualiza. La segunda es la causa formal, que es la entidad que viene a configurar; es decir, es la causa de que algo sea lo que es, también podemos llamarla la esencia de la cosa. La tercera de las causas, es la eficiente, a saber, la causa más próxima de dónde proviene la transformación o mutación, de igual modo, podría decirse que la causa eficiente refiere al hacedor de las cosas, como el esperma lo sería de un niño o el escultor de la escultura. Y la última de las causas, es la final, ésta es la que motiva el para qué de la cosas, la finalidad con la que son elaboradas o llevadas a cabo ciertas actividades; en el mismo ejemplo del escultor, se diría que éste realiza la estatua con la finalidad de que sirva para ornamentar algún lugar, ahí se encontraría la causa final de la escultura.

Sin embargo, y pese a la exposición de las cuatro causas; podría todavía pensarse que el movimiento esté causado más allá de ellas y que su explicación no se agota ni se ciñe únicamente a estas causas. Es más, podría plantearse la posibilidad de que existieran causas infinitas si se prolonga la búsqueda de éstas siempre una más atrás de la próxima. Pero, ¿Cuál sería el problema si se acepta la existencia de causas adicionales a las cuatro que menciona Aristóteles? ¿Más aún, cuál sería el problema de sostener la existencia de causas adicionales que se prolonguen al infinito?

Aristóteles refuta la aceptación de las causas infinitas, porque el hecho de aceptarlas implicaría declinar la idea del universo ordenado (no habría causas finales ni formales para los seres). Así también, se diría que la prolongación de las causas al infinito no es compatible con la comprensión del movimiento, entendiendo éste como un cambio y/o proceso que atraviesa un ente ya sea en *ουσία*, cualidad, cantidad o lugar.

En primer lugar, la aceptación de causas infinitas oblitera la causa final, pues todo lo que sucediera, sería fortuito o simplemente no tendería hacia ninguna finalidad, lo cual, desde la perspectiva de Aristóteles, es absurdo (actuar sin que haya un para qué), además de que ello cancelaría la naturaleza del bien y la posibilidad del entendimiento en los entes:

“(…) si existe tal término último, no habrá progresión al infinito, y si no existe, no habrá aquello en vista de lo cual. Pero los que suponen la progresión infinita destruyen sin darse cuenta la naturaleza del bien. (Sin embargo, nadie intentaría hacer nada si no hubiera de llegar a un término); ni habría entendimiento en los entes; pues el que tiene entendimiento obra siempre en vista de algo.”²²

Posteriormente, argumenta que admitir las causas infinitas también implicaría cancelar la posibilidad de conocer cualquier cosa, pues como ya había comentado con antelación, en *Física* nos dice que para conocer algo es necesario conocer sus principios y causas, lo cual resultaría imposible si encontramos que tales principios y causas se prolongan hasta el infinito, además de que sería imposible recorrerlas todas en un tiempo finito. De esta manera tenemos que la posibilidad de conocer se cancelaría:

“Además, los que así dicen destruyen el saber; no es posible, en efecto, saber antes de llegar a los elementos indivisibles de la definición, y ni siquiera se puede conocer; pues ¿cómo es posible entender las cosas que son infinitas de este modo?”²³

c) Modos de realidad del infinito

Veamos ahora los modos de realidad que sí tendría el infinito y/o lo infinito en un cosmos finito, así como las clases de infinito que reconoce Aristóteles, pues también en *Física* nos dice que la negación absoluta del infinito es una hipótesis que conduce a consecuencias imposibles, respecto a este punto escribe Aristóteles: *“Porque en tal caso tendría que haber un comienzo y un fin del tiempo, las magnitudes no serían divisibles en magnitudes y el número no sería infinito”²⁴*

Lo que hace Aristóteles respectivamente en los capítulos 6, 7 y 8 del libro III de *Física* es demostrar la posibilidad de la existencia del infinito a partir de la adición

²² *Metafísica*, II, 2, 994b, 10.

²³ *Metafísica*, II, 2, 994b, 20.

²⁴ *Física*, III, 6, 206^a, 10.

en el caso de los números o de la división en el caso de las magnitudes: *“el infinito se manifiesta de una manera en el tiempo y en las generaciones de los hombres, y de otra en la división de las magnitudes”*²⁵ afirma el filósofo.

Entre las clases de infinitos aceptadas como posibilidad por el propio Aristóteles, encontramos el infinito por la adición y por la división, no obstante, cada uno se da de manera distinta y con distintos elementos. Al respecto, nos dice que hablar de infinitud por adición no es posible en la magnitud, porque ya se han visto y establecido las razones por las cuales la materia y los cuerpos son finitos; aun si se fuera en sucesión a través de éstos, llegaría un punto límite donde la sucesión terminaría, pues la suma de cuerpos finitos también será finita. Por eso es que el infinito por adición no es posible en la magnitud.

En cambio el infinito por adición sí es posible en los números, pues llevando una progresión ascendente a través de ellos, apreciamos que el número más grande puede ser separado. En la dirección de los números mayores, la progresión nunca terminaría, dado que siempre es posible pensar un número más grande. De este modo, el infinito por adición se presenta de manera potencial, no actual, entendiendo el hecho de que sea potencial como que alberga la posibilidad de aumentarse y, aun cuando lo haga, nunca estará dado de facto, siempre tendrá la posibilidad de aumentarse más, por lo cual nunca estará plenamente realizado; es decir, en acto.

Por otro lado, el infinito por división sí encontraría posibilidad en la escisión de la magnitud, pues tal como sostiene Aristóteles, en las magnitudes, lo continuo se puede dividir hasta el infinito; es decir, siempre se podrá encontrar una magnitud más pequeña a medida que se vaya dividiendo. Sin embargo, en el caso de los números, es imposible pensar en el hecho de extender la división al infinito, pues el límite de esta operación se encontraría en la unidad, más allá de la cual es imposible mantener una división que siga prolongándose.

²⁵ Física, III, 6, 206a, 26.

Otro punto que es importante señalar cuando se habla de los modos de realidad del infinito, así como de las clases de éste, es que “*el infinito no es el mismo en la magnitud, el movimiento y el tiempo*”²⁶ pues, como ya vimos, para la magnitud sólo es posible por medio de la división, en el movimiento sólo lo es a partir de la eterna traslación de los astros circularmente y en el tiempo a través de la sucesión y progresión de los movimientos.

De estos últimos dos (movimiento circular y tiempo) nos dirá que son infinitos junto con el pensamiento, aunque no permanezca la parte que es tomada de ellos, lo cual viene a remarcar que tanto el tiempo como el movimiento son infinitos en tanto que procesos inacabados, en otras palabras; son infinitos de manera potencial, nunca actual.

Así quedan explicados los modos en que Aristóteles cancela algunos de los distintos sentidos del infinito y los motivos por los cuales lo hace, mismos que están completamente subsumidos a su consideración de un cosmos finito en extensión con movimientos jerarquizados y repartidos según el lugar (sublunar y supralunar) que les corresponde. De igual modo, también queda sentada la exposición de la explicación que hace para hablar de los modos de realidad del infinito y las clases que de éste hay, y que igualmente guardan una relación con su concepción de una cantidad de materia finita en el universo.

d) Contra el vacío y la imposibilidad del movimiento en él

Cabe mencionar que en la argumentación que mantiene a través de *Física*, Aristóteles no acepta la posibilidad del vacío, menos aún que alguno de los tipos de movimientos que previamente han sido señalados puedan darse dentro de él. Sin embargo, no por el hecho de que haya considerado el vacío como algo absurdo lo omitió de su obra. Pues en algunos apartados del libro tercero de dicho texto, menciona las apreciaciones que se habían hecho de este concepto tiempo atrás, y nos muestra algunas de las definiciones que comúnmente se aceptaban de dicho término, pero todo esto con el objetivo de refutarlas.

²⁶ *Física*, III, 207b, 22

A este respecto nos ofrece un par de definiciones sobre el vacío; en la primera de ellas dice que: *“Así, en un sentido, parece que se llama vacío lo que no está lleno de un cuerpo sensible por el tacto, siendo sensible por el tacto lo que es pesado o ligero”*²⁷

Más adelante, en el mismo capítulo menciona una segunda definición que comúnmente era aceptada para referirse al vacío:

*“En otro sentido se llama «vacío» aquello en lo cual no hay un «esto» ni una ouσία corpórea. Por esto, algunos afirman que el vacío es la materia de un cuerpo, lo que también habían dicho del lugar, identificando ambas cosas. Pero al decir eso hablan de manera poco afortunada, porque la materia no es separable de las cosas, mientras que ellos investigan el vacío como algo separable.”*²⁸

En ambas definiciones encontramos que el vacío es concebido como un lugar separado de la materia, es decir, donde no hay ningún cuerpo sensible; claro está, con las implicaciones que tiene el hecho de que un cuerpo sea sensible, a saber: extenso, ligero o pesado.

La negación del vacío que hace Aristóteles a partir de las refutaciones a estas definiciones está en función de que la admisión de este concepto no permitiría la reproducción del movimiento de forma más sencilla (dado que no hay cuerpos sensibles, y no se estorbarían unos a otros al moverse), sino que por el contrario lo haría prácticamente imposible.

Por otra parte, también pone en crisis las posturas de aquellos que colocaban al vacío como la causa del movimiento, así como la idea de qué era un lugar desprovisto de cuerpos, esto cuando afirma que: *“Además si fuera como un lugar desprovisto de cuerpos, cuando haya un vacío ¿hacia dónde se desplazará un cuerpo que haya sido introducido en él?”*²⁹

²⁷ *Física*, IV, 7, 214a, 5.

²⁸ *Física*, IV, 7, 214a, 10-15.

²⁹ *Física*, IV, 8, 214b, 17.

Ya se ha revisado que los cuerpos naturales simples (elementos) se desplazan según su ligereza hacia arriba o según su gravedad hacia abajo. Pero en el vacío no hay una distinción entre un arriba y un abajo, por lo que el movimiento se vuelve prácticamente imposible. En relación a este punto, me parece que es pertinente revisar la consideración que tiene Ingemar Düring para aclarar que *“el espacio vacío carece de estructura geométrica, y por ello de cualidades que pudieran determinar la dirección de un movimiento; en el vacío no puede uno orientarse espacialmente.”*³⁰

Aristóteles también lanza una crítica contra los atomistas que consideraban la existencia del vacío como una condición necesaria para el movimiento, pues la existencia de éste, se convierte en una imposibilidad para el movimiento, ya que no hay diferencias, ni lugares privilegiados que pudieran asumirse como <naturales>, por tanto, algo tal como los <movimientos naturales> de los elementos, resultado de su ligereza o gravedad resultarían imposibles.

Con respecto a este mismo problema, tenemos la consideración de Alexandre Koyré, el cual nos dice que:

*“(…) en el vacío (como en el espacio de la geometría euclidiana) no hay lugares o direcciones privilegiados. En el vacío no hay, ni puede haber <lugares naturales>. Por consiguiente un cuerpo colocado en el vacío no sabría a donde ir, no tendría ninguna razón para dirigirse en una dirección mejor a otra, y por tanto, ninguna razón para moverse”*³¹

De esta manera tenemos que el movimiento natural quedaría cancelando tanto en el vacío como en el infinito, Aristóteles lo explica de la siguiente manera en el libro cuarto de *Física*, cuando asevera: *“¿Cómo podría haber un movimiento natural si no hay ninguna diferencia en el vacío y el infinito? Porque en el infinito, en tanto*

³⁰ Düring, Ingemar, *Aristóteles*, UNAM, México, 1990, pág. 497.

³¹ Koyré, Alexandre, *Estudios de historia del pensamiento científico*, Siglo XXI, Madrid, 1990, pág. 163.

*que infinito, no hay arriba ni abajo ni centro, y en el vacío en tanto que vacío, el arriba no difiere en nada del abajo.”*³²

Considero que para el tratamiento de este punto resultan de mucha utilidad las interpretaciones de Düring y Koyré, puesto que el primero afirma que la existencia del vacío impediría todo movimiento y cambio en el cosmos aristotélico, y lo pone de la siguiente manera: *“La existencia del espacio vacío refutaría la doctrina aristotélica del movimiento y el cambio”*³³ Por su parte, tenemos que Koyré interpreta que para Aristóteles, la aceptación del vacío implicaría la destrucción del cosmos, así como de su división en dos partes y los lugares naturales que corresponden a cada una de dichas partes, lo cual afirma de la siguiente manera: *“Un espacio vacío (el de la geometría) destruye enteramente la concepción de un orden cósmico: en un espacio vacío, no sólo no existen lugares naturales sino que no hay en absoluto lugares.”*³⁴

La consecuencia de esto es que, tanto el vacío como el infinito (éste último en los distintos sentidos previamente refutados) resultan un absurdo y una oposición con la idea de un cosmos finito con movimientos ordenados al interior del mismo, que a su vez se encuentre determinado por las cualidades de los elementos, o bien, por las cuatro causas. Valga esta exposición para mostrar, en primera instancia la refutación aristotélica al infinito en sus distintos sentidos y en segunda instancia al vacío.

e) Física celeste, física terrestre y antropocentrismo

A lo largo del capítulo hemos ido dilucidando los distintos elementos que integran tanto los movimientos celestes como los terrestres y lo que haremos ahora, será dar un esbozo general de las consideraciones aristotélicas que dividen el cosmos en dos partes.

³² *Física*, IV, 8, 213a, 6.

³³ Op. Cit. Düring, Ingemar, pág. 498.

³⁴ Op. Cit. Koyré, Alexandre, pág. 163.

Ya hemos mencionado la diferencia de los movimientos que hay en el cosmos, así como el modo en que cada uno de éstos es posible y el lugar en el que cada uno se da. Recapitulando: para Aristóteles el cosmos es finito, un todo jerárquicamente ordenado en que cada ente tiene un lugar. Cada cuerpo simple (elemento) tiene un lugar natural, ya sea en el centro del cosmos (tierra), en sus inmediaciones (agua y aire) o en la periferia del mismo (fuego). Dicho lugar natural se alcanza según la gravedad o levedad que cada cuerpo tenga de manera intrínseca. Por eso, si son separados de su lugar natural por algún movimiento violento; según sean leves o graves, los cuerpos tenderán a reocupar sus respectivos lugares naturales.

Al hablar de los movimientos derivados de la gravedad o levedad de los cuerpos también es necesario mencionar que una de las regulaciones que hay sobre éstos estriba en que las velocidades de caída de los graves y de ascenso de los leves, están en proporción directa al peso o ligereza que posean. También, es importante tener en consideración que la velocidad de un cuerpo aumenta en la medida que se aproxima hacia su lugar natural; así, en la medida que más se aproxima una piedra a la tierra, su velocidad incrementa, lo mismo sucede con el fuego en la medida que más se aproxima a la periferia del cosmos. Sin embargo, la velocidad sólo se aprecia de manera empírica, no se cuantifica ni se asume como criterio para distinguir un movimiento de otro, en este sentido, la velocidad se asume como una constante en el desplazamiento de los cuerpos.

La diferencia entre la física celeste y la terrestre estriba principalmente en que la primera sólo se rige por un tipo de movimiento: el de lugar, que a su vez es circular, constante, y perpetuo dadas las características del éter. Este cuerpo simple es distinto en comparación con los cuatro elementos terrestres, pues está exento de levedad y gravedad, es ingrávido, por tanto, es inmune a cualquier movimiento violento que pretenda apartarlo de su lugar natural.

El movimiento del éter es perfecto, es circular y al cerrarse sobre sí mismo, carece de principio y de fin, es eterno, ilimitado temporalmente, pero limitado espacialmente. Mientras que los cuerpos (elementos) sublunares estarían en

reposo una vez en su lugar natural, el éter es el único que puede moverse aún en su lugar natural, es decir, a través de toda la bóveda celeste.

Shapin explica brevemente la diferencia entre la física celeste y la terrestre de la siguiente manera:

“La Tierra y la región que se extendía entre la Tierra y la Luna, estaba sometida a procesos de cambio y corrupción que resultaban familiares. En la Tierra todo el movimiento era rectilíneo y discontinuo. Pero el Sol, las estrellas, y los planetas obedecían a principios físicos muy diferentes. En sus dominios no había cambio ni imperfección. Los cuerpos celestes se movían continuamente en círculo, si es que se movían, ya que el movimiento circular uniforme era el más perfecto posible.”³⁵

Así pues, de la división de las dos físicas, y del acomodo no sólo de los elementos en función de éstas, sino también de los astros; es que tenemos una de las consecuencias más importantes de la cosmología aristotélica: que la Tierra (por su gravedad intrínseca) viene a ocupar el centro del universo. Y como el hombre habita en ella, por consiguiente, él también ocupa el centro del universo. Aristóteles lo pone de esta manera:

“Es evidente, pues, que la tierra ha de hallarse necesariamente en el centro e inmóvil, por las causas expuestas, y porque los pesos arrojados verticalmente por la fuerza hacia arriba vuelven al punto de partida, aunque la fuerza los lanzara a <una distancia> infinita.”³⁶

Tenemos entonces que el geocentrismo es una de las principales consecuencias de la cosmología aristotélica, y con ello también el antropocentrismo, es decir, el hombre está parado sobre el centro del cosmos. No obstante, la formulación como tal del modelo astronómico geocéntrico tiene lugar una obra posterior a la del estagirita, misma que vio permeados sus fundamentos por las tesis aristotélicas, me refiero a *El Almagesto* de Claudio Ptolomeo.

³⁵ Op. Cit. Shapin, Steven, pág, 37

³⁶ *Física*, II, 14, 296b, 21.

f) Influencia de la filosofía aristotélica en la obra de Ptolomeo y en el modelo geocéntrico

Las tesis aristotélicas con relación al cosmos y la división que hace de éste en dos partes, una supralunar y otra infralunar, influyeron en una gran cantidad de estudiosos, tanto en filosofía como en ciencia, luego de la muerte del estagirita. Uno de tantos sitios, fue particularmente la ciudad de Alejandría, en la cual tuvieron lugar las observaciones astronómicas de Claudio Ptolomeo durante el siglo II d.C. mismas que conjuntó en su obra *El Almagesto*.

La obra de Ptolomeo fue de gran importancia en la antigüedad y tuvo vigencia hasta poco después de que Nicolás Copérnico publicara su libro: *Revolutionibus orbium coelestium* (De la revolución de los Orbes Celestes) en 1543, misma en la que planteara una serie de refutaciones a las tesis sobre física y cosmología de Aristóteles y a las inconsistencias derivadas del modelo geocéntrico de Ptolomeo, pero de esto trataremos en el siguiente capítulo.

Elementos que Ptolomeo rescata de la filosofía aristotélica

En cuanto a Ptolomeo y *El Almagesto*, encontramos que en dicha obra existen una serie de argumentos propiamente tomados de la filosofía aristotélica, ya que es posible apreciar tanto en el prefacio como en el primer libro, que el autor mantiene la creencia en la supuesta inmovilidad de la tierra, misma que en alguna medida, al igual que con Aristóteles, es sostenida con base en la experiencia y la observación.

En el prefacio de *Almagesto*, encontramos que Ptolomeo acepta y mantiene la división de las ciencias teoréticas hecha por Aristóteles, la cual es presentada por el filósofo griego específicamente en el primer capítulo del libro Épsilon de *Metafísica*, recordemos que tal división separa a las ciencias teoréticas en matemáticas, física y teología.³⁷

³⁷ Cfr. *Metafísica*, VI, 1, 1026a, 17-22.

Pero no sólo es el caso que Ptolomeo mantenga tal división, sino que manifiesta su acuerdo con ella al decir que: *“For indeed Aristotle quite properly divides also the theoretical into three immediate genera: The physical, the mathematical, and the theological. For given that all beings have their existence from matter and form and motion.”*³⁸ Ptolomeo conserva el argumento aristotélico y con base en él, señala en este mismo Prefacio una diferencia entre la física y la teología, pues nos dice que el objeto de estudio de la teología son todos los fenómenos que están por encima del mundo sublunar, los cuales se estudian de una manera distinta a como se estudian los fenómenos que son percibidos únicamente por los sentidos, es decir, los fenómenos que se encuentran en el mundo sublunar y que constituyen el objeto de estudio de la física.

Elementos que modifica Ptolomeo de la física aristotélica

Sin embargo, es preciso señalar que no sólo la experiencia fundamenta la argumentación de la obra ptolemaica, sino que también ésta, a diferencia de las consideraciones aristotélicas sobre el cosmos, emplea un desarrollo matemático más complejo para el cálculo de los movimientos planetarios. Lo cual implica una diferencia significativa con respecto al filósofo estagirita. Pues recordemos que según Aristóteles el método matemático no era el más adecuado para el estudio de la física, tal como ya se revisó al comienzo de este capítulo. En su obra, Ptolomeo nos presenta la forma en la cual es que los fenómenos naturales pueden describirse con términos matemáticos.

Así mismo, un poco más adelante, nos dice que los objetos de estudio propios de la física se encuentran únicamente en el mundo sublunar, es decir, en lo que para Aristóteles sería la parte terrestre del cosmos; Ptolomeo hace esta afirmación con las siguientes palabras:

³⁸ Ptolemy, *The Almagest*, Encyclopedia Britanica, inc. Chicago, 1952, pág. 5. “Pues de hecho Aristóteles también divide lo teórico en tres géneros inmediatos: el físico, el matemático y el teológico. Ya que todos los seres tienen su existencia a partir de la materia, la forma y el movimiento.” (Esta traducción y las siguientes son de mi autoría). Para una traducción alternativa de esta cita y la siguiente, puede revisarse la traducción del Prefacio a Almagesto hecha por Carlos Mínguez, la cual se encuentra en el siguiente artículo: Mínguez, Carlos, *El prefacio al almagesto de Ptolomeo*, Thémata: Revista de Filosofía, Universidad de Valencia, 1995, Pág.24.

“(...) the kind of science which traces through the material and ever moving quality, and has to do with the white, the hot, the sweet, the soft, and such things, would be called physical; and such an essence (ουσία), since it is only generally what it is, is to be found in corruptible things and below the lunar sphere.”³⁹

Por otro lado, las matemáticas son colocadas entre la teología y la física, puesto que unifican el estudio de ambas al percibirse éstas últimas tanto por los sentidos como al margen de ellos. De esta manera, gracias a las matemáticas es posible describir el movimiento tanto de los cuerpos terrestres como de los celestes y unificar lo que antes estaba separado. Un claro ejemplo de lo que es matemático pero no percibido por los sentidos son los esquemas o diagramas planetarios, tales como los que Ptolomeo realiza para explicar el movimiento de los cuerpos celestes, pues su comprensión exige más que una simple percepción de los sentidos. Así también, tenemos que para este astrónomo las matemáticas conciernen a todos los entes del cosmos, es decir, tanto para la región terrestre como para la celeste.

De esta manera, con la división que hace Ptolomeo de las ciencias teoréticas, tenemos una referencia casi exacta a la división que ya había hecho Aristóteles. En este punto, considero que es pertinente mencionar que Ptolomeo asume a la teología como la ciencia primera y al ente sobre el que trata, como separado de la realidad empírica, inmutable e invisible. Esto lo plantea cuando afirma que:

“(...) if one should seek out in its simplicity the first cause of the first movement of the universe, he would find God invisible and unchanging. And the kind of science which seeks after Him is the theological; for such an act

³⁹ Ptolemy, *The Almagest*, Encyclopedia Britanica, inc. Chicago, 1952, pág. 5....el tipo de ciencia que trata sobre la cualidad material y siempre en movimiento, y que tiene que ver con lo blanco, lo caliente, lo dulce, lo suave, y cosas similares, sería llamada física; y tal esencia (ουσία) ya que generalmente es lo que es, se encuentra en cosas corruptibles y por debajo de la esfera lunar...

*(ἐνέργεια) can only be thought as high above somewhere near the loftiest things of the universe and is absolutely apart from sensible things (...)*⁴⁰

De esta forma es posible apreciar que, según este filósofo, el objeto de estudio de la teología puede ser concebido con independencia de los objetos sensibles. Gracias a lo cual es posible apreciar que la física y la teología tienen objetos de estudio sumamente distintos que sin embargo; se unifican cuando se estudian en términos matemáticos. Pues mientras que la física estudia las cualidades de los seres materiales y trata de las cualidades mudables de los entes que son perecederos, es decir, de los que se encuentran en la región sublunar del cosmos; la teología versa sobre el ente que no es propiamente ni sensible ni mudable, sino más bien inmutable e inmóvil.

Elementos que Ptolomeo rechaza de la física aristotélica

La astronomía planteada en *El Almagesto*, además de estar sustentada en la observación y en la experiencia, también se encuentra sustentada en gran medida por los cálculos matemáticos de Ptolomeo. En este aspecto se separa de Aristóteles y del método que el filósofo griego empleaba para el estudio de la física, a saber, la observación; ya que mientras éste observaba la forma y el movimiento de los entes naturales, Ptolomeo empleó las matemáticas para el estudio tanto de los cuerpos celestes como de los terrestres, pues en ambos hay movimiento, ya sea rectilíneo (ascendente o descendente) o circular, es decir, desde la postura de Ptolomeo tenemos que, lo corruptible y lo incorruptible se muestran a través del movimiento y se explican por medio de las matemáticas.

Así pues, las matemáticas son útiles para la descripción del movimiento, tanto de los cuerpos que por una parte son sensibles y por otra eternos e inmutables, pues gracias a ellas es posible establecer una relación entre ambos una vez que se contabiliza su movimiento. Por tanto, las matemáticas vienen a ser una manera

⁴⁰ Op. Cit. Ptolemy. pág. 5. ...si uno busca en su simplicidad la primera causa del primer movimiento del universo, encontraría a Dios invisible e inmutable. Y el tipo de ciencia que lo busca es la teológica; ya que tal acto (*ἐνέργεια*) solo puede ser pensado por encima, en algún lugar cercano a las cosas más sublimes del universo y está separado absolutamente de las cosas sensibles...

de aproximarse al estudio del cosmos, de relacionar y de homogenizar a los cuerpos terrestres con los celestes, propuesta que se contrapone evidentemente a la de Aristóteles.

El Almagesto presenta una teoría sobre los movimientos celestes y toma como base algunas de las principales proposiciones de la física aristotélica y pese a que parte de una base de observaciones empíricas, va más allá de éstas, pues implementa el uso de modelos matemáticos para la explicación de los movimientos planetarios, dichos modelos exigen ciertos conocimientos matemáticos por parte del lector que entra en contacto con ellos, así como también, ciertos conocimientos técnicos en astronomía para entender los esquemas que presenta.

Destino del modelo astronómico Ptolemaico

Gradualmente el modelo astronómico de Ptolomeo fue siendo modificado por astrónomos posteriores, algunos de los cuales habían añadido o suprimido algunos epiciclos o deferentes con respecto al modelo original, algunos otros habían empleado métodos distintos al de Ptolomeo para calcular los movimientos planetarios; no obstante, no es el interés por ahora, hablar con detenimiento sobre toda esta serie de modelos subsecuentes. Sin embargo, señalaré lo que Thomas Kuhn nos dice con relación a éstos en su obra *La revolución copernicana*.

“Ya no existía un solo sistema ptolemaico, sino una docena o más de ellos y su número se multiplicaba con inusitada rapidez al ir en aumento el número de astrónomos técnicamente cualificados. Todos estos sistemas se basaban sobre el modelo expuesto en el Almagesto, por consiguiente eran sistemas <<ptolemaicos>>”⁴¹

Con el constante y numeroso surgimiento de modelos astronómicos que partían de la base que había sentado *El Almagesto*, el modelo de Ptolomeo comenzó a perder originalidad y terminó por deformarse, así mismo las explicaciones dejaron

⁴¹ Kuhn, Thomas, *La revolución copernicana*, Planeta De Agostini, Barcelona, 1993, pág. 191.

de ser claras y suficientes, por este motivo la tradición astronómica entró en una etapa de confusión y rezago.

Más tarde, esta insuficiencia en las explicaciones astronómicas por parte de los “modelos ptolemaicos” derivados del original, fue uno de los factores desencadenantes para que se propiciaran las refutaciones de Copérnico hacia la física aristotélica y hacia *El Almagesto*, misma que tuvo lugar en su obra, *Revolutionibus orbium coelestium*; pero antes de abordar como tal la obra copernicana, hablaré sobre algunas de las críticas hacia la física aristotélica previas al siglo XVI, hechas durante lo que hasta hoy ha sido llamado el medioevo.

Capítulo2: Sobre las críticas escolásticas a la física aristotélica y el modelo heliocéntrico de Copérnico

a) Críticas escolásticas a la física de Aristóteles: Oresme y Benedetti

A continuación revisaremos algunas de las posiciones críticas más relevantes en contra de los planteamientos teóricos de la física aristotélica, mismos que eventualmente significaron un punto de partida y una influencia considerable para las teorías físicas de los siglos XV y XVI elaboradas por Copérnico y Galileo. A través de distintas observaciones algunos eruditos medievales fueron articulando juicios que podrían catalogarse como novedosos en el terreno de la física y que de la misma forma podrían considerarse como antecedentes del pensamiento científico posterior.

Es posible encontrar estos precedentes en las refutaciones que hizo Nicolás de Oresme (miembro de la escuela nominalista de París) a la física de Aristóteles, poniendo en crisis el argumento que afirmaba la unicidad de la Tierra, pues, según hemos visto en el capítulo anterior, para Aristóteles sólo existe una Tierra en el cosmos. Recordemos que en ese argumento Aristóteles afirmaba que, en caso de existir dos Tierras en el cosmos, ambas caerían hacia el centro del universo para formar una sola, pues según el movimiento natural que les corresponde por su gravedad, deberían ocupar el centro del cosmos. Sin embargo, para Nicolás de Oresme esta afirmación no tiene validez alguna, pues se basa en una concepción del movimiento no probada plenamente por el filósofo griego.⁴²

Para Oresme, nuestra Tierra tiene un centro e independientemente de la posición que ésta ocupe en el universo, es posible que sea hacia su centro hacia el cual se dirija la tierra. En este sentido, Oresme da una nueva connotación al movimiento natural, pues éste se encuentra en función de la posición relativa que tiene un cuerpo simple con relación a otros cuerpos simples, a diferencia de lo que

⁴² Para la explicación detallada de estas observaciones véase: Kuhn, Thomas, *La revolución copernicana*, Planeta De Agostini, Barcelona, 1993, pág. 160-172

planteaba la física aristotélica, es decir, que el movimiento natural de un cuerpo está en función de su gravedad o levedad, y consecuencia de ello es la posición que debe ocupar en el cosmos.⁴³

Por otro lado encontramos más refutaciones a la física aristotélica, desde lo que se ha llamado *la física del ímpetus*, la cual consistía en una serie de críticas que atacaban particularmente la explicación hecha por Aristóteles al final del libro VIII de *Física*, en la cual expone que un cuerpo puede moverse separado del motor, en tanto que es mantenido en movimiento por el aire o cualquier otro medio a través del cual se desplace dicho cuerpo.

Pero antes de revisar esta serie de críticas y los elementos que las integran, es pertinente hablar brevemente acerca de *la física del ímpetus*. Una explicación al respecto la encontramos en la obra de Tomas Kuhn:

“La teoría del ímpetus fue erigida sobre los restos de una de las explicaciones más débiles del corpus físico de Aristóteles, la explicación dada al movimiento de los proyectiles. Aristóteles había creído que, a menos que se vea sometida a una fuerza exterior, una piedra permanece en reposo o se desplaza en línea recta hacia el centro de la tierra. Se trataba de una explicación natural para un gran número de fenómenos pero no tardó demasiado tiempo en revelarse inadecuada para interpretar el comportamiento observado en un proyectil”⁴⁴

El comportamiento que se aprecia en un proyectil o una piedra es que, cuando abandona el motor que lo impulsa, (una mano o una honda en los ejemplos aristotélicos) no cae verticalmente hacia el suelo, sino que mantiene su desplazamiento en la dirección hacia la cual fue lanzada, incluso una vez que se ha desprendido de su motor.

⁴⁴ Op. Cit. Kuhn, Thomas, pág. 165.

Para los partidarios de la física del ímpetus, entre los cuales encontramos también a Giambattista Benedetti, la causa que conserva el movimiento en el móvil es justamente *el ímpetus*, o impresión motriz que pasa del motor al móvil y que una vez que entra en él o que se ha impregnado en éste, afecta su movimiento.

Una diferencia importante que encontramos entre la física aristotélica y la del ímpetus, es que en la primera el medio desempeña un doble papel, pues a la vez que ofrece resistencia a los movimientos, también se vuelve motor de los mismos cuando favorece el desplazamiento ascendente o descendente de los cuerpos en movimiento; en cambio, la segunda no admite que el medio ejerza algún efecto sobre los móviles. Por otro lado, también nos dirá el propio Benedetti que Aristóteles no comprendió el papel fundamental de las matemáticas para el estudio de la física, lo cual significó una limitante para su explicación.

Desde la perspectiva de Giambattista Benedetti, Aristóteles se equivocó hablando sobre los movimientos únicamente en términos de naturales y no naturales.⁴⁵ Una discrepancia importante entre ambos, se aprecia claramente desde la manera en que cada uno concibe el peso de los cuerpos. Pues mientras que en la física aristotélica el peso es una propiedad constante y absoluta de cada cuerpo; en la física del ímpetus el peso se vuelve una propiedad relativa, esto significa que el peso, ya sea grave o leve, es el resultado de la interacción del cuerpo con el medio, lo cual implica que un mismo cuerpo llegase a presentar diferentes pesos según los distintos medios en los cuales se encuentre.

De esta manera, la velocidad con la que se desplace un cuerpo estará en función de la interacción que tenga con el medio y la resistencia que éste ofrezca. En este sentido, el peso (leve o grave) se vuelve una fuerza motriz que interactúa con el medio y según la resistencia que éste oponga, o bien la facilidad que permita para el desplazamiento, la velocidad disminuirá o crecerá. Koyré lo explica de la siguiente manera:

⁴⁵ Para la explicación de esta tesis véase: Koyré, Alexandre, *Estudios Galileanos*, Siglo XXI, Madrid, 1990, págs. 38-52.

“Si las velocidades son proporcionales a las fuerzas motrices, y si una parte de la fuerza motriz (el peso) es neutralizada por la acción del medio, no es sino la parte restante la que cuenta y en medios cada vez más densos la velocidad del grave disminuirá.”⁴⁶

Es evidente que las refutaciones de Oresme y Benedetti, al igual que las de otros pensadores escolásticos hacia la física aristotélica, ejercieron gran influencia en el pensamiento y en algunos de los planteamientos de Copérnico y Galileo en la posteridad, pero también lo es el hecho de que hayan adquirido matices distintos a los que tenían en sus orígenes.

Sin embargo, ya veremos que cuando los argumentos de Oresme y Benedetti reaparecen en las obras de Copérnico y/o Galileo cumplen una función diferente y más creativa en comparación con la que tenían en sus orígenes. Pues estos astrónomos del siglo XVI querían demostrar que la Tierra podía moverse, a fin de explotar las ventajas astronómicas que se derivaran de tal hecho, pues una Tierra en movimiento facilitaría la explicación de los movimientos planetarios restantes. Por su parte, Nicolás de Oresme y Benedetti sólo querían demostrar que la Tierra podía moverse, sólo pretendían mostrar la insuficiencia de la explicación hecha por Aristóteles, no tenían intenciones de derivar un desarrollo astronómico más complejo a partir de sus refutaciones.

En los siguientes apartados veremos cómo las célebres obras de Copérnico y Galileo: *Revolutionibus orbium coelestium* y *Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo* respectivamente, se encuentran estructuradas con argumentos semejantes a los que acabamos de señalar, por lo cual es claro, que éstos muy bien pudieron elaborar sus razonamientos y críticas en contra de Aristóteles y Ptolomeo sobre la base que habían sentado sus predecesores.

b) El modelo astronómico de Copérnico

El *De Revolutionibus orbium coelestium* de Nicolás Copérnico fue publicado en 1543. En dicha obra, su autor planteaba una manera alternativa de estudiar los

⁴⁶ Op. Cit. Koyré Alexandre, *Estudios Galileanos*, págs.47-48.

astros y sus revoluciones a través del cielo, partiendo de la reorganización de los cuerpos celestes y la Tierra en un modelo heliocéntrico.

De igual modo, *De Revolutionibus* significó un punto de inflexión para la tradición astronómica del siglo XVI, pues su relevancia se edificó sobre la crítica que hacía contra la magna obra de la astronomía tradicional: *El Almagesto* de Claudio Ptolomeo. Cabe mencionar que dentro de sus principales objetivos, tenía la finalidad de aumentar la precisión y facilitar los cálculos de los movimientos planetarios a partir del intercambio de la posición entre la Tierra y el Sol, transfiriendo a éste último las características que la primera tenía en el modelo geocéntrico, es decir, ocupar la posición central del universo y permanecer inmóvil en el mismo.

Lo que comenzó como revisión técnica y modificación matemática del modelo más importante de la tradición astronómica, se convirtió en la excusa más adecuada para plantear una serie de cuestiones radicales en torno a la posición privilegiada en el universo que se creía era ocupada por la Tierra y los hombres que la habitaban, pues era claro que el planteamiento copernicano ponía en crisis algo tal como dicha posición privilegiada.

Las afirmaciones de Copérnico se convirtieron en el punto central de muchas controversias filosóficas, científicas, religiosas y sociales. No resulta extraño que las implicaciones meta-astronómicas de su obra fueran vistas con reticencia por la mayoría de las personas, ya que admitirlas supondría la destrucción de la cosmología que durante siglos había conformado la base de la que asumían como su vida cotidiana. Lo que estaba en juego era más que sólo la aceptación de uno u otro modelo del universo; en términos religiosos, era el sentido mismo de la vida cristiana el que iba de por medio, pues por ejemplo: si la Tierra no era más que un planeta entre otros planetas ¿Cómo podrían sostenerse los dogmas de la caída y salvación del hombre? Si era cierto que, como decía Copérnico, había otros cuerpos celestes semejantes al nuestro, era de suponerse que quizá Dios, habría querido que estuvieran habitados. Si había otros hombres semejantes a nosotros, ya no éramos los únicos hechos a imagen y semejanza suya, tal como se

desprende de la lectura del libro del Génesis, más aún ¿Era posible que aquellos también descendieran de los primeros padres Adán y Eva, o bien, cómo habían llegado ahí?

El modelo astronómico de Copérnico, cimbró y removió el suelo de garantías y seguridades bajo las cuales los hombres asumían su relación con Dios según los convencionalismos implantados por la religión. Hubo una transformación gradual en el modo de pensar esta relación.

Por otra parte, poner a la Tierra en movimiento suponía otras dificultades además de las religiosas, pues de manera general, los hombres, religiosos o no, perdían su lugar en el universo, o más bien, la pretendida construcción y organización que del universo habían hecho. La modificación del universo tradicional también implicó la modificación de los conceptos aceptados filosófica y científicamente, así como los modos para indagar sobre la naturaleza del cosmos. Lo cual significó el punto de partida a raíz del cual se transformaron las bases y conceptos fundamentales de la filosofía y de la ciencia.

Pero regresando al análisis de la estructura que presenta la obra de Copérnico, tenemos que en el prefacio de ésta (mismo que dedica al papa Pablo III) nos dice que durante mucho tiempo albergó algunas dudas ante la posibilidad de publicar sus estudios sobre las revoluciones de los orbes celestes, pues suponía que serían inmediatas las condenas hacia su obra y hacia él, inclusive por parte de aquellos que no entendieran sus planteamientos matemáticos. No obstante, aclara que luego de una larga deliberación decidió publicar sus descubrimientos de una manera semejante a como algunos pitagóricos solían enseñar filosofía.

“Y así, al pensar yo conmigo mismo, cuán absurdo estimarían el ἀκρόαμα (esta cantinela) aquellos que, por el juicio de muchos siglos, conocieran la opinión confirmada de que la tierra inmóvil está colocada en medio del cielo como su centro, si yo, por el contrario, asegurara que la tierra se mueve, entonces largo tiempo dudé en mi interior, si dar a la luz mis comentarios escritos sobre la demostración de ese movimiento o si, por el contrario,

sería suficiente seguir el ejemplo de los Pitagóricos y de algunos otros, que no por escrito, sino oralmente, solían transmitir los misterios de su filosofía únicamente a amigos y próximos, como testifica Lysis en su carta a Hiparco. Pero a mí me parece que no hicieron esto, como juzgan algunos, por un cierto recelo a comunicar sus doctrinas, sino para que asuntos tan bellos, investigados con mucho estudio por los grandes hombres, no fueran despreciados por quienes les da pereza el dedicar algún trabajo a las letras, excepto a lo lucrativo, o si, siendo excitados por las exhortaciones y el ejemplo de otros hacia el estudio liberal de la filosofía, por la estupidez de su ingenio se movieran los zánganos entre las abejas.”⁴⁷

Así también, en este mismo prefacio aclara que dentro de los motivos que lo impulsaron a buscar una manera distinta para deducir los movimientos de las esferas celestes, estaba la falta de acuerdos entre los matemáticos que previamente habían abordado la problemática del movimiento estelar. Sobre este punto nos dice lo siguiente:

“Primero porque estaban tan inseguros sobre el movimiento del Sol y de la Luna, que no podían demostrar ni observar la magnitud constante de la revolución anual. Después, porque al establecer los movimientos, no sólo de aquellos, sino también de las otras cinco estrellas errantes no utilizan los mismos principios y supuestos, ni las mismas demostraciones en las revoluciones y movimientos aparentes.”⁴⁸

De lo anterior se desprende que Copérnico ponga de manifiesto que ni las observaciones ni los modelos ptolemaicos que se desarrollaron posteriores al original de Claudio Ptolomeo pudieran resolver el problema que atañe al movimiento de los planetas ni el del movimiento de la Tierra y la simetría de sus partes; en lugar de ello, habían utilizado distintos principios, que a la vez los habían llevado a conclusiones diferentes pese a que trataban sobre un mismo

⁴⁷ Copérnico, Nicolás, *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, Editorial Tecnos, Madrid, 2009. Pág. 91-92.

⁴⁸ *Ibídem* pág. 92-93

acontecimiento astronómico. Añadir o suprimir epiciclos para demostrar un mismo movimiento y estructurar una explicación con arreglo a cada modelo, llevó a que Copérnico considerara que esos astrónomos con sus distintos modelos habían creado los miembros de un monstruo de constitución amorfa. Con respecto a esto, apunta que:

“Tampoco pudieron hallar o calcular partiendo de ellos, lo más importante, esto es, la forma del mundo y la simetría exacta de sus partes, sino que les sucedió como si alguien tomase de diversos lugares, manos, pies, cabeza y demás miembros auténticamente óptimos, pero no representativos en relación a un solo cuerpo, no correspondiéndose entre sí, de modo que con ello se compondría más un monstruo que un hombre”⁴⁹

Este mismo monstruo al que alude Copérnico engloba todos los intentos por generar un modelo astronómico definitivo que se habían hecho en períodos posteriores a Ptolomeo con la finalidad de mejorar el modelo de éste. Dentro de los cuales, no había uno que, a juicio de Nicolás Copérnico, diera resultados acorde con las observaciones de los astros hechas a simple vista. Esto no implicaba que dichos resultados fueran inferiores a los obtenidos y presentados por Ptolomeo; sin embargo, tampoco eran más completos. El uso indistinto de diversos principios y la imprecisión de los mismos eran las características de estos sistemas astronómicos criticados por el autor del *Revolutionibus*.

De igual modo, casi al final de este Prefacio, Copérnico menciona a algunos de aquellos que con antelación a él ya habían planteado la posibilidad de estudiar el universo partiendo de un modelo heliocéntrico y no como tradicionalmente se acostumbraba, con uno geocéntrico. En cuanto a esto nos dice que:

“(…) aunque la opinión parecía absurda (que la tierra se mueve), sin embargo, puesto que sabía que a otros se les había concedido tal libertad antes que a mí, de modo que representaban algunos círculos para demostrar los fenómenos de los astros, estimé que fácilmente se me

⁴⁹ Op. Cit. Copérnico, Nicolás, pág. 93.

permitiría experimentar, si, supuesto algún movimiento de la tierra, podrían encontrarse en la revolución de las órbitas celestes, demostraciones más firmes que lo eran las de aquellos.”⁵⁰

Así mismo, según Copérnico, los movimientos que él asigna para la Tierra (de los cuales se hablará más adelante, al tratar sobre la nueva mecánica terrestre) permiten que al relacionar el movimiento circular de la tierra con los movimientos de los demás astros, pueda obtenerse el cálculo de los movimientos de cada esfera celeste, así como su magnitud y el orden que hay entre ellos, es decir, la posición que ocupan unos con respecto de otros.

Aunque Copérnico no haga una mención explícita ni de Nicolás de Oresme ni de Giambattista Benedetti- siguiendo en este punto las opiniones de Thomas Kuhn y Alexandre Koyré- podemos decir que es muy posible que nuestro astrónomo haya estado al tanto de las aportaciones de ambos, entre las que se destacan las refutaciones que hicieron a la concepción del movimiento que tenía la física aristotélica, mismas que ya se han tratado en el apartado anterior. Por tal motivo, no es posible afirmar con seguridad que en el siglo XVI y aun antes de la publicación de *De Revolutionibus* la idea de una Tierra en movimiento careciera de precedentes.

La disculpa y aclaración de los motivos que orillaron a la publicación de su obra dirigida al papa Pablo III fue hecha con la finalidad de evitar represalias por parte de la iglesia, pues ésta se había encargado de conservar y profesar la idea de la posición central de la Tierra en el universo, pues sólo de esta manera era posible asumir que el universo estaba a disposición del hombre como creatura privilegiada y singular en comparación con las demás con quienes habitaba sobre la Tierra.

Una idea tan contraria al modelo astronómico establecido y aceptado durante siglos de tradición- en gran parte por acoplarse con los escritos bíblicos-, no sería tan fácilmente aceptada, eso sin mencionar que sus implicaciones contradecían la experiencia observacional, es decir, que el movimiento de la Tierra sostenido por

⁵⁰ Op. Cit. Copérnico, Nicolás, pág. 94

Copérnico no era perceptible ni observable, sino por el contrario, guiándose por la observación y los datos sensibles que ésta ofrece, los astrónomos de la antigüedad sostenían la inmovilidad terrestre y el geocentrismo, pues al observar el cielo veían a todos los astros girando a su alrededor, asignándoles por ello un movimiento perpetuo como en el caso de Aristóteles, además de que el geocentrismo era congruente con las enseñanzas escolásticas, la Tierra pensada como el centro del universo, lugar privilegiado otorgado al hombre como morada por el creador.

c) Recuperación del modelo aristotélico-ptolemaico

Ahora bien, regresando a la estructura de: *De Revolutionibus*, encontramos que en los cuatro primeros capítulos del libro primero, el autor recoge una serie de argumentos y razonamientos que no discrepan con los que eran comúnmente afirmados por la tradición y a juzgar por el contenido de los mismos, es posible encontrar muchas semejanzas entre algunos planteamientos de Aristóteles y los que Copérnico ocupa en estos primeros capítulos. Es pertinente señalar que la presentación que nuestro autor hace del cosmos en estos apartados que muy bien podrían considerarse como introductorios, no es tan técnica puesto que no emplea ninguna demostración matemática.

Con relación al modo en que este astrónomo inicia su obra, tenemos la opinión de Thomas Kuhn, quien considera que con dicha introducción Copérnico tenía la finalidad de ofrecer una explicación del movimiento terrestre a quienes no poseían los suficientes conocimientos matemáticos para entender los postulados técnicos que presentaría en los cinco libros restantes, así como mostrar que las consecuencias del movimiento terrestre no eran tan devastadoras como se suponía desde la perspectiva del modelo tradicional.

Así pues, desde el capítulo primero (que tiene por nombre *El mundo es esférico*) es posible rastrear algunos de los razonamientos que Copérnico conservó de Aristóteles. En dicho capítulo, el astrónomo habla sobre la esfericidad del mundo y con relación a esto nos dice que:

*“En primer lugar 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 capaz de todas las figuras, la que más conviene para comprender todas las cosas y conservarlas, sea también porque todas las demás partes separadas del mundo (me refiero al Sol, a la Luna y a las estrellas) aparecen con tal forma, sea porque con esta forma todas las cosas tienden a perfeccionarse.”*⁵¹

Un razonamiento semejante a éste lo encontramos en el tratado *Acerca del cielo* de Aristóteles, particularmente en el capítulo cuatro del libro II, mismo en el que trata de la esfericidad del mundo. Las consideraciones de Copérnico son casi idénticas a las que el filósofo griego había señalado con antelación, para ilustrarlo tomemos el siguiente pasaje del tratado previamente mencionado: *“Es necesario que el cielo tenga forma esférica: pues esta figura es la más adecuada a la entidad <celeste> y la primera por naturaleza”*⁵²

De esa manera es posible apreciar cómo es que ambos consideran que la esfera es la más perfecta de las figuras en comparación con el resto de ellas, por ser la más originaria de todas. Recordemos que un razonamiento semejante ocupa Aristóteles para sostener que el movimiento circular es más perfecto que el rectilíneo, pues es más originario, carece de contrario y es el más parecido al reposo.

El segundo capítulo del *De Revolutionibus*, titulado: *La tierra también es esférica*, nos presenta un argumento que perfectamente se concatena con el primero, pues tenemos que de la esfericidad del cosmos, Copérnico derivará también la esfericidad de la Tierra. Considero que es pertinente señalar que en tanto en este capítulo como en el primero, nuestro autor sigue una estructura expositiva muy semejante a la que Ptolomeo presenta en los capítulos número tres y cuatro de *Almagesto*, ya que en el capítulo número tres de dicha obra,

⁵¹ Op. Cit. Copérnico, Nicolás, Pág. 99

⁵² Acerca del cielo, II, 4, 286b, 10

titulado: *Que los cielos se mueven esféricamente*⁵³ Ptolomeo nos presenta una serie de argumentos para sostener que el movimiento de los cielos es esférico; y posteriormente en el capítulo número cuatro, titulado: *Que también la tierra, en su conjunto es sensiblemente esférica*⁵⁴ nos muestra cómo es que a partir de la observación de que los cielos se mueven de manera esférica, se puede derivar que también la forma de la Tierra es esférica.

Pero dejando de lado el análisis que se puede hacer de la estructura expositiva empleada por Ptolomeo y la semejanza que guarda con la que Copérnico presenta en *De Revolutionibus*, volvamos a lo que éste último nos dice de la esfericidad de la Tierra:

*“También la tierra es esférica, puesto que por cualquier parte se apoya en su centro. Sin embargo, la esfericidad no aparece inmediatamente como perfecta por la gran elevación de los montes y el descenso de los valles, a pesar de lo cual modifican muy poco la redondez total de la tierra.”*⁵⁵

Gracias a esta afirmación es posible apreciar la manera en que Copérnico parece seguir parafraseando a Aristóteles, pues es evidente la semejanza que guarda este pasaje con el capítulo cuarto del libro II del tratado *Acerca del Cielo*, ya que en dicho capítulo, también Aristóteles derivaba la esfericidad de la Tierra a partir de la esfericidad del cosmos, recordemos que según él: *“los cuerpos envueltos por lo esférico y en contacto con ello han de ser por fuerza totalmente esféricos”*⁵⁶

Más adelante podemos observar que otros motivos (además de los argumentos aristotélicos y la autoridad de la cual gozaban) por los cuales Copérnico afirmaba la esfericidad de la tierra, están en función de las observaciones que los navegantes habían tenido acerca de la curvatura del horizonte:

⁵³ Ptolemy, *The Almagest*, Encyclopedia Britanica, inc. Chicago, 1952, pág. 7. *“That the heavens move spherically”* La versión consultada está en inglés, por lo que ésta y las traducciones siguientes son de mi autoría.

⁵⁴ Op. Cit. Ptolemy, *The Almagest*, pág. 7. *“That also the earth taken as a whole is sensibly spherical”*

⁵⁵ Op. Cit. Copérnico, Nicolás, págs. 99-100

⁵⁶ *Acerca del cielo*, II, 4, 287a 5.

“También se deduce porque las aguas surcada por los navegantes tienen esta misma figura, puesto que quienes distinguen la tierra desde la nave, la contemplan desde la parte 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.”⁵⁷

Sin embargo, hay que decir que para ese momento no era ninguna novedad sostener la esfericidad de la Tierra a partir del desplazamiento a través de la curvatura del horizonte, puesto que un argumento sumamente parecido al que Copérnico presenta, ya había sido ocupado por Ptolomeo en el capítulo cuatro de su obra previamente citada, mismo en el que menciona que la curvatura tanto en la bóveda celeste como en el horizonte, se hace patente cuando nos movemos desde el sur hacia el norte y apreciamos que nuevas estrellas se vuelven observables, así como que aquellas que usualmente veíamos, van desapareciendo gradualmente a medida que avanzamos. En dicho apartado de la obra ptolemaica podemos leer lo siguiente:

“Yet the more we advance towards the North Pole, the more the southern stars are hidden and the northern stars appear. So it is clear that here the curvate of the earth covering parts uniformly in oblique directions proves its spherical form on every side. Again, whenever we sail towards mountains or any high places from whatever angle and in whatever direction, we see their bulk little by little increasing as if they were arising from the sea, whereas before they seemed submerged because of the curvature of the water’s surface.”⁵⁸

Pero regresando al análisis del *De Revolutionibus orbium coelestium*, encontraremos que en el capítulo tercero, titulado: *De como la tierra junto con el*

⁵⁷ Op. Cit. Copérnico, Nicolás, pág. 100

⁵⁸ Op. Cit. Ptolemy, *The Almagest*, pág. 9 “Sin embargo, cuanto más avanzamos hacia el polo norte, más se ocultan las estrellas del sur y aparecen las estrellas del norte. Entonces está claro que la curvatura de la Tierra que cubre uniformemente las partes en direcciones oblicuas demuestra su forma esférica en cada lado. De nuevo, cuando navegamos hacia las montañas o cualquier sitio alto desde cualquier ángulo y sea cual sea la dirección, vemos su volumen poco a poco aumentando como si surgieran del mar, mientras que antes parecían sumergidas por la curvatura de la superficie de las aguas.”

agua forman un globo, nos encontramos con que nuestro autor intenta mostrar que la conjunción de ambos elementos o cuerpos simples en un mismo centro de gravedad forma una esfera, así también nos dirá que es necesario que la Tierra tenga la misma forma que proyecta sobre la luna cuando la eclipsa, es decir, que sea redonda.

Al continuar con la lectura del capítulo cuarto, apreciamos un nuevo acercamiento a los razonamientos de la física aristotélica, este capítulo tiene por título: *El movimiento de los cuerpos celestes es regular y circular, perpetuo o compuesto por movimientos circulares*. Es preciso señalar que en el contenido de este capítulo volvemos a leer una observación similar a la que Aristóteles hacía con respecto a la mecánica celeste en *Acerca del cielo*. En palabras de Copérnico:

*“Después de esto, recordemos que el movimiento de los cuerpos celestes es circular. Pues la movilidad de la esfera es girar en un círculo expresando mediante el mismo acto su forma, en un cuerpo simplísimo, donde no se puede encontrar ni principio ni fin, ni distinguir uno del otro mientras <la esfera> pasa hacia los mismos puntos volviendo hacia los mismos.”*⁵⁹

Aunque también podría objetarse que la manera de hablar sobre el movimiento celeste es un poco distinta entre un autor y otro, es preciso señalar que en el fondo, ambos admiten que el movimiento de los astros es circular, es eterno puesto que no tiene comienzo ni final y vuelve sobre los mismos puntos. Además de que es ingenerable e incorruptible.

Un poco más adelante, en este mismo capítulo leemos que según Copérnico, la observación de irregularidades en el movimiento de los astros no es originada propiamente por éstos, sino que es consecuencia de la distancia que hay entre la Tierra y los cuerpos celestes en cuestión. Pues con el movimiento constante de los astros a través de su órbita, suele ocurrir que en algún punto de su desplazamiento se acercan más a la Tierra (perigeo) y en otras más se alejan de ella (apogeo) y son éstos cambios, el acercamiento y el alejamiento, los que

⁵⁹ Op. Cit. Copérnico, Nicolás, Pág. 102

provocan que en muchas ocasiones los planetas luzcan más grandes y en otras más pequeños. En las palabras del astrónomo, tenemos que:

“ (...) es consecuente admitir que sus movimientos regulares nos aparecen como irregulares, bien por los diferentes polos de sus círculos, o también porque la tierra no está en el centro de los círculos, a través de los cuales ellos se mueven, y para nosotros que contemplamos desde la tierra el tránsito de estos astros, nos sucede que por sus irregulares distancias nos aparecen los más cercanos mayores que los que están más alejados (según ha sido mostrado en la Óptica); así, en arcos iguales de una órbita (al ser vista a una distancia diferente) aparecerán movimientos desiguales en tiempos iguales.”⁶⁰

Una vez tratados estos puntos, el astrónomo afirma que es necesario señalar cuál es la relación que propiamente existe entre la Tierra, el cielo y el resto de los orbes planetarios, para evitar asignar o bien, atribuir las propiedades de la Tierra a los astros o viceversa. Es así como nuestro autor, comienza a marcar distancia entre su modelo astronómico y el que habían proyectado sus antecesores.

d) Separación del modelo Copernicano con respecto del Aristotélico-Ptolemaico

Es justamente a partir del capítulo quinto del *De Revolutionibus*, titulado: *Acerca del movimiento de la tierra*, cuando Copérnico presenta por primera vez una argumentación clara para sostener el movimiento terrestre. En este apartado, el autor comienza afirmando que partiendo del hecho de que la Tierra es esférica al igual que los demás cuerpos celestes, es necesario que se mueva según los movimientos circulares que le son inherentes y naturales a las esferas.

De esta manera, tenemos que el movimiento de la Tierra permite postular un par de argumentos considerables en favor del modelo Heliocéntrico. El primero de dichos argumentos radica en que, aceptar el movimiento terrestre posibilita la

⁶⁰ Op. Cit. Copérnico, Nicolás, pág. 103-104

explicación de la irregularidad con que algunos cuerpos celestes unas veces parecen estar más cerca de la Tierra (perigeo) y otras más parecen estar más lejos de ésta (apogeo), el acercamiento o alejamiento de los planetas con relación a la Tierra ya no depende sólo del movimiento de aquellos, sino también del desplazamiento terrestre, es decir, depende de la relación que haya entre el movimiento de ambos. El segundo de estos argumentos es que, la irregularidad con que se acercan o alejan algunos astros de la Tierra, muestra que ésta no es el centro alrededor del cual giran. Copérnico expresa esta idea con las siguientes palabras:

“(...) el que los astros errantes se perciban más cercanos a la tierra y los mismos más alejados, necesariamente prueba que el centro de la tierra no es el centro de aquellos círculos. Lo que no está claro es si son los planetas los que se acercan y se alejan de la tierra, o es la tierra la que se acerca y aleja de ellos.”⁶¹

De la misma forma, admitir el movimiento de la Tierra ofrece algunas ventajas para la investigación astronómica, pues, una vez que se asume tanto el hecho de que ésta se mueve sobre una órbita alrededor del centro del universo como que simultáneamente gira sobre su propio eje, se pueden explicar cualitativamente los movimientos de retrogradación así como los diferentes períodos empleados por cualquier otro planeta en sus recorridos sucesivos a lo largo de su propia órbita. La ventaja es que para esta explicación ya no sería necesario ocupar toda la serie de epiciclos y ecuantas presentadas en el modelo Ptolemaico.

La idea que plantea Copérnico es que un planeta cuyo movimiento siempre es regular parecerá moverse irregularmente si se observa desde la Tierra (que también está en movimiento), por eso es viable asumir como un hecho el movimiento terrestre, pues facilita la explicación del movimiento (aparentemente irregular) de algunos planetas, y digo *aparente*, porque sólo es la ilusión que genera el desplazamiento de nuestro planeta.

⁶¹ Op. Cit. Copérnico, Nicolás, pág. 105.

La crítica contra los planteamientos astronómicos anteriores, particularmente contra los de Aristóteles, cobra forma y mayor consistencia en los capítulos siete y ocho del *De Revolutionibus*. Así, en el primero de éstos que lleva por título: *Por qué los antiguos pensaron que la tierra estaba inmóvil en medio del mundo como si fuera su centro*, Copérnico empieza mencionando las razones por las cuales los pensadores antiguos intentaron demostrar que la Tierra estaba en el centro del universo, entre las cuales tenemos que, por ejemplo:

*“(...) alegan como causa más poderosa la de la gravedad y la ligereza. Pues la tierra es el elemento más pesado y todas las demás cosas pesadas son conducidas hacia ella, y tienden hacia su auténtico punto medio. En efecto, siendo la tierra esférica, hacia ella son arrastradas las cosas más graves por su propia naturaleza.”*⁶²

En este sentido, Copérnico se dedica a explicar resumidamente la tesis aristotélica expuesta en *De Caelo I, 3, 269b, 22* (misma que ya ha sido tratada en el primer capítulo de esta tesis), la cual trata acerca de los cuerpos simples constituyentes del cosmos y el movimiento que le es propio a cada uno según su naturaleza, esto es, según su gravedad o levedad.

El autor *De Revolutionibus* resume lo dicho por el filósofo de Estagira en los siguientes términos:

*“Dice Aristóteles que el movimiento de un cuerpo simple es simple. Pero hay un movimiento simple recto y otro 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.”*⁶³

Es pertinente señalar que en el resumen que Copérnico hace de esta parte fundamental de la física aristotélica, a saber, la tesis de los cuerpos graves y leves, no discrepa ni deforma la explicación original de Aristóteles, sino que

⁶² Op. Cit. Copérnico, Nicolás, pág. 108.

⁶³ *Ibidem*. pág. 109

conserva las asignaciones originales del movimiento ascendente al fuego y al aire, del descendente al agua y a la tierra, y del circular al éter. Además menciona que estos movimientos son naturales, es decir, son originados por la naturaleza de cada cuerpo simple.

En cambio, tenemos que en el capítulo ocho, que tiene por título: *Insuficiencia de las razones anteriormente aducidas y refutación de las mismas*, Copérnico da una serie de argumentos para refutar la teoría física de Aristóteles. A través de dicha refutación nuestro astrónomo plantea la posibilidad del movimiento planetario terrestre partiendo de la noción aristotélica del *movimiento natural*, sólo que por el sentido en que lo ocupa, Copérnico termina proponiendo algo tal como un “movimiento natural” para el planeta Tierra, ya que nos dice lo siguiente “*si alguien opinara que la tierra da vueltas, diría que tal movimiento es natural y no violento. Y lo que acontece de acuerdo con la naturaleza produce resultados opuestos a lo que acontece con violencia*”⁶⁴

Además, para reforzar su planteamiento del *movimiento natural* de la Tierra, Copérnico apela a la forma esférica de ésta y al movimiento que es propio de todas las esferas celestes:

*“(...) la tierra está limitada por sus polos y terminada por una superficie esférica. Luego por qué dudamos aún en concederle una movilidad por naturaleza congruente con su forma en vez de deslizarse todo el mundo, cuyos límites se ignoran y no se pueden conocer y no confesamos sobre la revolución diaria que es apariencia en el cielo y verdad en la tierra.”*⁶⁵

Esta particular afirmación de Copérnico resulta radicalmente opuesta a los planteamientos astronómicos tradicionales. Hábilmente ocupa el planteamiento aristotélico del *movimiento natural* en su favor y de la misma manera que Aristóteles decía que la naturaleza (leve o grave) de cada cuerpo simple le determinaba a un movimiento natural simple (ascendente o descendente, y

⁶⁴Op. Cit. Copérnico, Nicolás, pág.109.

⁶⁵ Ibídem, pág. 110

circular para el caso del éter) ahora, el astrónomo dirá que dada la forma esférica de la Tierra, le conviene “naturalmente” moverse de manera circular.

Por otro lado, el segundo planteamiento que Copérnico retoma y ocupa de la física aristotélica con el fin de refutarla, es el que sostiene que el movimiento circular es más perfecto que el rectilíneo, puesto que el primero carece de contrario y en función de dicha perfección es que el desplazamiento circular es el más parecido al reposo. Copérnico hace uso de esta noción con las siguientes palabras:

*“En consecuencia, lo que dicen de que un movimiento simple es propio de un cuerpo simple, se verifica en primer lugar del circular, si el cuerpo simple permanece en su lugar natural y en su propia unidad. En esa posición el movimiento no es otro que el circular que permanece totalmente en sí, semejante a lo que está en reposo.”*⁶⁶

Finalmente en la conclusión de este capítulo nuestro autor termina mostrando el desvanecimiento de la tradicional división del cosmos en una parte supralunar y otra infralunar, propuesta por Aristóteles. Con respecto a esta importante modificación realizada por Copérnico, me parece pertinente citar la consideración de Koyré: *“El razonamiento de Copérnico aplica a los fenómenos terrestres las leyes de la mecánica celeste: de esta forma se abandona implícitamente la división del cosmos en dos regiones: supralunares y sublunares”*⁶⁷

Una vez que la Tierra es puesta en movimiento dentro del modelo heliocéntrico de este astrónomo, el movimiento circular es presentado como el más acorde a la naturaleza esférica de la Tierra y ocurre que por causa de tal movimiento nuestro planeta nos parece inmóvil mientras se desplaza. Dicho de otra manera, la Tierra se mueve, pero la naturaleza y perfección de su movimiento es semejante al reposo, por eso el movimiento generado por las revoluciones, tanto la diaria como la anual, nos resulta imperceptible.

⁶⁶Op. Cit. Copérnico, Nicolás, págs. 111-112.

⁶⁷ Op. Cit. Koyré, Alexandre, *Estudios Galileanos*, pág. 158.

Es en este punto en el que Copérnico asume que ha dado los motivos suficientes para asignar un movimiento circular a la Tierra, por lo cual, en el capítulo noveno de su *De Revolutionibus* plantea la cuestión de si es conveniente únicamente un solo movimiento a la Tierra o si más bien le convendrían varios. Y aunque no da algo tal, que pudiéramos considerar como una respuesta definitiva en cuanto a todos y cada uno de los posibles movimientos terrestres, nos aclara que *“si la tierra realiza otros movimientos, por ejemplo alrededor del centro, será necesario que éstos sean semejantes a los que se aprecian exteriormente en muchos (astros) entre ellos encontramos el circuito anual”*⁶⁸

De esta manera, resulta posible apreciar la forma en que nos habla sobre el movimiento terrestre de traslación alrededor del Sol, así mismo, es importante mencionar su aceptación con respecto a que la Tierra realiza dos movimientos más además de éste, a saber, el de rotación sobre su propio eje y el movimiento cónico o también llamado de precesión, el cual mantiene inclinado a su eje de simetría con relación al Sol; sin embargo, para la explicación de éstos dos últimos emplea una serie de diagramas matemáticos.⁶⁹ Es pertinente señalar que estos dos movimientos adicionales, son derivados a partir del primero (el de traslación anual), pero la explicación detallada de los modelos que ilustran estos movimientos no es el interés primordial de esta investigación, sino que más bien, el interés se concentra en rescatar los planteamientos más relevantes empleados por Copérnico para sostener el movimiento terrestre.

e) Orden del modelo heliocéntrico de Copérnico

En el esquema astronómico propuesto por Copérnico, la Tierra intercambia no sólo su sitio privilegiado con el Sol, sino también sus características especiales: inmóvil y perfecto. No obstante, es evidente que no hay una ruptura radical ni tajante con el modelo aristotélico-ptolemaico, sino que más bien, existe una separación parcial sólo en algunos puntos de interés, por ejemplo: la ubicación de

⁶⁸Op. Cit. Copérnico, Nicolás. Pág. 113.

⁶⁹ Para la explicación completa de dichos diagramas: Cfr. Kuhn, Thomas, *La revolución copernicana*, Planeta De Agostini, Barcelona, 1993, págs. 221-222.

la Tierra en el cosmos, el movimiento terrestre como consecuencia natural de su forma esférica, la refutación de la concepción del movimiento natural únicamente por la levedad o gravedad de los cuerpos, y finalmente el orden que asigna a las esferas celestes que se desplazan alrededor del Sol.

Este último punto es tratado por el astrónomo italiano en el décimo capítulo del primer libro de su obra, el cual se titula: *Sobre el orden de las órbitas celestes*, mismo en que comienza afirmando que el círculo de las estrellas fijas es la parte más alta del cosmos, al menos en el plano que es observable a simple vista.⁷⁰ De igual modo, más adelante nos dirá que el movimiento terrestre no debe separarse del que es propio de la luna, sino que más bien, la proximidad que existe entre ambos cuerpos es lo que favorece que se desplacen juntos en torno del Sol, de manera análoga a como lo hacen el resto de los planetas. Y nuevamente reitera que el movimiento del astro central, sólo es una apariencia producida por el movimiento de la Tierra, pues en realidad el Sol se mantiene inmóvil.

Inmediatamente después, vuelve a mencionar que gracias a este modelo se derivan una serie de ventajas y facilidades considerables para estudiar el movimiento planetario, pues una vez que se admite la posición central e inmóvil del Sol, desaparecen todas las complicaciones con que se enfrentaban aquellos que seguían el modelo geocéntrico, y al mismo tiempo aprovecha para reiterar la crítica al modo tan peculiar que tenían los seguidores de Ptolomeo para emplear e inventarse epiciclos o ecuantos indistintamente con la finalidad de explicar algún movimiento planetario en particular: "*Creo que esto (que el movimiento del Sol es una apariencia generada por el movimiento terrestre) es más fácil de conceder, que distraer la inteligencia con aquella casi multitud de órbitas, como están obligados a realizar, quienes detuvieron a la tierra en el centro del mundo*"⁷¹

Con el Sol inmóvil en el centro del universo, su movimiento se explica como una apariencia causada por el desplazamiento de la Tierra a su alrededor y de la misma forma, el resto de los movimientos planetarios cobran sentido con arreglo al

⁷⁰ Cfr. Kuhn, Thomas, *La revolución copernicana*, pág. 114.

⁷¹ Op. Cit. Copérnico, Nicolás, pág. 117. La oración parentética es mía.

movimiento orbital que realizan en torno del astro central, sin la necesidad de emplear los epiciclos o ecuantos del modelo anterior, en este sentido, el modelo heliocéntrico ofrecería una explicación más clara y sencilla de estos puntos. Es una especie de economía astronómica, si se me permite la expresión.

Pero además de ofrecer una explicación relativamente menos compleja y más clara del movimiento planetario, el modelo heliocéntrico presenta una singular armonía entre los cuerpos celestes, que a su vez es distinta de las jerarquizaciones que con antelación se habían hecho de éstos. Su ordenación comienza desde la periferia del cosmos y termina en el centro de éste, o lo que es lo mismo, desde la esfera de las estrellas fijas hasta llegar al Sol. El orden que Copérnico asigna para los astros en su modelo es el siguiente:

“La primera y más alta de todas es la esfera de las estrellas fijas que se contiene a sí misma y a todas las cosas, y por ello es inmóvil: es, pues, el lugar del universo, con respecto al cual se relaciona el movimiento y la posición de todos los demás astros (...) Sigue Saturno, el primero de los astros errantes, que completa su circuito en XXX años. Después de éste Júpiter, que se mueve en una revolución de doce años. Después Marte, que gira en dos años. En este orden la revolución anual ocupa la cuarta posición, en dicha revolución dijimos que está contenida la Tierra junto con la órbita de la Luna como epiciclo. En quinto lugar está Venus, que vuelve al punto de partida en el noveno mes. Finalmente el sexto lugar lo tiene Mercurio, que se mueve en un espacio de ochenta días

Y en medio de todo permanece el Sol. Pues ¿quién en este bellísimo templo pondría esta lámpara en otro lugar mejor, desde el que pudiera iluminar todo?” ⁷²

Una vez que concluye la exposición de la disposición que él reconoce para cada uno de los cuerpos celestes, Copérnico parece jactarse de lo armonioso de su modelo, que pese a romper con la jerarquización tradicional, no deja de lado la

⁷² Op. Cit. Copérnico, Nicolás, págs. 117-118

simetría y el orden que aquella tenía. En sus propias palabras, tenemos que: *“En consecuencia encontramos bajo esta ordenación una admirable simetría del mundo y un nexo seguro de armonía entre el movimiento y la longitud de las órbitas, como no puede encontrarse de otro modo”*⁷³

Finalmente en la última parte de este capítulo, nuestro astrónomo hace una distinción considerable entre los cuerpos celestes, a saber, nos dice que hay algunos que permanecen fijos y otros que se mueven, los primeros son los que se encuentran en la esfera de las estrellas fijas y los últimos son todos aquellos que se localizan debajo de dicha esfera. Con esta observación es posible apreciar otra diferencia entre el planteamiento de Copérnico y el de Aristóteles, pues recordemos que para éste último los astros son homogéneos entre sí y dada la naturaleza de su elemento constituyente, son ingenerables, incorruptibles, inalterables en cuanto a su incremento o disminución y se encuentran en un perpetuo movimiento circular en la periferia del cosmos.

Hasta este punto, se han mostrado los elementos más relevantes de ambos modelos astronómicos, tanto del Aristotélico-Ptolemaico como del Copernicano, así como la brecha que existe entre ambos, misma que surge como crítica al primero y sirve como antecedente para el planteamiento del segundo. Esto quiere decir que hemos revisado la importancia y el peso que tiene la tradición astronómica para Copérnico, y que, no obstante, es obliterada cuando es sometida a un examen riguroso de sus proposiciones, es decir, cuando las matemáticas se vuelven el criterio bajo el cual se decide la relevancia de una investigación sobre la naturaleza.

Pese a esto último, no es el interés ni el objetivo de esta tesis reproducir los diagramas y esquemas matemáticos que emplea Copérnico para la exposición desplegada de sus proposiciones, sino que más bien, el interés está en el diálogo filosófico que entabla con la tradición filosófica y astronómica, así como en las modificaciones teóricas que implementa a partir de la insuficiencia de las concepciones anteriores.

⁷³Op. Cit. Copérnico, Nicolás, pág. 119.

Es por eso que sólo tomo los primeros diez capítulos del libro uno de: *De Revolutionibus orbium coelestium*, porque en ellos se alberga el diálogo de Copérnico con Aristóteles y Ptolomeo, ya que el resto del libro es el despliegue expositivo de ejemplos matemáticos que están en función de validar su argumentación, pero que se separan de la discusión filosófica, pues pretenden ofrecer datos concretos con la finalidad de aniquilar más elucubraciones referentes a la constitución del cosmos. Sin embargo, tal finalidad no se logró, pues como veremos en el siguiente capítulo, la obra copernicana fue un prelude importante para las refutaciones realizadas por Galileo a la física aristotélica y al modelo geocéntrico, es decir, la obra de nuestro astrónomo no agotó todas las aristas de este nutrido debate, más bien, permitió la apertura a otras voces que se sumaron a la reflexión sobre la naturaleza del cosmos y el sentido de la existencia humana en él.

3.- La defensa de Galileo al heliocentrismo de Copérnico y las críticas al modelo aristotélico-ptolemaico

a) Presentación del *Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo*

El *Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo* se divide en cuatro partes (cuatro jornadas), cada una de las cuales aborda puntos distintos de la crítica galileana a los postulados cosmológicos de Aristóteles, así como también algunas de las propuestas físicas y astronómicas formuladas por el propio Galileo.

Cabe mencionar que el objetivo de este capítulo radica en señalar las críticas más relevantes hechas por Galileo a la cosmología aristotélica, así como en resaltar el acuerdo que el autor manifiesta con las observaciones de su antecesor Nicolás Copérnico, mismas que éste último expone en el *Revolutionibus orbium coelestium* y que ya fueron tratadas en el capítulo precedente.

En la dedicatoria que Galileo dirige al Duque Fernando II de Medici, y que coloca al inicio de la primera jornada del diálogo, el autor se encarga de explicitar su interés por el estudio de la naturaleza, así como en reconocer el trabajo de Ptolomeo y Copérnico en el campo de la astronomía, refiriéndose a ambos como “*los que más altamente, los que más profundamente, leyeron y filosofaron sobre esta constitución universal*”⁷⁴

Luego de esta dedicatoria, Galileo escribe una breve introducción dirigida *Al discreto lector*, para aclarar algunos puntos con relación al “Edicto saludable” promulgado por el Santo Oficio en 1616, y que era un decreto de censura contra dos proposiciones fundamentales en el campo de la astronomía: la de la estabilidad del Sol y la del movimiento de la Tierra. Por medio de este decreto Galileo había sido advertido para que no defendiera ni enseñara estas opiniones “erróneas”, por ser consideradas como contrarias al contenido de las llamadas sagradas escrituras.

⁷⁴ Galilei, Galileo, *Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo: Jornada primera*, Aguilar, Buenos Aires, 1975, pág. 32.

En esta breve aclaración el autor muestra su cuidado ante tal advertencia, no la ignora, más bien la respeta y aclara que en su diálogo ha tomado la posición copernicana pero:

“(...) procediendo en pura hipótesis matemática, e intentando por cualquier camino ingenioso presentarla como superior, no a esa otra que habla del reposo absoluto de la Tierra, sino como quien se defiende de algunos que, de profesión peripáteticos, tienen de ello sólo el nombre, contentándose, sin pensar, con adorar las sombras y no filosofando según su propio criterio, sino con la sola recitación de cuatro principios mal aprendidos.”⁷⁵

Con esta declaración, se nota el cuidado que tiene Galileo para no afirmar su hipótesis como superior a la geocéntrica y señala que sólo buscará atacar a los peripáteticos que no son capaces de filosofar a partir de su propio criterio. Por último, para concluir este punto, es pertinente señalar que su aclaración fue útil puesto que en Marzo de 1617, el *Revolutionibus orbium coelestium* de Copérnico fue condenado por el Santo Oficio, por atentar contra las escrituras. Galileo pospuso su arresto domiciliario al sostener que lo que había hecho en el diálogo sólo era una hipótesis matemática.

Ahora bien, antes de iniciar la revisión del contenido de la primera jornada del diálogo, es necesario señalar la relevancia que tiene cada interlocutor que participa en él, ya que de tal manera será posible dimensionar el papel que cada cual ocupa en el desarrollo del argumento general. Así pues, tenemos que hay tres interlocutores, cada uno con un carácter perfectamente señalado. El primero es *Salviati*, quien es el expositor de la postura de Galileo, diríamos que representa la argumentación filosófica que habla de la *phýsis* en términos matemáticos;⁷⁶ por otro lado está *Sagredo*, que representa al hombre del siglo XVII ya liberado de los prejuicios de la tradición filosófica aristotélica, que tiene la disposición de escuchar y confrontar la postura de Galileo con la de Aristóteles sin que el peso de la

⁷⁵ Op. Cit. Galilei, Galileo, pág. 34.

⁷⁶ Cabe aclarar que de ahora en adelante, cuando hable de los argumentos del propio Galileo ocuparé tanto su nombre como el del personaje que le representa en el contexto del diálogo: *Salviati*.

tradición le resulte un obstáculo para reflexionar sobre la posición de la Tierra en el cosmos; y por último está *Simplicio*, quien representa al hombre aún imbuido en la concepción geocéntrica del universo, así como en la filosofía escolástica que confía ciegamente en la autoridad de Aristóteles.

b) Sobre el movimiento en la teoría física de Galileo

El primer tema que Salviati propone para reflexionar, versa justamente sobre las razones naturales propuestas por los partidarios de la posición aristotélico-ptolemaica, y por los seguidores del modelo copernicano, respecto a la posición de la Tierra en el cosmos:

“(...) ya que Copérnico, situando a la Tierra entre los cuerpos móviles del cielo, la convierte en un globo semejante a un planeta, bueno será que el principio de nuestras consideraciones sea examinar cuánta y cuál sea la fuerza y la energía de los razonamientos peripáteticos para demostrar que este asunto es completamente imposible, y ver también si es necesario introducir en la naturaleza substancias diversas entre sí, es decir, la celeste y la elemental, aquella impasible e inmortal, ésta alterable y caduca.”⁷⁷

Luego de que entre los interlocutores hay un común acuerdo con relación a la descripción del cosmos aristotélico, la primera discrepancia –y que será una cuestión fundamental en toda la discusión- se presenta cuando Salviati y Simplicio debaten sobre la importancia de las matemáticas para el estudio de la física. Simplicio como todo buen aristotélico, asume que las matemáticas no son un parámetro determinante para el estudio de la naturaleza, lo cual pone de manifiesto con las siguientes palabras: *“No digo que vuestras razones no sean convincentes, pero con Aristóteles diría que en las cosas naturales no se debe siempre buscar una necesidad de demostración matemática.”⁷⁸*

Podría decirse que esta afirmación del personaje aristotélico está determinada por lo que leemos en el capítulo tres del libro α de *Metafísica*, pasaje en el cual,

⁷⁷Op. Cit. Galilei, Galileo, pág. 39.

⁷⁸Ibídem. pág. 47.

nos dice Aristóteles que *“La exactitud matemática del lenguaje no debe ser exigida en todo, sino tan sólo en las cosas que no tienen materia. Por eso el método matemático no es apto para la Física; pues toda la Naturaleza tiene probablemente materia.”*⁷⁹ En este sentido, apreciamos que para el aristotélico la percepción sensible es la que permite aprehender la realidad física, por tanto, una teoría física no debería poner en duda los datos inmediatos de la percepción, ni apelar a la matemática como criterio de certeza para validar la experiencia.⁸⁰

Así mismo, es destacable la disposición de Sagredo para aceptar tanto la posición aristotélica como la galileana, lo cual se muestra con la réplica que este personaje hace a la intervención anterior de Simplicio en relación a la demostración matemática, diciéndole que *“Tal vez donde no pueda haberla, pero, si aquí la hay, ¿por qué no la hemos de usar?”*⁸¹. Sagredo manifiesta que no es necesario buscar la demostración matemática siempre, pero que tampoco hay ningún problema en buscarla cuando se pueda hacerlo.

Para Galileo, la investigación empírica no queda descartada abruptamente (tal como lo veremos más adelante). No está en contra de la indagación por medio de la experiencia, tal como se conducía la física aristotélica, sino que más bien, se posiciona en contra de aquellos que asumían que la experiencia de Aristóteles agotaba toda la investigación sobre el cosmos. No está de acuerdo con la investigación estática que algunos asimilaban como verdadera, tampoco aceptaba que los peripatéticos se detuvieran únicamente en las experiencias de Aristóteles como si pretendieran percibir de la misma manera que su maestro. La diferencia entre las indagaciones empíricas de ambos radica en que mientras el filósofo de Estagira únicamente se valía de sus sentidos, Galileo apoyaba su investigación con el uso de instrumentos tales como el telescopio.

La primera crítica que Galileo dirige propiamente contra la física de Aristóteles tiene lugar por voz de Sagredo y Salviati, cuando el primero de éstos pone en

⁷⁹ Metafísica, II, 3, 995^a, 15.

⁸⁰ Op. Cit. Koyré, Alexandre, *Estudios Galileanos*, pág. 208.

⁸¹ Op. Cit. Galilei, Galileo, pág. 47.

cuestión algunos de los postulados aristotélicos con respecto al movimiento de lugar; mismos que con antelación ya se han revisado en el primer capítulo de esta tesis.

Como se ha mencionado, Aristóteles divide el movimiento de lugar en rectilíneo y circular, de ambos dirá que son simples, y el mixto es la mezcla de ambos. El primero de estos movimientos (rectilíneo) lo divide en ascendente y descendente. Por el hecho de que alberga dos modos distintos de darse lo llama imperfecto, en comparación con el circular que no tiene contrarios, sino que es único y por tanto perfecto. Según Aristóteles, el movimiento rectilíneo, ya sea ascendente o descendente, se da con respecto al centro del cosmos, es decir, hacia arriba el ascendente y hacia el centro el descendente; por otro lado el movimiento circular es el que se hace en torno al centro del cosmos, y es justo esta noción del movimiento circular la que Sagredo problematiza cuando dice que *“si yo digo que en la universalidad de la naturaleza se pueden encontrar mil movimientos circulares y, en consecuencia, mil centros, serán también mil los movimientos hacia arriba y hacia abajo.”*⁸²

Más adelante vuelve a poner en cuestión la división aristotélica del movimiento de lugar en simple y mixto, diciendo que el movimiento mixto no es posible puesto que no se pueden mezclar dos movimientos opuestos en la misma línea recta, a este respecto afirma que:

“Además, él (Aristóteles) admite, como se ha dicho movimientos simples y movimientos mixtos, llamando simples al circular y al recto, y mixto al compuesto de éstos (...) pero por movimiento compuesto, él no entiende el mixto de recto y circular que pueda existir en el mundo, sino que introduce

⁸² Op. Cit. Galilei, Galileo, pág. 50. Cabe señalar que un planteamiento semejante a éste, podemos encontrarlo con antelación en la obra de Giordano Bruno: *De la causa, principio e uno*, (De la causa, el principio y el uno) particularmente en el diálogo quinto de la edición de Adolf Wagner: *Opere di Giordano Bruno*, Biblioteca nacional de Austria, 1830, pág. 282. En dicho pasaje afirma lo siguiente: *«sicuramente possiamo affermare che l’universo è tutto centro, o che il centro de l’universo è per tutto, e che la circonferenza non è in parte alcuna»*. (Seguramente podemos afirmar que el universo es todo el centro, o que el centro del universo es todo, y que la circunferencia no está en parte alguna.) La traducción es mía.

*un movimiento mixto un tanto imposible, en cuanto es imposible mezclar movimientos opuestos hechos en la misma línea recta.*⁸³

En una intervención posterior, Sagredo concluye esta refutación dirigiéndose a Simplicio y afirmando que *“volvamos a Aristóteles, quién afirma que el movimiento mixto es aquel que se compone del rectilíneo y del circular; pero no encontró cuerpo alguno que fuese naturalmente móvil con tal movimiento”*⁸⁴

Cuando Galileo, otra vez en voz de Sagredo y Salviati, introduce el concepto de velocidad como un elemento fundamental para el estudio del movimiento, pone nuevamente en crisis la teoría física de Aristóteles. Pues, tal como lo explica, la velocidad altera o modifica los criterios para determinar cómo sería el movimiento simple. Pues si los móviles presentan distintas velocidades en sus desplazamientos, resulta imposible determinar cuál de todos ellos es el que se desplaza con movimiento simple. En palabras de Sagredo tenemos que:

*“(…) si la mayor o menor velocidad pueden alterar la simplicidad del movimiento ningún cuerpo simple se moverá nunca con movimiento simple, ya que en todos los movimientos rectilíneos naturales, la velocidad va siempre aumentando y, en consecuencia, siempre cambiando la simplicidad, la cual, para ser tal, conviene que sea inmutable; y lo más importante: vos añadiríais a Aristóteles una nueva nota, a saber, que en la definición del movimiento compuesto no ha hecho mención de la velocidad, ni del retraso.”*⁸⁵

Efectivamente, Aristóteles no había considerado la velocidad como un elemento del movimiento, sino que más bien, por las afirmaciones que hace, se puede entender implícitamente que el movimiento de lugar de los cuerpos simples, se lleva a cabo con cierta regularidad e inmutabilidad. Así mismo, cabe aclarar que *grosso modo*, para Aristóteles, el movimiento no es una simple relación entre dos lugares, sino que por los modos en que se da (quiddidad, cualidad, cantidad y

⁸³ Op. Cit. Galilei, Galileo, pág. 50-51. La oración parentética es mía, para contextualizar la cita.

⁸⁴ *Ibidem.*. Pág. 53.

⁸⁵ *Ibid.* Pág. 51-52.

lugar), es un proceso que afecta al móvil. Para Aristóteles, los movimientos expresan la naturaleza de los móviles y en algunos casos, como en el de los elementos, está naturalmente determinado el tipo de movimiento que tendrán. Por eso resulta innecesario asumir la velocidad como un criterio determinante en estos desplazamientos. En este sentido, cuando hablemos del movimiento en la física aristotélica diríamos que éste no existe con independencia del móvil, sino que más bien, depende de la naturaleza de aquel.

En cambio, en la concepción galileana, el movimiento es concebido como una relación que no afecta al móvil, es decir, no tiene ningún efecto sobre las relaciones propiamente esenciales de los móviles ni modifica su naturaleza, sólo produce un efecto en la relación de un cuerpo en movimiento con otro(s) que esté(n) en reposo. Por tanto, bajo este modelo es pertinente hablar del movimiento en términos de velocidad, tenemos entonces que éste se vuelve cuantificable.

Otro elemento que resulta fundamental al hablar del movimiento desde la perspectiva galileana -además de la velocidad- es la aceleración durante el desplazamiento. Pues Galileo a diferencia de Aristóteles, afirma que durante el movimiento, la velocidad que un móvil presenta ha sido adquirida de manera gradual. Recordemos que para Aristóteles, el movimiento de lugar siempre es igual, es decir, constante. En la física aristotélica no hablamos propiamente de velocidad ni aceleración en los cuerpos a causa de su desplazamiento o durante este mismo.

En la voz de Salviati, Galileo presenta la siguiente consideración con respecto a la inclinación que tendrían los cuerpos al moverse:

“Si (un cuerpo) tuviera esa inclinación, se seguiría necesariamente que su movimiento sería constantemente acelerado, y, comenzando con movimiento muy lento, no adquiriría ningún grado de velocidad sin haber antes pasado por todos los grados de velocidad intermedia, queremos decir de lentitud mayor; pues, partiendo del estado de reposo, que es el grado de lentitud infinita del movimiento, no existe razón por la cual deba entrar en un

determinado grado de velocidad, sin antes pasar por el inferior, y por los otros aun menores que éste.”⁸⁶

Con la consideración anterior es posible apreciar que según Galileo, cualquier cuerpo que se mueve, ha iniciado su desplazamiento partiendo desde el reposo y ha ganado gradualmente velocidad a medida que avanza en su recorrido, es decir, va acelerando según va avanzando. En este sentido, se diría que todo cuerpo en movimiento ha adquirido su respectiva velocidad, luego de desplazarse de manera rectilínea durante algún tiempo y a través de algún espacio. Algo que no sería aceptable desde la física aristotélica.

Así mismo, podemos apreciar otra diferencia en la manera en que tanto Galileo como Aristóteles entienden el reposo. Ya que mientras para Galileo es el grado infinito de lentitud a partir del cual inicia el movimiento; para Aristóteles el reposo podía ser causado por dos cosas: ya fuera porque el cuerpo (móvil) estaba en su lugar natural, había actualizado sus potencias, *ergo* no tenía por qué moverse de su sitio, o bien era producto de que el cuerpo estuviera privado intrínsecamente de la facultad motora. Como ya se mencionó, la consecuencia que se deriva de la concepción galileana es que el movimiento deja de ser ese proceso por el cual los seres llevaban al acto sus potencias (movimiento de quiddidad) o bien, por cual los elementos se desplazaban a su lugar natural (movimiento de lugar). Desde la perspectiva de Galileo, el movimiento en un cuerpo se hace patente a partir de que éste se compara o entra en relación con otro que se encuentra en reposo.

En otras palabras, en la física de Galileo, el movimiento deja de ser algo que afecta a la naturaleza del cuerpo que se mueve. Estar en movimiento o en reposo es una cuestión que no depende del fin que tenga naturalmente un cuerpo ni tampoco de sus cualidades; por tanto, los movimientos dejan de ser exclusivos según el fin de cada ser. No hay algo tal como una teleología a la cual se subsuma el movimiento, así también, éste deja de estar subordinado a la constitución (elemental) de los cuerpos.

⁸⁶ Op. Cit. Galilei, Galileo, pág. 57.

El siguiente punto que resulta de interés en el diálogo es la argumentación que hace Salviati para demostrar que todo cuerpo, partiendo del reposo, pasa por todos los grados de lentitud de manera uniformemente acelerada a medida que cae. Para ello, primero aclara mediante la intervención de Sagredo un par de nociones que son importantes para la argumentación posterior. En primer lugar, nos habla de las velocidades iguales entre dos móviles y en segundo sobre los móviles iguales. De las primeras, Sagredo afirma que: *“se dice que las velocidades son iguales, cuando los espacios recorridos tienen la misma proporción que los tiempos en que los han pasado”*⁸⁷

Con respecto a lo segundo, también nos dice el propio Sagredo *“que los mismos móviles se pueden llamar igualmente veloces, cuando los espacios atravesados por ellos tienen la misma proporción que los tiempos en que los atraviesan”*⁸⁸

Pero ¿qué pasa cuando dos móviles iguales se desplazan hacia una misma dirección pero a través de caminos distintos? Es decir, cuando ambos se dirigen hacia el centro del cosmos pero uno desciende de manera perpendicular y el otro a través de un plano inclinado. ¿Cuál de los dos diríamos que se desplaza con mayor velocidad?

Desde la perspectiva de Salviati, ambos pueden alcanzar la misma velocidad pero no en el mismo período de tiempo. Lo que él supone, es que llegará un punto en que el cuerpo que cae perpendicularmente adquirirá una velocidad mayor al que hace lo hace a través del plano inclinado, pues al primero no se le opone ninguna resistencia en su caída; en cambio, el que cae a través del plano inclinado no lo hace de manera plena, sino que se desliza a lo largo de la superficie, generando cierta fricción y aunque su caída es más lenta, va ganando velocidad a medida que avanza.

Para Salviati, ambos móviles alcanzarían la misma velocidad en su caída, pero el que cae de manera perpendicular lo haría de manera más rápida aumentando

⁸⁷ Op. Cit. Galilei, Galileo, pág. 63.

⁸⁸ Ibídem. pág. 64.

su velocidad en un recorrido más corto en comparación con el que cae a través del plano inclinado, cierto es que éste último alcanzaría la misma velocidad que el móvil de caída perpendicular, pero tardaría más tiempo en hacerlo y necesitaría de un recorrido más largo para lograrlo.⁸⁹ Este mismo punto lo explica Klaus Fischer de la siguiente manera: *“los cuerpos idénticos, que por distintos recorridos y en tiempos diferentes experimentan el mismo cambio de distancia respecto del centro del mundo, alcanzan momentos iguales, y consecuentemente con la identidad, también igual velocidad”*⁹⁰

Así mismo, cabe destacar la observación que hace el mismo Salviati con respecto a que también se presenta variación en la velocidad de la caída de cada móvil dependiendo de la inclinación de los respectivos planos a través de los cuales se desplacen:

*“(…) según el curso ordinario de la naturaleza, un móvil, alejado de todo impedimento externo y accidental, se mueve sobre planos inclinados con mayor y mayor lentitud según la inclinación sea menor, hasta que finalmente la lentitud llegue a ser infinita, que sucede cuando se termina la inclinación y se alcanza el plano horizontal.”*⁹¹

Con base en lo anterior diríamos que a una mayor inclinación del plano, el móvil que se desplace a través de éste se moverá más rápido y a una menor inclinación del plano, el móvil tendrá menos velocidad, hasta el grado de alcanzar un absoluto reposo cuando el plano no se incline hacia ninguna parte.

⁸⁹ Op. Cit. Galilei, Galileo, págs. 67-68.

⁹⁰ Fischer, Klaus, *Galileo Galilei*, Herder, Barcelona, 1986, págs. 54-55.

⁹¹ *Ibíd*em, Galilei, Galileo, pág. 69.

c) Sobre la semejanza entre el cielo y la tierra o de la homogenización galileana del espacio

“(…) si Aristóteles viviera en nuestro tiempo, no vacilaría en cambiar de opinión (…) las cosas descubiertas en los cielos en nuestros tiempos son tales, que pueden dar completa satisfacción a todos los filósofos, dado que en los cuerpos particulares, y en la universal expansión del cielo, se han visto y se ven todavía accidentes similares a esos que entre nosotros llamamos generación y corrupción.”
(Salviati, *Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo*, págs. 105-106)

Luego de señalar algunas de las que él considera como inconsistencias de la física aristotélica, Galileo realiza su primera declaración explícita –desde Salviati– para plantear la semejanza de la Tierra con el resto de los cuerpos celestes, o lo que es lo mismo, para proponer la homogeneidad del espacio y de los cuerpos que hay en él, esto cuando afirma que:

“Ahora bien; si del hecho de que todas las partes de la tierra contribuyen acordemente a formar su todo, se sigue que todas esas partes y desde todos los lugares, concurren allí con igual inclinación y que para unirse las máximas que sean posibles se adaptan esféricamente: ¿por qué no debemos creer que la Luna y el Sol y los otros cuerpos mundanos son también de figura redonda, y no por otra razón, sino por un acorde instinto natural de concurrencia de todas su partes componentes?; de modo que si alguna de las cuales, en algún momento y por cualquier violencia fuese separada de su todo, ¿por qué no habría de retornar a él instintivamente?”⁹²

Esto implica una sutil oposición contra las consideraciones aristotélicas relativas a los cuerpos celestes, cuya naturaleza era según Aristóteles: incorruptible, ingenerable e inmutable, contraria a la naturaleza de la Tierra planetaria. Pero la problematización contra las observaciones del filósofo griego sobre la constitución del cosmos en dos partes (supralunar e infralunar) no se queda solamente en esta asociación, ya que a continuación, encontramos otro argumento del propio Salviati que pone en cuestión la idea aristotélica de que el universo tiene un único

⁹²Op. Cit. Galilei, Galileo, pág. 78

centro y que éste coincida justamente con el de la Tierra. Siguiendo la afirmación de Salviati, tenemos que:

“Vemos que la Tierra es esférica y, además, estamos seguros de que tiene su propio centro; hacia él vemos que se mueven todas sus partes, y así parece evidente, pues todos sus movimientos son perpendiculares a la superficie terrestre; entendemos que, moviéndose hacia el centro de la Tierra, se mueven hacia su todo y madre universal; y somos tan ingenuos que no nos queremos dejar convencer de que su instinto natural no es el dirigirse hacia el centro de la Tierra; sino hacia el del universo, el cual ni sabemos dónde está, ni si existe, o a lo sumo, que pueda ser un punto imaginario, o bien, la nada sin facultad alguna.”⁹³

Es pertinente aclarar que pese a mostrar su rechazo contra el geocentrismo y el cosmos finito propuesto por Aristóteles y Claudio Ptolomeo, tampoco es el caso que Galileo afirme en ningún momento la infinitud del cosmos. En alguna medida, esto era una muestra de sus reservas con relación al *Edicto saludable*. Según nos dice Koyré, una de las posibles razones por las que Galileo no afirmó categóricamente la infinitud del universo era el miedo a las represalias que pudiera haber en su contra, como las que ya se habían presentado con antelación contra Bruno y Copérnico.⁹⁴

Regresando a esa misma intervención de Salviati, nos encontramos con otra crítica galileana a la división aristotélica del cosmos:

“(...)ninguna de las condiciones por las que Aristóteles hace diferir los cuerpos celestes de los elementales tiene otra subsistencia que la que él deduce de la diversidad de los movimientos naturales de aquéllos y de éstos; de modo que, negando que el movimiento circular sea sólo propio de los cuerpos celestes y afirmando que éste conviene a todos los cuerpos naturales móviles necesariamente se sigue que los atributos generable e

⁹³Op. Cit. Galilei, Galileo, pág. 83.

⁹⁴ Koyré Alexandre, *“Del mundo cerrado al universo infinito”* Editorial Siglo XXI, España, 2008, págs. 93-97.

ingenerable, alterable e inalterable, partible e impartible, etc., igual y comúnmente convienen a todos los cuerpos mundanos, es decir, tanto a los celestes como a los elementales.”⁹⁵

Esto pone de manifiesto que, según Salviati, la división aristotélica del cosmos sólo es una consecuencia de la división de movimientos que el filósofo de Estagira reconoce en el mundo. Sin embargo, ya ha mostrado en pasajes anteriores algunas de las inconsistencias que, según él, alberga la física aristotélica, pues al hablar en términos tan generales del movimiento, no da cuenta de algunos casos particulares como los que refutaba previamente el propio Salviati.

Por tanto, no resulta extraña la reacción que tiene Simplicio ante esta serie de objeciones que ponían en crisis sus convicciones filosóficas:

“SIMPLICIO.- Esta manera de filosofar tiende hacia la subversión de toda la filosofía natural y al desorden y a poner boca bajo el cielo y la Tierra y todo el universo. Pero yo creo que los fundamentos de los peripatéticos son tales que, destruyéndolos, mucho dudo que se puedan construir ciencias nuevas.”⁹⁶

En esta discusión había algo más que únicamente la aceptación o el rechazo del movimiento terrestre, y a primera vista no es tan evidente que más allá de una u otra teoría del movimiento o de uno u otro modelo del cosmos, lo que estaba en juego era la situación, el lugar y el sentido de la existencia humana en el universo. Si quiere verse así, de alguna manera, era el drama de la vida cristiana y la moral sustentadas en las escrituras, mismas que eran casi imposibles de sostener en un universo en el que la Tierra no fuera más que un planeta entre otros planetas. ¿Dónde quedaría entonces aquella posición privilegiada que el mismo género humano se había auto adjudicado en el centro del cosmos?

La influencia de Copérnico sobre Galileo se muestra en un primer momento cuando éste último considera -en palabras de Salviati- que el movimiento que se le

⁹⁵ *Ibíd.*, Galilei, Galileo, págs. 83- 84.

⁹⁶ *Op. Cit.* Galilei, Galileo. pág. 84

concede a los planetas, también debería de concedérsele a la Tierra.⁹⁷ Recordemos que algo semejante ya había planteado Copérnico en el capítulo seis del libro uno del *Revolutionibus orbium coelestium*, y aunque ya se ha tratado con antelación este punto, es conveniente retomarlo brevemente aquí. En ese apartado, Copérnico apelaba a la forma esférica de la Tierra, a su semejanza con el resto de las esferas celestes y al movimiento que les correspondía naturalmente según su forma, con el objetivo de sostener que a la Tierra por su forma esférica, le convenía por naturaleza moverse circularmente.

Pero además de aducir estas pruebas, Galileo menciona otras que habían tenido lugar gracias al uso del telescopio, inclusive, no tiene reparo en afirmar a través de su personaje en el diálogo, que:

“(...) si Aristóteles viviera en nuestro tiempo, no vacilaría en cambiar de opinión (...) las cosas descubiertas en los cielos en nuestros tiempos son tales, que pueden dar completa satisfacción a todos los filósofos, dado que en los cuerpos particulares, y en la universal expansión del cielo, se han visto y se ven todavía accidentes similares a esos que entre nosotros llamamos generación y corrupción.”⁹⁸

Y siguiendo lo dicho por Salviati, leemos que:

“(...) en la cara misma del Sol, se ven, gracias al telescopio, producirse y disolverse materias densas y oscuras, muy parecidas a las nubes que hay en torno de la Tierra, y muchas de éstas son tan grandes que superan con mucho, no sólo al Mediterráneo, sino a toda el África y Asia.”⁹⁹

El contenido de este particular apartado, constituye una de las objeciones más fuertes y más famosas formuladas por Galileo contra la cosmología aristotélica: la de las manchas solares. Pues la observación de éstas, ponía de manifiesto que

⁹⁷ *Ibíd.* pág. 86

⁹⁸ *Op. Cit.* Galilei, Galileo, 105-106.

⁹⁹ *Ibíd.*, pág. 107.

los cuerpos celestes no eran del todo perfectos, inmutables e incorruptibles, tal como lo daba por sentado Aristóteles.

Sin embargo, Galileo muestra en el personaje de Simplicio, el arraigo que muchos de sus contemporáneos tenían con la filosofía aristotélica, así como la manera en que la defendían ante la evidencia de las manchas solares, desacreditando la observación de éstas por considerar que su tratamiento carecía de seriedad, o al menos eso es lo que Simplicio expresa cuando se le pregunta su opinión sobre las manchas solares:

“Hay quien dice que se trata de estrellas, que en sus órbitas propias, semejantes a Venus y Mercurio, giran alrededor del Sol, y al pasar por debajo, a nosotros se nos aparecen como oscuras, y pues son tantísimas, sucede a veces que parte de ellas se unen y después se separan; otros creen que son impresiones del aire; otros que ilusiones de los cristales; otros, otras cosas. Pero yo me inclino a creer, e incluso lo tengo como seguro, que se trata de un agregado de muchos y varios cuerpos opacos que casualmente coinciden entre sí (...) y que se representan como copos de nieve o de lana o de moscas volantes; cambian el sitio entre sí, y ahora se disgregan, luego se congregan y sobre todo bajo el Sol, en torno del cual, como en torno de su centro se van moviendo.”¹⁰⁰

Como réplica a la desacreditación que hace Simplicio de la observación de las manchas solares, Salviati decide centrarse en dos experiencias u observaciones que según su criterio, las vuelven patentes y plantean categóricamente la imperfección del Sol. En palabras del personaje, leemos que *“Una es, que muchas de tales manchas se ven nacer en el medio del disco solar, y muchas también al mismo tiempo disolverse y desvanecerse lejos de la circunferencia del Sol”¹⁰¹*, lo cual es para Salviati, una prueba de que se generan y se disuelven en el propio disco solar, ya que si aparecieran a causa del propio movimiento del Sol todas se verían entrar y salir a través de su circunferencia. Y continúa:

¹⁰⁰ Op. Cit. Galilei, Galileo, pág. 109.

¹⁰¹ Ibídem, pág. 111.

“La otra observación (...) es que con la mutación de las aparentes figuras y con la aparente mutación de la velocidad del movimiento, se concluye necesariamente que las manchas son contiguas al Sol, y que tocando su superficie, con ella o sobre ella se mueven y que no giran de ninguna manera en círculos alejados de aquél.”¹⁰²

Cuando el aristotélico Simplicio no encuentra una respuesta suficiente para solventar o desacreditar el problema que las manchas solares suponen para su cosmovisión, se retira de la discusión excusándose en el escaso interés que han generado para él aquellas observaciones, no sin antes prometer que se dará el tiempo para realizarlas en la posteridad:

“A decir verdad, yo no he hecho ni tan largas ni tan diligentes observaciones, como para que puedan hacer de mi un perfecto conocedor del quod est sobre esta materia: pero trataré de hacerlas, y después verificar si concuerda lo que proviene de mis experiencias con lo que dice Aristóteles.”¹⁰³

Ahora bien, podríamos decir que a través del personaje de Salviati y sus afirmaciones, Galileo se muestra confiado con los frutos de sus investigaciones, así como del funcionamiento del instrumento que ha empleado para ellas. Esto lo manifiesta cuando afirma que ellos (él y sus interlocutores) pueden discurrir sobre las cosas del cielo mucho mejor que Aristóteles¹⁰⁴ pues tienen más facilidades para aproximarse al conocimiento de los cielos gracias al telescopio. Según el propio Salviati, pueden tratar con mayor seguridad sobre aquello que para Aristóteles era invisible, a saber, las aparentes imperfecciones de algunos astros observados a través del telescopio, particularmente el Sol y la Luna. En este sentido, diríamos que el telescopio permitía al observador superar algunas de las limitaciones propias de la percepción sensible.

¹⁰² Ibíd. pág. 111.

¹⁰³ Op. Cit, Galilei, Galileo, pág. 113.

¹⁰⁴ Cfr. Ibídem. pág. 114.

Pero además de las manchas solares, Salviati coloca sobre la mesa otra serie de observaciones que ponían de manifiesto las semejanzas entre la Luna y la Tierra, en una de sus intervenciones posteriores, leemos lo siguiente:

“Semejante es, con seguridad, la Luna a la Tierra en la figura, la cual subduda alguna es esférica, ya que así se concluye necesariamente al observar su disco perfectamente circular, y de la manera de recibir la luz del Sol (...) En segundo lugar, ella es, al igual que la Tierra, de por sí oscura y opaca, y por esta opacidad es apta para recibir y para reflejar la luz del Sol, lo cual no podría hacer si no fuese así. En tercer lugar, creo que su materia es muy densa y muy sólida, no menos que la Tierra; de lo cual es prueba bastante clara, el que su superficie es en la mayor parte desigual, debido a las muchas partes salientes y cavidades que se observan gracias al telescopio; de estas protuberancias hay muchas que son en todo y por todo, semejantes a nuestras más ásperas y abruptas montañas, y se observan algunas cadenas y larga continuaciones de centenares de miles (...) Cuarto: al igual que la superficie de nuestro globo, se distinguen en ella dos partes máximas, es decir, la terrestre y la acuática, así en el disco lunar se observan con gran claridad algunos trozos más resplandecientes y otros menos; por el aspecto de los cuales, creo que serán bastante semejantes a los de la Tierra (...) Quinto: de la misma manera que nosotros desde la Tierra vemos la Luna, ahora completamente iluminada, ahora a media, ahora menos, luego menos, como si tuviera forma de hoz, y luego queda completamente invisible, esto es, cuando está bajo los rayos solares, de forma que la parte que mira a la Tierra permanece en tinieblas, de igual forma se vería desde la Luna, con las mismas fases y con los mismo cambios de figura, la iluminación provocada por el Sol sobre la cara de la Tierra.”¹⁰⁵

Esas son las semejanzas que Galileo encuentra entre la Tierra y la Luna. Y con el objetivo de precisarlas aún más, podríamos acotarlas en el siguiente orden: figura

¹⁰⁵Op. Cit. Galilei, Galileo, págs. 124-125.

esférica, oscuridad y opacidad, constitución de materia densa y sólida, superficie clara y oscura a causa del agua y la tierra, iluminación semejante de sus partes según la posición en la que reciben la luz del Sol y visualización recíproca.

Es gracias al uso del telescopio que cualquier persona podía visualizar mediante su propia experiencia, que la Luna no está dotada de una superficie lisa y pulida, sino que más bien tiene una constitución irregular y rugosa, semejante a la del planeta Tierra, cubierta de montañas y protuberancias, así como de hendiduras y sinuosidades. Pero además de permitir la observación de los astros con mayor claridad, también permitía apreciar con mayor nitidez las estrellas, quitándoles los resplandores que les rodean y aumentando el tamaño de su esfera.

Pese a ello, no está de más mencionar que la observación de las estrellas a través del telescopio, podía ser interpretada de dos formas; la primera de ellas consistía en asumir que las estrellas eran demasiado pequeñas para ser observadas a simple vista, y la segunda consistía en aceptar que estaban demasiado lejos como para ser percibidas. Para el primer caso, el telescopio hacía las veces de un microscopio estelar, pues aumentaba el tamaño de las estrellas hasta volverlas perceptibles; y en el caso del segundo, el telescopio acercaba las imágenes de las estrellas hasta una distancia a partir de la cual resultarían perceptibles para el observador.¹⁰⁶

Es pertinente señalar que la serie de semejanzas que Galileo encuentra entre la Tierra y la Luna, no son observaciones aisladas, pues algunas de éstas ya habían sido mencionadas por Copérnico. Y aunque podría suponerse que el modo en que ambos ocupan dichas semejanzas atiende a intereses aparentemente distintos, al final, resulta evidente que tienen un objetivo en común.

En el caso de Copérnico, tenemos que el planteamiento de la semejanza entre la Tierra y el resto de los orbes celestes permitía poner a la primera en

¹⁰⁶ Op. Cit. Koyré Alexandre, *“Del mundo cerrado al universo infinito”* Pág. 92.

movimiento, lo cual explicaba la irregularidad con que algunos cuerpos celestes, unas veces parecían estar más cerca de la Tierra (perigeo) y otras más parecían estar lejos de ella (apogeo). En el modelo copernicano, el acercamiento o alejamiento de los planetas con relación a la Tierra dependía de la relación que existía entre el desplazamiento de ambos. De esta manera, la irregularidad con que se acercaban o alejaban algunos astros de la Tierra, constituía una prueba de que ésta no era exactamente el centro alrededor del cual se desplazaban, lo cual significaba, que nuestro planeta no estaba en el centro del universo. Tenemos entonces que para Copérnico, las semejanzas entre la Tierra y los demás orbes le permitieron poner a la primera en movimiento y quitarla del centro, facilitando con ello la explicación cualitativa de los movimientos de retrogradación y de los períodos empleados por cualquier planeta en los recorridos sucesivos a través de su órbita.

Por otro lado, en el caso de Galileo, plantear semejanzas entre la Tierra y otros cuerpos celestes, tales como el Sol y la Luna abrió la posibilidad de cuestionar la autoridad de la que gozaba la filosofía aristotélica, así como también, el modelo del mundo que gracias a ésta se había configurado. Para este pensador, ya no resultaba tan relevante ni tan prioritario argumentar para mostrar si la Tierra se movía o no, o si es que acaso ésta era o no el centro del universo.

En conjunto, tanto Copérnico como Galileo, oponiéndose implícita o explícitamente a la filosofía aristotélica, iban logrado con sus indagaciones y esfuerzos, la gradual disolución del modelo cosmológico clásico, o lo que es lo mismo, habían puesto en crisis el modelo del mundo finito y ordenado de manera jerárquica, y lo habían sustituido por un modelo del mundo, más abierto, indefinido e incluso infinito, el cual estaba unificado por leyes universales. En este nuevo modelo, todas las cosas adquieren el mismo estatus ontológico, no hay cupo para la división aristotélica del mundo supralunar e infralunar.

Con la homogenización del espacio y la explicación de los movimientos de los cuerpos en términos matemáticos a través de éste, las leyes de la mecánica celeste y la terrestre se unificaron. La astronomía y la física se volvieron

interdependientes, dejaron de ser campos de estudio escindidos. Lo cual, también tuvo como consecuencia que desaparecieran gradualmente las consideraciones axiológicas, de perfección o armonía en el nuevo modelo del mundo. Por ello, éste se presenta como hostil para el hombre, porque no le ofrece las mismas garantías y seguridades que tenía en el anterior.

El esfuerzo conjunto de estos pensadores es una muestra del afán que tiene el hombre por asegurarse el sentido del mundo mediante su capacidad racional. Aunque en su intento tenga que poner en cuestión las construcciones filosóficas y científicas previas por considerarlas insuficientes. El recuento de este problema histórico (si así quiere nombrarse) es una muestra de lo que hace la filosofía; problematizar, poner en cuestión lo comúnmente aceptado y mostrar la insuficiencia donde se presume la suficiencia.

Que los hombres se afanen en buscar su seguridad en el mundo, mediante la construcción de modelos como los aquí tratados, no significa que no pueda hacer lo contrario, es decir, pensarse también en la inseguridad. Finalmente esto no es sino la reconstrucción de un diálogo entre hombres que decidieron no pocas cosas por ellos y por nosotros al inclinarse por uno u otro modelo del universo. Este trabajo, no es más que una muestra de la apuesta que algunos hombres hicieron a favor del orden del mundo, a favor del cosmos, y a favor del sentido de la existencia humana en él.

Conclusión.

Aristóteles decía que: *“los hombres -ahora y desde el principio- comenzaron a filosofar al quedarse maravillados ante algo”*¹⁰⁷. Primero, de lo que resulta útil para la vida inmediata, por ejemplo: la salud y el bienestar del cuerpo; y luego, por las cosas de mayor importancia de acuerdo al afán que tienen por acercarse al conocimiento. Maravillándose ante las particularidades de los cuerpos celestes, del sol, de la luna e incluso ante la posibilidad de que existiera algo tal como el principio del todo¹⁰⁸.

Si seguimos lo dicho por Aristóteles, diríamos que la reflexión filosófica se hace a partir de aquello que nos asombra, de aquello que en primera instancia nos resulta desconocido. Así mismo, diríamos que por ejemplo: el cosmos, resulta un tema inherente a la reflexión filosófica, pero no sólo de la que fue ejercitada en la Grecia Antigua, sino también, de la que ejercitamos en nuestros días. La importancia de la relación que existe entre el cosmos y el hombre estriba en que, según sea el modo en el cual asumimos la constitución de aquél, es posible explicar el sentido (o la ausencia del mismo) de los hechos que ocurren en él, entre los cuales, nos encontramos nosotros.

La tesis aquí desarrollada se esforzó por mostrar un diálogo a través del cual, el hombre manifiesta la necesidad que siempre ha tenido, es decir, la necesidad por explicar la naturaleza del cosmos. En el fondo, este diálogo es un ejemplo del afán en que constantemente nos encontramos, buscando una explicación cabal y suficiente de nuestra existencia, por medio de la filosofía y la ciencia, articuladas mutuamente, no una sobre otra.

En el camino que seguimos, atravesamos por tres cimas de este problema (que no son las únicas) en las que vimos el esfuerzo de ciertos hombres por describir propiamente el cosmos. En cada uno de los filósofos que atendimos, encontramos una muestra particular de la sensibilidad, del afán y del esfuerzo que algunos

¹⁰⁷ Metafísica, II, Cap. 2. 982b 12.

¹⁰⁸ Cfr. Protréptico, 9.

hombres hicieron por tratar de garantizar algún(os) sentido(s) para el género humano en el cosmos y por desentrañar los enigmas que encierra éste.

Así pues, el recorrido realizado durante esta tesis, tuvo su punto de partida en la explicación cosmológica que ofrece Aristóteles, la cual centra su relevancia en el concepto de movimiento y sus acepciones. A partir de dicho concepto es posible estudiar el cosmos según dos físicas; una que versa sobre los cuerpos corruptibles y otra que lo hace sobre los incorruptibles, es decir, una física terrestre y otra celeste. Como vimos, para Aristóteles, el cosmos era limitado y se jerarquizaba según los elementos que lo constituyen, los cuales se mueven con arreglo a la parte en la que se encuentran. Estos planteamientos permearon la comprensión de otros hombres de épocas posteriores a la suya, por ejemplo, Claudio Ptolomeo, quien en el intento de explicar la dinámica del universo, tomó las consideraciones del filósofo de Estagira como principal punto de apoyo para la elaboración de su modelo astronómico geocéntrico.

El empleo de las matemáticas como instrumento fundamental para el estudio de la naturaleza y particularmente para el análisis de los movimientos de los cuerpos celestes, cobró relevancia durante lo que se ha llamado el medievo y sentó uno de los principales argumentos a partir de los cuales, los filósofos de este período y posteriores criticaban las consideraciones de Aristóteles previamente señaladas. Tal fue el caso de Oresme y Benedetti, quienes además de eso, sentaron un precedente importante a las observaciones que, tiempo después se externarían dentro de lo que fue señalado por algunas historias de la ciencia como “la revolución copernicana” por parte de pensadores tales como Copérnico, Bruno y Galileo a través de sus diferentes textos.

A partir de las obras de estos pensadores se publicitó una reformulación del modelo astronómico tradicional, mismo que eventualmente sería señalado como refutado. Esto tuvo como consecuencia un abandono paulatino del modelo geocéntrico por parte de la mayoría de los astrónomos de ese período.

Como tuvimos oportunidad de apreciar a través de la revisión de este diálogo, lo que comenzó como una revisión técnica de los movimientos planetarios y estelares, exigió posteriormente una reconfiguración de la estructura que algunos hombres le habían diseñado al cosmos. Sin embargo, aunque se plantearon hipótesis renovadoras no dejaban de conservarse algunos elementos significativos del modelo predecesor -tal como vimos en la obra de Copérnico- la separación de su modelo con respecto al anterior no fue radical, sino más bien progresiva, pues recordemos que en *De Revolutionibus*, la Tierra conservaba su forma esférica pero era puesta en movimiento fuera del centro del universo, cuyo sitio fue entonces ocupado por el sol. Aunque eventualmente, Kepler -pese a que no lo tratamos en esta investigación- sacaría del centro al sol. De esta manera, aunque el cambio en la posición de los astros fue mínimo, la idea general de la obra de Copérnico planteaba cuestiones importantes a los fundamentos sobre los cuales descansaba la estructura del cosmos tradicionalmente aceptada.

Los ecos de la obra copernicana no quedaron aislados, sino que fueron recuperados por Galileo, quien por medio del *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo* se encargó de reforzar los planteamientos de Copérnico y aumentar el cúmulo de críticas dirigidas hacia la física de Aristóteles. Y a través de la agudeza de su personaje Salviati, puso de manifiesto la posibilidad de la falibilidad de los conocimientos científicos convencionalmente aceptados, como para recordarnos que ningún proceso natural ocurre contra la naturaleza, sino, más bien, contra lo que hemos supuesto y asumido de ella, es decir, contra las formalidades que le hemos impuesto para explicarla y que pretendemos como permanentes.

Y sin dejar rezagada la cita inicial que dio pie a esta conclusión, considero que en el fondo tanto la reflexión filosófica así como las diferentes investigaciones científicas -desde la antigüedad y hasta ahora- parecen tener una finalidad común, desde antes y aún ahora, no deja de intrigarnos cuál es el lugar en que nos encontramos en la totalidad de lo existente, no ha dejado de intrigarnos si acaso en nuestra calidad de hombres albergamos una cualidad distinta o privilegiada en

comparación con el resto de los entes, o si por el contrario, somos semejantes a ellos y en qué lo somos. De esta manera, los hombres nos sentimos configurados según los distintos horizontes de comprensión que unos cuantos van construyendo gradualmente.

El diálogo que revisamos es una muestra de cómo nos afanamos en estructurar estos horizontes de comprensión, y el estudio de éstos nos vuelve patente como es que cada uno de los involucrados en su articulación ha decidido no pocas cosas en el momento en que le correspondió hacerlo, pero no sólo por él, sino también sus contemporáneos y sucesores. Con esto, nos hemos acercado a la apuesta que cada uno de ellos hizo a favor del orden del universo y del sentido de la existencia humana como parte de él.

Por último, no me resta sino reafirmar que los aportes de esta tesis no agotan ni pretenden agotar la riqueza de los distintos matices que ofrece tanto la totalidad como la parcialidad de este diálogo, pues ni siquiera agotamos la totalidad de los planteamientos de los filósofos aquí tratados. Eso, sin mencionar a otros que desempeñaron un papel relevante y que sin embargo, se han quedado al margen de esta revisión, tales como Bruno, Kepler, Descartes o el propio Newton, sólo por mencionar algunos. No obstante, que la relevancia de sus aportaciones no haya sido tratada en esta tesis no implica que no pueda ser abordada en una investigación posterior con la finalidad de ampliar los alcances y las inquietudes que aquí se han comenzado a gestar y que significan ya, un primer ensayo en el esfuerzo por comprender la complejidad y riqueza de este diálogo filosófico.

Bibliografía.

- 1.- Abbagnano, Nicola, *Diccionario de Filosofía*, F.C.E. México, 2004. Traducción de José Esteban Calderón y Alfredo N. Galleti
- 2.- Abeti, Giorgio, *Historia de la astronomía*, F.C.E., México, 1983. Traducción de Alejandro Rossi.
- 3.- Aristóteles, *Acerca del cielo*, Editorial Gredos, Madrid, España, 2008. Traducción de Miguel Candel.
- 4.- _____, *Física*, Editorial Gredos, Madrid, España, 2002. Traducción de Guillermo R. de Echandía.
- 5.- _____, *Metafísica*, Editorial Gredos, Madrid, España, 1982. Traducción de Valentín García Yebra.
- 6.- _____, *Metafísica*, Editorial Gredos, Madrid, España, 2011. Traducción de Tomás Calvo Martínez.
- 7.- Copérnico, Nicolás, *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, Editorial Tecnos, Madrid, 2009. Traducción de Carlos Mínguez.
- 8.- “*Diccionario Manual Griego*”, *Griego Clásico- Español*, Editorial Vox, Vigésimo tercera edición, Madrid, Febrero de 2010.
- 9.- Düring, Ingemar, *Aristóteles*, UNAM, México, 1990. Traducción de Bernabé Navarro.
- 10.- Fischer, Klaus, *Galileo Galilei*, Herder, Barcelona, 1986, Traducción de Claudio Gancho
- 11.- Galilei, Galileo, *Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo: Jornada primera*, Aguilar, Buenos Aires, 1975. Traducción de José Manuel Revuelta.
- 12.- Koyré Alexandre, “*Del mundo cerrado al universo infinito*” Siglo XXI, España, 2008. Traducción de Carlos Solís Santos.
- 13.- “_____”, *Estudios de historia del pensamiento científico*, Siglo XXI, Madrid, 1990. Traducción de Encarnación Pérez Sedeño y Eduardo Bustos.
- 14.- “_____”, *Estudios Galileanos*, Siglo XXI, Madrid, 1990. Traducción de Mariano González Ambóu.
- 15.- Kuhn, Thomas, *La revolución copernicana*, Planeta De Agostini, Barcelona, 1993. Traducción de Domédec Bergadá.
- 16.- “_____” *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura económica, 2013. Traducción de Carlos Solís Santos.

- 17.- Maupomé, Lucrecia (Compiladora), *Nicolás Copérnico*, Editorial Melo, México, 1975.
- 18.- Mínguez, Carlos, *El prefacio al almagesto de Ptolomeo*, Thémata: Revista de Filosofía, Universidad de Valencia, 1995,
- 19.- Wagner, Adolf, *Opere di Giordano Bruno*, Biblioteca Nacional de Austria, 1830.
- 20.- Ptolemy, *The Almagest*, Encyclopedia Britannica, Chicago, 1952. Traducción de Catesby Taliaferro.
- 21.- Rodríguez, Luis Enrique, *Galileo, su tiempo, su obra y su legado*, El colegio nacional, México, 2009.
- 22.- Shapin, Steven *La revolución científica*, Paidós, Barcelona, 2000. Traducción de José Romo Feito.
- 23.- Schopenhauer, Arthur, *El mundo como voluntad y representación* (Tomo 1), Editorial Alianza, Madrid, 2013. Traducción de Roberto Rodríguez Aramayo.