



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA
CIENCIA**

**LA RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DEL
CONCEPTO DE CENTRO. UNA IDEA QUE
ESTRUCTURÓ UN MODO DE VER EL MUNDO**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
DOCTOR EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**

PRESENTA

MA. DE LOURDES GUEVARA LÁZARO

COMITÉ TUTOR

Dra. Laura A. Benítez Grobet (directora titular) IIF –UNAM

Dra. Zuraya Monroy Nasr (titular) FPSI–UNAM

Dr. Alfonso Arroyo Santos (titular) FFYL–UNAM

Mtro. José Rafael Martínez Enríquez (titular) FCIENCIAS-UNAM

Dra. Soledad Alejandra Velázquez Zaragoza (titular) FES, Acatlán-UNAM

Ciudad de México. Febrero 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Índice

Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Introducción.....	7
Capítulo I. La raíz común en la conceptualización del centro.....	15
1. La filosofía natural aristotélica y la astronomía matemática ptolemaica.....	15
2. Estructura y operación del mundo: región celeste - región terrestre.....	21
Capítulo II. De la transición de la configuración del mundo antiguo a la configuración del mundo moderna.....	34
1. La balística y las explicaciones en torno al movimiento de los proyectiles.....	34
2. Nicolás de Cusa y sus reflexiones sobre el hombre, el conocimiento y el cosmos.....	43
3. El uso polisémico de la noción de centro hasta Copérnico.....	58
Capítulo III. Claves para una nueva concepción del mundo.....	71
1. Herramientas conceptuales de orden matemático.....	71
1) Postura tradicional: Aristóteles y Ptolomeo en la universidad medieva...	73
2) Postura novedosa: los árabes.....	79
a. El califato.....	79
b. Tradiciones astronómicas árabes.....	87
c. La relación de Copérnico con la ciencia islámica en el Renacimiento europeo.....	94
2. Herramientas conceptuales de orden lógico.....	109
Conclusión.....	139
Bibliografía.....	143

A Gabriel y Aretha, con cariño.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo y colaboración de innumerables personas e instituciones. En este sentido, agradezco a la Dra. Laura Benítez Grobet su dirección en esta investigación y, sobre todo, las prudentes palabras e inyección de confianza que me hicieron llevar a buen término el trabajo.

Mi más profundo y cordial agradecimiento a la Dra. Zuraya Monroy por las opiniones y sugerencias que enriquecieron plenamente el escrito. Al Dr. Alfonso Arroyo por las puntuales observaciones e intrigantes preguntas que me permitieron no extraviar el timón. ¡Gracias profesor por estar siempre al pendiente! A la Dra. Alejandra Velázquez por la disposición, agudeza y estímulo que me manifestó cada vez que revisábamos los avances. Al Mtro. Rafael Martínez por la excelente guía en el campo de las matemáticas y por su insistente precisión en los términos. A todos ustedes, gracias por haber contribuido a mi formación intelectual y por el trato cordial que en todo momento recibí. Estoy en gran deuda con cada uno de ustedes.

Agradezco al Instituto de Investigaciones Filosóficas la posibilidad de estudiar en su programa de Doctorado en Filosofía de la Ciencia, especialmente, al seminario de Metafísica, Epistemología e Historia de la Filosofía por haberme permitido en numerosas ocasiones exponer y discutir mi investigación; y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada.

A quienes caminaron conmigo durante el desarrollo de este trabajo. Dra. Martha García Amero, Mtro. Victor Batalla, Mtro. Mauricio Ruiz, Dr. Noel Merino. Su amistad y preocupación son de gran valor para mí.

Quiero también agradecer a quienes en todo momento me manifiestan su apoyo: a Yolanda, por las extraordinarias lecciones de fortaleza que a pesar de la distancia, siempre mantengo presente; a la pequeña Aretha, por permitirme velar su sueño con mi redacción; y a Gabriel Velázquez por ser el soporte y compañía de mi vida, ¡sin ti nada de esto hubiera sido posible! A ustedes gracias por su comprensión, afecto y cariño. Espero con esto poder subsanar mis prolongadas ausencias.

Invierno del 2017

Introducción

El presente trabajo busca mostrar que la noción de centro configuró una manera de ver el mundo¹ hasta la segunda mitad del siglo XV y otra manera de apreciarlo, después de la primera mitad del siglo XVI. Si bien existe literatura concerniente a temáticas conceptuales, la noción de centro no ha generado el suficiente interés en investigadores que se ocupan de la filosofía o historia de la ciencia.² Es por ello que el interés particular por esta temática se centra, exclusivamente, en reconstruir de manera histórica el tránsito de una conceptualización a otra a partir de un personaje de todos conocido, Nicolás Copérnico.

Aquí es importante señalar que cuando se cuestiona en torno al significado de la noción de centro, se persigue no solamente definirla, sino descubrir también la estructura y los elementos que permiten la conformación de ambas visiones. Por ello, aunque el análisis conceptual se define desde la filosofía, y específicamente desde la filosofía de la ciencia, disciplinas como la historia, la astronomía o las matemáticas sirven de escenario multidisciplinario en la comprensión de tan complejo proceso de reconstrucción.

Como se ha dicho, la noción de centro configuró dos maneras diferentes de ver el mundo. Una, anterior a Copérnico que ha de entenderse como esa *disposición del Ser en la que el hombre encuentra su límite y su más profundo*

¹ Manera de ver el mundo ha de entenderse aquí como el sistema de creencias que conforman un horizonte vital. El mundo será por tanto, el conjunto de soluciones que el hombre halla para los problemas que su circunstancia le plantea.

² Existen estudios especializados en historia de las ideas y sólo algunos en historia de los conceptos científicos, pero hasta el momento, no hay referencia de investigación que preste atención a la noción de centro como eje conductor en la reconstrucción histórica de ideas científicas desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia. En esa medida el trabajo resulta una propuesta novedosa y de vasta fertilidad.

acuerdo y que está fuertemente vinculada a principios metafísicos tradicionales griegos. Otra, posterior al astrónomo polaco, concebida como la *disposición del ser en la que el hombre, de acuerdo a ciertos modelos explicativos, discursos y marcos conceptuales propios, entiende el límite y establece sus propios acuerdos*. Una postura que difumina al Ser metafísico en ser-es ontológicos a partir de particulares maneras de dar respuesta a la tradición.

Es decir, en la primera noción, los principios griegos vinculados al cosmos y al orden que establecían (circularidad, uniformidad, eternidad, perfección) lograron arraigarse de tal suerte que permearon hasta el lenguaje coloquial (en sentencias como "alrededor de..." o "su lugar") haciendo evidente la idea de "lugar privilegiado", o de lo "verdaderamente" importante. Pero después, esta concepción se diluyó y "dio lugar a..." cualquier cosa sin peso metafísico donde la centralidad terminó por convertirse en algo relativo, que el lenguaje coloquial también pudo expresar (en sentencias como "con referencia a..." o "X lugar").

A pesar de que el proceso entre una y otra manera de ver el mundo es bastante complejo, propongo algunas de las siguientes razones que ayudan a dirigir la reconstrucción histórica de los conceptos de centro. Tales razones son las siguientes:

1. LA manera de explicar la conformación del mundo antes y después de Copérnico compartió la raíz común de la física aristotélica y de la astronomía ptolemaica, y difirió en la manera de emplearla en la formulación de sus explicaciones teóricas. Asunto que se verá reflejado, por ejemplo, en el denominado centro de poder, es decir, la preocupación por el centro desde la perspectiva histórica-social y política.

2. Ciertos problemas, entre los que destacan el ecuante,³ fueron los que detonaron el cambio de una concepción del mundo a otra. También ciertas soluciones postuladas por pensadores anteriores a Copérnico, hicieron posible la transición que dio forma a la nueva concepción de centro.

3. Hubo herramientas de orden matemático y otras de orden lógico que obraron como apoyos conceptuales para facilitar el cambio.

4. Existieron espacios como las universidades, los centros de investigación árabe o las cortes europeas en los que se desarrollaron intercambios culturales de ideas matemáticas, astronómicas, filosóficas y teológicas relacionadas con asuntos de las estrellas.

5. La polisemia de la noción de centro permitió evidenciar, genuinamente, cambios en la configuración del mundo en la época medieval que posteriormente tuvieron consecuencias evidentes. Por ejemplo, el paso de la aceptación de una postura geocéntrica a una heliocéntrica.

6. Copérnico no es la figura que conduce la reconstrucción histórica en el cambio de percepciones del mundo en esta investigación, antes bien, lo es la noción de centro.

Así, el trabajo se encuentra dividido en tres partes de las cuales en la primera se esbozan las condiciones teóricas en las que la conceptualización anterior a Copérnico tiene su origen. Después, se estudian y ubican algunos aspectos con la pretensión de identificar las características básicas sobre las que se llevará a cabo el cambio conceptual. Por último y como resultado de ese análisis, se asoma la nueva conceptualización.

³ El problema del ecuante se describe como el círculo alrededor de cuya circunferencia un planeta o el centro de un epiciclo es concebido para moverse uniformemente. Para el sentido común, si alguien se parara y mirara desde el punto cerca del centro de la órbita del planeta (ecuante), el centro del epiciclo de un planeta *parecería* moverse a la misma velocidad, pero un planeta *realmente* se mueve a diferentes velocidades cuando el epiciclo está en diferentes posiciones de su deferente. Esto quiere decir que el uso del ecuante no satisfacía el dictado platónico de mantener el movimiento circular y uniforme como se esperaba.

En el primer capítulo, se formulan los supuestos sobre los que descansan ambas conceptualizaciones. A saber, la conformación de explicaciones y descripciones del mundo según diversos planes de explicación de la filosofía natural (Aristóteles) y de la astronomía ptolemaica. Luego, se desarrollan los mecanismos de funcionamiento de los cielos y de la Tierra. En este contexto se mencionan algunos problemas que resultan, tales como la eternidad del mundo (¿tiene un comienzo y un final o es eterno?), el problema de la infinitud (¿el mundo es finito o infinito? ¿el espacio es de naturaleza teológica, lógica, matemática, astronómica o filosófica?), la forma del mundo (suponiendo que sea esférico, ¿dónde está el límite, qué hay más allá del límite?) y la disciplina que ha de encargarse del estudio de los cielos (¿compete a los filósofos de la naturaleza o a los matemático-astrónomos?). Pero, sobre todo, se presenta el problema del movimiento de los cuerpos celestes, que a su vez desdobra la problemática de trayectorias circulares. Es decir, abordar el movimiento celeste implicó colocar sobre la mesa el tema relativo a la naturaleza del movimiento (dinámica), su regularidad y su uniformidad (cinemática).

En el segundo capítulo se esbozan algunos rasgos con los que es posible apreciar de manera palpable el tránsito de una visión del mundo a otra. Por lo que el capítulo inicia abordando cinco explicaciones en torno a la trayectoria de los proyectiles (una antigua, la de Aristóteles, y cuatro "modernas", la de los italianos Leónico Tomeo, Piccolomini, Tartaglia, y la del español, Diego Alaba y Viamont) con el objetivo de evidenciar que resultaba correcto explicar el desplazamiento de los cuerpos empleando trayectorias parabólicas. Una conclusión que desde el punto de vista matemático no resultaba problemática, pero desde el punto de vista metafísico sí. Luego, en un segundo apartado, al amparo de las reflexiones del Cardenal de Cusa en torno al hombre, al conocimiento y al cosmos, las conjeturas resultantes lejos de conducir a la anulación de la concepción geocéntrica del universo, la negación del universo amurallado y la abolición jerárquica entre cuerpos o seres, favorecieron el desarrollo de todo tipo de materias o campos del saber, con criterios específicos de evaluación. El capítulo culmina con la exposición del polisémico uso de la noción

de centro antes, durante y posterior a Copérnico en el que se muestra que las ideas establecidas y arraigadas en la élite intelectual a lo largo de la Edad Media permearon al resto de las capas sociales. De suerte tal que será en el lenguaje coloquial donde a modo de ejemplo se observa también el tránsito de una visión del mundo a otra.

Una vez expuesto el escenario conflictivo al interior del problema del movimiento de los astros y puntualizados algunos rasgos en los que es posible apreciar cambios en la visión del mundo antiguo, el tercer capítulo aborda en la primera parte, las dos posturas que a lo largo de la Edad Media posibilitaron la generación, resguardo y transmisión del conocimiento. La primera, denominada *tradicional*, es la que tiene que ver con la peculiar manera en la que el mundo occidental -como caracterización geográfica vinculada a estudiosos europeos del medioevo- se esforzó por solucionar las incongruencias en los planteamientos teóricos que resultaban de los seguidores de Aristóteles y Ptolomeo casi en sus mismos términos. La segunda, calificada como *novedosa* tuvo que ver con el mundo árabe -en cuanto caracterización geográfica de estudiosos del lado opuesto al Mediterráneo- y su sobresaliente esfuerzo resolutivo ante las problemáticas de los cielos que culminó en la nueva configuración del mundo mucho antes del trabajo copernicano. La línea de autores a los que me refiero se formaron al sur y sureste de Europa, principalmente en Siria (Observatorio de Damasco fundado en 700), en Irak (Observatorio de Bagdad fundado en 829), en Azerbaiyán (Observatorio de Marágha fundado en 1265) o Uzbekistán (Observatorio de Samarcanda fundado en 1420) y en los centros de investigación y estudio como La casa de la sabiduría en Bagdad o La casa de la ciencia en Egipto (fundadas alrededor del siglo XI). La segunda parte de este capítulo, se centra en el uso de herramientas de orden lógico que construyó el mundo árabe y que transmitió a Europa para dar cuenta de determinados fenómenos. Con ello se evidencia un criterio que fue pieza clave y novedosa en la construcción de sus argumentos y de sus planteamientos. Se trató del criterio de *relevancia* como práctica habitual en la discusión de temáticas filosóficas, astronómicas o matemáticas.

En cuanto al desarrollo de la investigación se ha de mencionar que el interés inició con un alcance muy limitado y específico: se trataba de encontrar en el pensamiento copernicano algo que aún no hubiera sido dicho. En la búsqueda de esas ideas novedosas se comenzó por revisar aquellas que, en opinión de los expertos, le habían servido de apoyo al astrónomo. Pero esta revisión historiográfica condujo a senderos de distinta índole de los que lo generaron. A comienzos del siglo XX se presenta una manera diferente de leer el trabajo copernicano y en consecuencia, surgieron nuevas interpretaciones respecto a los antecedentes intelectuales más importantes del astrónomo. Una de ellas fue que el pensamiento científico árabe que tuvo lugar durante los siglos XI al XV era un conocimiento del que participó y se benefició no solo el polaco, sino todo el mundo occidental (un asunto hasta entonces poco conocido), al punto que tales estudios derrocaban la magna imagen en la que la historia lo había colocado. Pero eso no era todo, conforme seguía explorando esta ruta, otros indicios comenzaron a señalarme que a partir de la primera mitad del siglo XVI se conformó una nueva estructura de pensamiento, una nueva visión del mundo (como aquí se denomina)⁴ que resumida en la idea de centro, era en mucho diferente a la que prevaleció hasta la segunda mitad del siglo XV, y que se reservaba ciertos compromisos metafísicos con los principios aristotélicos del movimiento y con la astronomía matemática ptolemaica de la cual se originaba (un asunto al que todavía nadie había prestado atención). Ésta línea de investigación fue la que me condujo a defender la tesis de que existían dos concepciones del universo, una anterior y otra posterior a Copérnico, y que el desarrollo de este cambio de visiones del mundo no fue resultado de un autor, sino de tendencias, de tradiciones, del trabajo de grupos en grandes periodos históricos tal como intentan mostrar los capítulos arriba mencionados.

Por la naturaleza misma del trabajo (la reconstrucción histórica del concepto de centro), una serie de dificultades saltaron a la vista. Dentro de las más

⁴ "Visión del mundo" es el resultado de la aplicación del concepto metódico de "generación" de Ortega y Gasset para la comprensión de la estructura del cambio incesante del hombre y del mundo en que acontece su vida, y en el que determinado tipo de "ideas" (problemas, soluciones, es decir, interpretaciones con sentido) conforman sistemas de creencias. José ORTEGA Y GASSET 1985.

apremiantes fue la de delimitar el alcance de esta investigación, lo que trajo consigo dejar para posteriores trabajos la profundización de una serie de temas e interrogantes, por ejemplo, dar seguimiento a las tradiciones astronómicas y matemáticas árabes después del siglo XVI, descubrir ¿en qué otros campos del saber el pensamiento occidental debe manifestar su reconocimiento ante el desarrollo científico árabe? y principalmente, ¿qué características tiene una tercera conceptualización de centro? ¿quién o quiénes son los protagonistas? y ¿en qué periodo histórico se ubica?.

Otra de las cosas fue que en la revisión de las fuentes, sobretodo de las que remitían a los expertos en Copérnico y sus antecedentes intelectuales, implicaba lidiar con la lengua Siria y principalmente, árabe. Una dificultad que por cuestiones de tiempo se subsanó con la literatura en lengua inglesa más aceptada en el medio académico para su referencia. Aunado a esto, resalta el escaso trabajo que existe en habla hispana por temáticas sobre historia de la ciencia (y sus conceptos), y menos afortunados, los estudios científicos árabes,⁵ y dentro de los cuales, los astronómicos son aún más escasos.⁶

Así, ante tal situación, el trabajo que tiene en sus manos, lejos de ser acotado y de la necesidad de abordar sólo aquello que contribuyera a la argumentación de la tesis, tiene frente a sí, una enorme veta de investigación.

⁵ Pues, los estudios sobre medio oriente han centrado su atención en cuestiones religiosas, políticas, históricas, filológicas, económicas o sociales, y en áreas específicas como la agricultura, la medicina y la alimentación.

⁶ A este respecto sólo se pueden mencionar las contribuciones del Consejo de Investigaciones Científicas, la Universidad de Barcelona, la Universidad de la Laguna, la Universidad Autónoma de Madrid y los aportes de Juan Vernet y Julio Samsó.

Capítulo I. La raíz común en la conceptualización del centro

Este capítulo ofrece una visión general sobre los compromisos teóricos y prácticos adquiridos con Aristóteles y Ptolomeo en la conformación de explicaciones y descripciones del mundo, al mismo tiempo se ocupa de problemáticas y soluciones al interior de la ciencia de las estrellas que se estipularon desde la filosofía natural aristotélica y la astronomía matemática ptolemaica.

1. La filosofía natural aristotélica y la astronomía matemática ptolemaica

La noción de *centro* que se desarrolló antes de Copérnico estuvo fuertemente vinculada al concepto de cosmos (orden) griego que consideraba que cada cosa estaba ordenada de acuerdo al lugar que le era natural. Esta idea se mantuvo vigente con mucho esfuerzo hasta los albores del Renacimiento. En ese período se presentan condiciones diferentes a las que hicieron posible establecer los principios de la metafísica aristotélica y que hicieron imposible sostenerla. Una rápida exposición del saber eidético, de la explicación causal de Aristóteles y de la

descripción geométrica de Proclo y Ptolomeo darán cuenta de la conformación de esta concepción del mundo.

Para un griego culto de la antigüedad prearistotélica, el Ser era luz, en la luz las cosas se aparecían, las ideas estaban ahí, las palabras contenían las ideas.⁷ No había noción de sujeto, solo “voz media”; atestiguamiento. Cuando Sócrates ejerció la mayéutica, es decir, cuando “sacaba de la madre” el saber o las ideas, externaba algo crucial en la investigación filosófica: la verdad como *aletheia*, “lo que se aparece”, “lo que se ilumina”, lo que “pone al descubierto”, lo que se “devela”. Un saber y una verdad meramente eidética,⁸ filosófica, exenta de causalidad.⁹

Pero cuando Aristóteles, se preguntó por las cosas, por la multiplicidad, estaba ya buscando explicaciones. ¿Por qué siendo griego, heredero del saber eidético, introdujo las causas? La estrategia que postuló el estagirita para la explicación del mundo de la multiplicidad consistió en que siendo heredero de la visión dual del mundo griego: la eidética (en la que se alojan las Ideas, el Uno o el Logos inmutable, incorruptible y eterno) y la física (la de las cosas, lo meramente real) hizo transcurrir todo proceso por cuatro momentos causales; a saber, uno formal, uno material, uno eficiente y uno final. Un esfuerzo que constituyó su física (véase el cuadro de la siguiente página).

El estagirita apropiándose de las estructuras direccionales de la sensibilidad griegas (de, desde, para, hacía, hasta),¹⁰ de las condiciones de

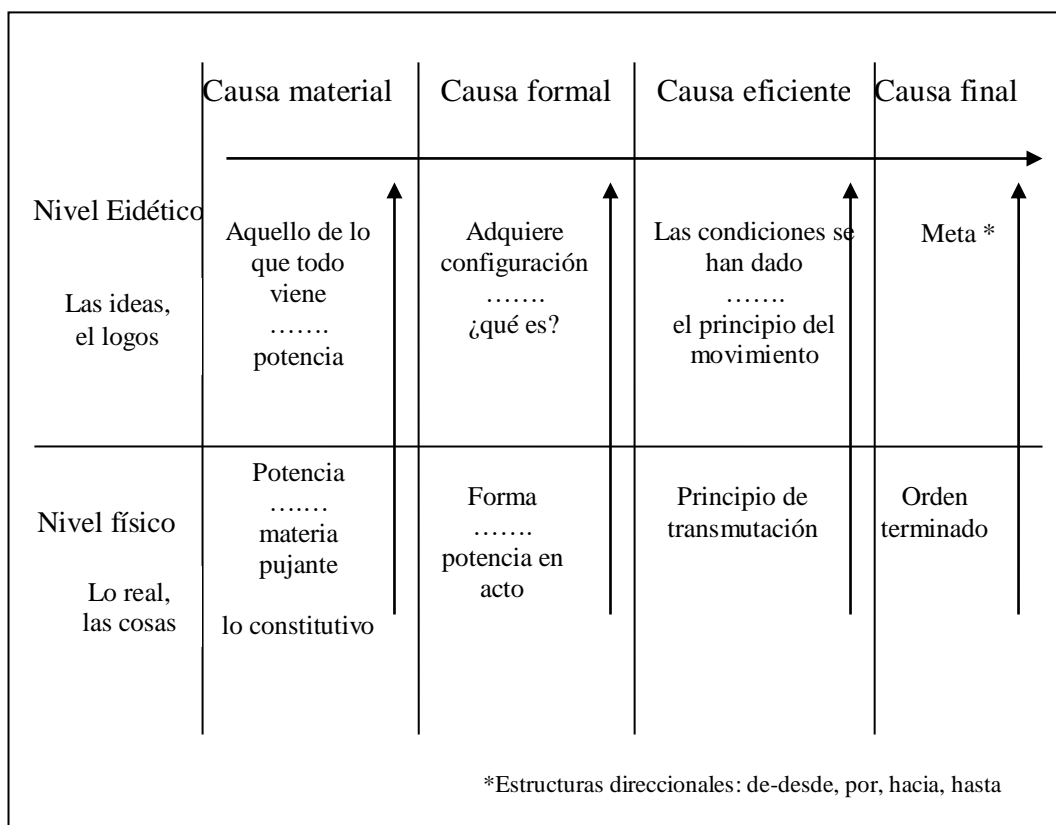
⁷ Juan David GARCÍA BACCA 1963, p.15.

⁸ Idea platónica, el Logos.

⁹ Si bien, en el pensamiento presocrático encontramos a filósofos que ofrecen explicaciones causales de tipo material al origen de las cosas (como es el caso de los primeros filósofos) o formal (Platón), será Aristóteles quien ofrece una explicación más sistematizada de la relación causal.

¹⁰ Sensibilidad ha de entenderse como “sentido”, refiriéndose a los cinco sentidos. Los griegos heredan la jerarquía orientalista tradicional antigua: oído, vista, tacto, gusto y olfato. Donde el oído, estaba en la cima de esta jerarquía y se concebía como aquello que *daba comienzo a la palabra* y venía de dentro hacia fuera, al modo como lo hará después el Logos griego. La vista, se entendía como atestiguamiento. El tacto, requería una intención: de aquí a allá; y por tanto, no era algo que se imponía. El gusto y el olfato eran sentidos externos, y como tal, se imponían. En términos generales, se puede decir que con los griegos se está ante un primer aspecto del concepto “sentido”, el de *dirección*: orientar - sentir sensorialmente. El otro aspecto aparecerá hasta la época moderna y será el de *significado* (ejemplo: los vectores).

conservación¹¹ y convergencia¹² y de la búsqueda constante de perfección –del mundo físico–, conformó una disciplina totalmente causal de explicación de la multiplicidad. Ésta comenzaba modelándose en el nivel eidético y luego, a nivel real, como materia pujante (causa material); potencializada en el acto (causa formal); dadas ciertas condiciones de transmutación (causa eficiente) lograba llegar a su meta (causa final).



Estrategia de explicación causal aristotélica¹³

La física aristotélica proporcionó una explicación empírica de cada cosa física, la descripción particular de todo proceso. El mundo físico se expresó con Aristóteles como un conjunto de dualidades, por lo que la dualidad fue la

¹¹ La conservación es una de las condiciones en el proceso de descripción del entramado de dualidades: donde la forma reconocible (*entelequia*) permite al *eidos* expresarse en una definición.

¹² La convergencia es otra de las condiciones en el proceso de descripción del entramado de dualidades: donde el Uno se presenta como múltiple (en el nivel físico) o donde el Ser se muestra como “es” (en el nivel eidético).

¹³ Este cuadro resulta del texto de Juan David GARCÍA BACCA 1963.

condición de posibilidad de la multiplicidad. La manera en la que se entramó este conjunto de dualidades fue a partir de las causas y de la entelequia -esa forma reconocible- que permitía al *eidos* expresarse en una definición. No obstante, en materia física, la explicación de cada cosa, de cada proceso fue posible a partir de la descripción del movimiento¹⁴ entendido como cambio, evolución o *metabolé* y de las categorías de espacio¹⁵ y tiempo.¹⁶ Mientras que en materia metafísica, la explicación del Ser solo era posible en su manifestación múltiple.

La idea de cosmos ordenado de la explicación aristotélica, no obstante, presentó algunas complicaciones: aquellos cuerpos “no-físicos” que también pertenecían a la naturaleza que poblaban la esfera supralunar, nombrados dentro del campo astronómico como *errantes*, significaron un problema.¹⁷ Se tenía la clara distinción entre cuerpo físico y cuerpo celeste, y lo que su sitio o lugar les permitía llevar a cabo. Sin embargo, los cuerpos “errantes” que perturbaban la tranquilidad de sus espacios, apareciendo y desapareciendo en el cielo, escandalizaron las explicaciones y descripciones establecidas. Se preguntaban ¿por qué estos astros transitaban por el cielo sin participar del movimiento circular perfecto prescindiendo de las características celestes?¹⁸

¹⁴ Movimiento es el cambio por el que una y la misma cosa pasa de estado a estado, en dirección a estado eidético, de modo que de estar en estado de potencia –aún no organizada para poseer y ostentar un *eidos* como suyo–, se impele ella misma a darse el estado de acto. De tal suerte que cuando ostente un *eidos*, cesa automáticamente por falta de pujos internos el movimiento. En palabras de Gerardo BOTTERI y Roberto CASAZZA 2015, p. 126, "para Aristóteles el movimiento (κίνησις) es fundamentalmente el pasaje de la potencia (δύναμις) al acto (ἐνέργεια, ἐντελέχεια) y abarca no sólo al cambio locativo (desplazamiento), sino también al cambio cuantitativo (aumento y disminución), al cambio cualitativo (por ejemplo, cambio de color) y fundamentalmente al cambio entitativo (generación y corrupción)."

¹⁵ Espacio es la cualidad posicional de los cuerpos terrestres, el lugar de cada cosa particular. Y se organiza delante-detrás, arriba-abajo. La noción de espacio aristotélico requiere de la noción teórica de centro como lugar privilegiado de donde todo parte y a donde todo confluye. El espacio físico es inherente a la filosofía antigua y deriva de la fuerte presencia y fascinación por los círculos y las esferas en todos los órdenes de la cosmología. Para los antiguos fue concebido como lugar o posición y lo consideraron una *condición* del mundo. Cap. III. El mandato platónico: "Redúzcanse los fenómenos celestes a movimientos circulares" en Gerardo BOTTERI y Roberto CASAZZA 2015.

¹⁶ Tiempo aristotélico es el de cada cosa particular.

¹⁷ Los cuerpos errantes o astros o planetas al no describir trayectorias como las que les correspondían a los cuerpos celestes, urgían a desarrollar alternativas descriptivas del por qué no se conducían como debían.

¹⁸ Por ejemplo, eternidad, perfección.

¿Cuál era el plan de salvación de estos fenómenos?¹⁹ La *descripción* geométrica de la trayectoria de los astros y el hacerlos inteligibles desde el lugar que les era propio fue la estrategia de salvación que postularon el astrónomo alejandrino Ptolomeo (100-170) y el filósofo griego Proclo (412-485). Siguiendo a Platón, el plan consistió, a grandes rasgos, en utilizar las categorías de la geometría cinemática para describir matemáticamente el desplazamiento de los astros y con ello mostrar la regularidad de los movimientos celestes y, en consecuencia, predecirlos.

Teniendo en mente la idea de cosmos griego, los cuerpos celestes que entraban en la oscuridad presentando movimientos erráticos (ausencia de un patrón de posiciones) y que no parecían seguir una figura geométrica que describiera su trayectoria o su desplazamiento, comprometían la concepción supralunar y orillaban imprescindiblemente a postular “artificios” no reales para imaginar sus trayectorias. Era necesario traspasar lo “que era” en lo que “tenía que ser”, o en términos más familiares, era necesario introducir lo “ideal” en lo “real”.

La formulación de “hipótesis”²⁰ como primeros “escalones” o “peldaños” de una inmensa escalera que llevaban por intrínseco impulso hacia la descripción exacta de lo que era la trayectoria de los astros, fueron pensadas por Proclo como “ficciones”²¹ y por Ptolomeo como “proposiciones”.²² “A través de

¹⁹ Del lat. *phaenomenon* y éste del gr. φαίνόμενον *phainómenon* – “aquello que se muestra”, participio presente (medial) del verbo φαίνομαι – “aparecer” que es la forma medial-pasiva del verbo φαίνω – *pháino* – “mostrar”. Aunque en la filosofía moderna se entiende como aquello que ocurre en el mundo sensible, que es empírico y perteneciente a la experiencia, diferenciándose así de lo “a priori” y de las ciencias naturales que no forman parte de la experiencia. Aquí ha de entenderse como “lo que se aparece”.

²⁰ Hipótesis debe entenderse aquí como lo que sirve de soporte, el supuesto bajo ciertas condiciones. Aquello que sirve para llegar hasta, el fundamento o peldaño puesto bajo el pie - transitoriamente- de quien quiere ascender al lugar de definitivo y seguro descanso o a lo que ya está tan firme y estable que ya no se apoya en otra cosa.

²¹ Se trata de hipótesis explicativas y no reales. No se trata de escalones con base real para llegar a otras realidades, sino de supuestos que permitirían el cálculo.

²² Pro-poner = demostrar, a partir de la lógica y de la geometría. Demostrar lógicamente (no intuitivamente). Lo lógico solo puede pro-ponerse, ponerse ante lo real como lugar de aparición lógica (no como real contra real), es decir, fenomenológicamente. Las hipótesis astronómicas debían hacer que los astros y sus fenómenos reales hablaran al astrónomo en términos lógicos. Demostrar aquí, significaba ver que los movimientos de los astros aparecían como deducidos, cual consecuencias lógicas. Por eso, para que los movimientos pudieran ser demostrados y deducidos

ellas” o “en ellas” se hacía inteligible²³ toda explicación, aunque su valor de verdad quedara suspendido hasta demostrarse. La estructura deductiva (axiomas) y la descripción geométrica (del movimiento más simple, perfecto y uniforme caracterizado por la figura geométrica del círculo) era la parte crucial de esta estrategia.

La ciencia de las estrellas por muchos siglos²⁴ fue observando y describiendo los astros a partir de la descripción geométrica del movimiento. Desde la sensorialidad visual,²⁵ la relevancia en la formulación de hipótesis radicó no en que unas fueran mejores que otras, sino en que permitieran mejores cálculos, que mostraran una adecuación con lo observado y que no fueran contradictorias.

En resumen, el “plan geométrico”²⁶ de este modo de ver el mundo consistió en utilizar las categorías de la geometría para describir matemáticamente el movimiento de los astros. A diferencia del plan causal aristotélico, fue entendido solo como el estudio del desplazamiento, sin que la dinámica jugara un papel, sin plan causal. El manejo de magnitudes permitió mostrar la regularidad de los movimientos celestes, junto con la posibilidad de predecir sus trayectorias.²⁷

era necesario “dar” a dichos movimientos una formulación lógica, aritmético-lógica, o geométrico-lógica que los convirtiera en premisas. Véase s/a. 2010, p. 40.

²³ Hacer inteligible en este sentido implica entender las hipótesis como ese conjunto de proposiciones lógicas, aritméticas o geométricas como pantallas, irreales y expuestas a lo real para ver el movimiento de los astros sin destrozar brutalmente su realidad, y así, entender cómo se movían.

²⁴ Durante toda la Edad Media y quizá hasta la primera mitad del siglo XVII.

²⁵ Desde donde estoy, aquí parado observando, en el centro. Sobre este asunto, se puede revisar el artículo de Martín KEMP “Vision and Visualisation in the Illustration of Anatomy and Astronomy from Leonardo to Galileo” en Anthony CORONES y Guy FREELAND (eds.). 2000, pp. 17-52 donde sugiere que la noción de apariencia de formas y movimientos como relativas a la posición del observador fue esencial en la representación del mundo visible anterior a la revolución renacentista. Y aunque causó mucha confusión (saber cuál era la verdadera forma, movimiento o posición de un objeto), la centralidad del observador jugó un rol importante en las percepciones relativas en Copérnico –y en algunos de sus seguidores-.

²⁶ La nominación “plan geométrico” o “plan categorial -objetivo- geométrico”; “plan causal”; y “plan eidético” que aquí se utiliza se debe a la establecida por Juan David García Bacca 1963.

²⁷ Aunque la herramienta matemática que permitirá analizar y describir más eficazmente los movimientos vendrá después de la irrupción de la perspectiva de los pintores, y obviamente, el manejo algebraico necesario para establecer la manipulación simbólica que daría paso a la geometría analítica.

Sin embargo, como ocurrió con el plan causal, algunos asuntos seguían sin resolverse. Desde el punto de vista práctico, los cálculos resultaban cada vez más inapropiados para la elaboración de tablas, calendarios o para la construcción de modelos astronómicos; y desde el punto de vista teórico, el caso del ecuante, comprometía una parte sustancial de Aristóteles, pues cuestionaba la en parte la idea física de movimiento circular perfecto. Imaginar una figura esférica desplazándose alrededor de un punto que no coincidía con el centro del círculo principal sobre el que se suponía se desplazaba el cuerpo celeste resultaba escandaloso.

2. Estructura y operación del mundo: región celeste - región terrestre

Corresponde ahora hablar de la explicación de la naturaleza de los cielos y las causas de sus movimientos (dinámica), así como de la descripción de los movimientos de los cielos (cinemática). Es decir, del establecimiento de un determinado tipo de orden (griego) para dar cuenta de fenómenos en la naturaleza, así como de algunas de las problemáticas a las que dieron lugar.

Aunque la doctrina de los cuatro elementos fue abandonada por algunos a comienzos del siglo XVI, otros autores la sostuvieron hasta el siglo XVII.²⁸ Sobre la base de las diferencias de comportamiento entre las regiones celeste y terrestre fue necesaria la introducción de un quinto elemento que Aristóteles hizo corresponder con un tipo particular de movimiento. Al movimiento natural rectilíneo de los cuatro elementos del mundo sublunar se equiparaba el movimiento circular observado en el cielo por los planetas. Para una línea finita, rectilínea, producida entre la superficie terrestre y la esfera de la Luna, había otra línea completa, circular y cerrada en la región supralunar. Al movimiento rectilíneo (arriba, abajo) asociado a los cuatro elementos, se homologaba un movimiento circular que se asociaba con el éter, un elemento de

²⁸ Edward GRANT 1994, p. 189.

extraordinaria incorruptibilidad que correspondía a un tipo de cuerpos como los celestes.²⁹

Para Aristóteles, el cosmos³⁰ era ingenerado, eterno, indestructible e incorruptible y estaba dividido en dos partes llamadas región celeste y región terrestre. La totalidad de la materia terrestre estaba compuesta de cuatro elementos, y era constante y eterna, sin comienzo ni fin. Sin embargo, lo importante de esta idea radicaba en que aunque fueran eternos e indestructibles como un todo,³¹ siempre cambiaban uno en otro.

La explicación mecanicista del cambio proveía de racionalidad a la distinción entre la región celeste y la región terrestre. En la región celeste las partes no podían sufrir transformación, solo podían cambiar de posición como consecuencia de su movimiento regular y circular. No podían ocurrir en los cielos cambios sustanciales; había un sentido absoluto de incorruptibilidad celestial que estaba sustentado en la idea de que la causa de la corrupción tenía que ver con la generación y corrupción incesante que ocurría en los cuerpos terrestres y no en los celestes, pues en los últimos no había formas contrarias. En el movimiento circular no se encontraban contrarios tales como arriba y abajo, propios del movimiento rectilíneo. Al no haber formas contrarias en la región celeste, el movimiento circular y la incorruptibilidad eran los ingredientes esenciales del

²⁹ Gerardo BOTTERI y Roberto CASAZZA 2015, p. 28 y 29.

³⁰ Grant afirma que aunque la palabra cosmos y cosmología derivan de los términos griegos *Kosmos* y *kosmologikos* rara vez fueron usados en la Edad Media y que de acuerdo al *Oxford English Dictionary* las palabras latinas que mejor describen lo que comprendemos por “cosmos” son *mundus*, *caelum* y *universum*. *Mundus* podría tener al menos cuatro significados, pero usualmente comprende los cielos y la Tierra y todo lo que hay entre ellos. *Caelum*, se traduce usualmente como “cielo” o “cielos” y su alcance fue más limitado. En este sentido, podía representar una sola esfera planetaria (“cielo”), pero también, a la región celeste entera, la cual incluye la totalidad de órbitas celestes: todo, desde la esfera de la luna hasta la esfera de las estrellas fijas y todos los orbes que pueden estar más allá (históricamente, en singular o plural su uso ha sido intercambiable). *Caelum* fue un término que algunas veces fue usado para subdivisiones del mundo que excluían a la Tierra. *Universum* fue probablemente sinónimo de *mundus* pero, en las definiciones dadas por Pierre d’Ailly en sus *14 preguntas sobre la esfera de Sacrobosco*, continua Grant, D’Ailly señala que el universo puede denotar: (1) totalidad de los cuerpos celestes, (2) el primer motor y (3) el todo como parte del universo (cuerpos celestes, inteligencias aplicadas a ellos, toda mezcla de cuerpos y los cuatro elementos contenidos bajo la luna). Por tanto, *mundus*, *caelum* y *universum* son términos que podrían representar a la cosmología medieval, esto es, al mundo o universo como un sistema ordenado. Edward GRANT 1994. p.7.

³¹ Como sustancia.

orden del mundo. Por eso cuando Copérnico hizo de la Tierra un planeta en 1543, lanzó por la borda el concepto de incorruptibilidad.³² Hasta el siglo XVII la incorruptibilidad celeste implicó inequívocamente que esta región como un todo fuera más noble y más perfecta que la parte terrestre del cosmos. La consecuencia más significativa de esta creencia fue la convicción de que por virtud de su perfección e inmutabilidad los cielos gobernaban el incesante cambio de la región terrestre.

Derivado de esta concepción mecanicista³³, una serie de controversias tuvieron lugar, la eternidad del mundo fue quizá uno de los problemas más relevantes del siglo XIII.³⁴ Su planteamiento quedó plasmado en los siguientes términos: por un lado, se hablaba de la creación del mundo, remitiéndose al Génesis y a la idea de que el mundo tenía un comienzo material que culminaría con el juicio final cristiano. Por otro lado, Aristóteles concebía al mundo atribuyéndole eternidad y en consecuencia la imposibilidad de tener un comienzo. Sin embargo, el estagirita también habló de generación y corrupción (cualidades contrarias) como las responsables de todo cambio en la región terrestre o mundo sublunar, y de la ausencia de contrariedad en la región celeste o mundo supralunar. Por tanto, el mundo como un todo carecía de cualidades contrarias porque no podía haber paso hacia algo más allá, fuera de la existencia, y debía admitirse eterno, sin comienzo ni final.

Otro de los problemas que tuvo resonancia en la literatura medieval fue el de la infinitud del mundo. Su naturaleza marcó la pauta en el debate: ¿se trataba de un asunto lógico-matemático, teológico, astronómico o filosófico? En la escolástica por ejemplo, los denominados finitos (como fue el caso con Aristóteles para quien no podían existir cuerpos infinitos, por la necesidad de que todo en el mundo era finito) afirmaban un infinito potencial a la manera de los números

³² “Libro Primero” de *Sobre las revoluciones de los orbes celestes* de Nicolás COPÉRNICO.

³³ Generalmente, se denomina así a la explicación de que los fenómenos naturales, todos, se deben al choque de partículas, sin requerir de fuerza ínsitas. En este sentido, el mecanicismo es una tendencia del siglo XVII.

³⁴ Para tener una idea del alcance de esta problemática considérese el hecho de que en la universidad de París, por ejemplo, 27 de los 219 artículos condenados en 1277, se referían a este asunto. Edward GRANT 1994, p. 65.

donde dado un número, siempre había otro (infinito sincategoremático o potencial); mientras que los denominados infinitos optaban por la existencia de un infinito real de magnitud o cantidad (infinito categoremático o actual).

Pero también tuvo otros aspectos: uno natural y otro teológico. Argumentar contra la infinitud del mundo físico implicaba demostrar desde la filosofía de la naturaleza que un cuerpo infinito era imposible porque violaba principios físicos. Desde la teología cristiana, cuestionar la habilidad de Dios para crear un cuerpo infinito o una magnitud, implicaba cuestionar su poder absoluto. El único infinito real o actual existente aceptado durante la Edad Media era el poder infinito de Dios y su infinita inmensidad omnipresente. Pero lejos de eso, no se creía en la existencia de magnitudes o cuerpos infinitos independientes de Dios o creados por él.³⁵

Dejando de lado el realismo de los argumentos hipotéticos sobre el infinito real, era posible solo imaginar el espacio infinito no como creación divina sino como inmensidad eterna de Dios;³⁶ y por tanto, para los filósofos naturales escolásticos de la Edad Media, el mundo y el universo era verdaderamente finito y no un cuerpo infinito, pues todas las cosas eran absolutamente magnitudes finitas.

La forma del mundo fue también algo muy discutido. El asumirlo como esférico tuvo varias razones:

a) que el cielo todo era cóncavo y que los cielos intermedios participaban de la esfericidad entre los orbes más externos y los más internos.

b) la explicación dada por Sacrobosco -que tenía implícita la opinión de Aristóteles y Averroes- de semejanza, conveniencia y necesidad, suponía que el mundo al estar hecho a semejanza del arquetipo, hacía imposible que tuviera un comienzo y un final; suponía que debido a que de todo cuerpo isoperimétrico la

³⁵ Para ahondar en torno a la posibilidad de Dios de crear más mundos, infinitos mundos además de este, véase el artículo de Alejandra VELÁZQUEZ "Eternidad, duración, infinito y mundo en Nicole de Oresme" en Laura GROBET y José Antonio ROBLES 1997.

³⁶ A esto se le conoce como panteísmo (el espacio es Dios mismo) y fue considerada una herejía de la que se acusó a Bruno y a Spinoza, entre otros.

esfera era la más grande de todas las figuras, ésta era la que convenía al contenido del todo; y suponía también que el mundo debía tener necesariamente forma esférica porque de otra manera daría lugar a espacios vacíos o a cuerpos fuera de lugar.

c) la experiencia observacional sugería que el cielo era curvo. Si alguien desde la Tierra o desde algún punto en el océano lo miraba, siempre lo vería de esa forma. Si alguien observaba el movimiento descrito por el Sol y los planetas, le parecía circular. Lo mismo ocurría si se observaba el día y después la noche o el movimiento que seguían las estrellas.

d) La filosofía natural proporcionaba el argumento más importante para la forma esférica del mundo. El quinto elemento aristotélico del que se constituía la región celeste, hacía de la esfera la más perfecta de todas las formas por lo que su asignación correspondía únicamente a los cuerpos celestes.

La admisión general de la esfericidad del mundo planteaba el problema de determinar si la esfera más externa –en cuanto sola– se encontraba en “algún” lugar o si el mundo, como un todo, estaba en “algún” lugar. No se hicieron esperar diferentes respuestas. Sin embargo, las diferentes maneras de enfrentar el problema permitieron aclarar que una cosa era lugar exterior (*locus*) y otra, lugar interior (*ubi*).³⁷

No obstante, no hay que perder de vista la definición aristotélica de lugar de un cuerpo. “Lugar” fue –para Aristóteles– el límite del cuerpo que contiene y que está en contacto con el cuerpo contenido, donde el límite (superficie interior) del contenido debía ser inmóvil. Cuando un cuerpo cumplía con este riguroso criterio, se decía que estaba en un “lugar propio”, en un lugar que solo este cuerpo ocupaba. En cambio, un lugar que contenía más de un cuerpo era denominado “lugar común”. El lugar propio de un cuerpo era siempre la superficie exterior de otro cuerpo circundante porque el mundo de Aristóteles

³⁷ El último concepto fue asociado durante el siglo XVI y XVII a un espacio vacío tridimensional.

era material y no tenía posibilidad de vacío. Aristóteles asumió que todos los cuerpos en el mundo eran capaces de moverse, de cambiar sus tamaños y de estar necesariamente en un lugar. Pero la esfera más externa debía ser la excepción; ella no podía estar en un lugar más allá de nuestro único mundo. Negar un lugar a la última esfera parecía una consecuencia forzada, Aristóteles rehuyó al ordenamiento de lugares materiales porque lo conducían al infinito. Para él, la última esfera no podía estar contenida en otra más grande, y ésta a su vez, en otra más grande.³⁸

Aristóteles tampoco dio lugar a la existencia de otros mundos. Su concepción del movimiento (natural y violento) jugó un rol importante en la defensa de un mundo único.³⁹ Cuando sus libros naturales o de la naturaleza se conocieron en la universidad de París en el siglo XIII causaron disturbios y muchos de ellos se resolvieron con la condena de 1277⁴⁰ que de los 219 artículos que incluía, 34 se referían a cuestiones donde el aristotelismo no concordaba con el oficialismo religioso. Después de esta condena, bajo pena de excomunión se hizo propagar y sostener todo argumento a favor de un mundo único, de ahí que se hayan examinado críticamente muchos de los escritos aristotélicos.

Otra cuestión concerniente a la filosofía de la naturaleza y a la astronomía tuvo que ver con ¿a qué campo del saber correspondía la

³⁸ Este mismo asunto se podía plantear de esta otra manera: el mundo debía concebirse como eterno en el tiempo pero limitado en el espacio en razón de que fuera de la última esfera no había nada, y la nada al no ser, establecía el límite al mundo físico. Hubo otros autores escolásticos que también negaron que la última esfera estuviera en un lugar, por ejemplo, Alejandro de Afrodisias, Avicena, Johannes Canonicus, Roger Bacon, Jean Buridan, Alberto de Sajonia, Marsilius de Inghen.

³⁹ El movimiento natural era evidente en la caída sin obstáculos de los cuerpos desde las alturas en línea recta hacia el centro de la Tierra que coincidía además con el centro geométrico de nuestro universo esférico, o en la elevación del fuego o aire hacia el cielo. Cuando los cuerpos pesados no eran impedidos por algo, tendían naturalmente a moverse hacia abajo, en línea recta hacia el centro de la Tierra, se asumía que éste era el lugar natural propio de los cuerpos pesados. Mientras que los cuerpos livianos cuando no eran impedidos por algo y se movían hacia arriba en dirección a la región celeste, se asumía que éste era el lugar natural de los cuerpos livianos.

⁴⁰ Se refiere a la prohibición que el obispo de París, Étienne Tempier, promulgó en el año de 1277 respecto a la enseñanza de 219 tesis filosófico-teológicas. La condena afectó en puntos específicos a la cosmología desde el siglo XIII hasta el siglo XV. Por ejemplo, en cuanto a las hipótesis sobre la eternidad del mundo, sobre el poder absoluto de Dios, sobre la posibilidad de otros mundos, sobre la movilidad de la Tierra, y, en relación a la infinitud, lugar y forma del mundo. La cristiandad por tanto, influyó en la cosmología aristotélica y en la interpretación del mundo de los filósofos naturales, de los maestros en arte y de los teólogos. Véase Edward GRANT 1994, p.151.

investigación sobre los cielos y qué y cómo resolverían las problemáticas resultantes? La relación entre la región celeste y la terrestre fue en principio del dominio de los filósofos de la naturaleza. Pero durante la Edad Media y el Renacimiento a los astrónomos les ocupó la predicción y determinación de posiciones estelares y planetarias, razón por la que recurrieron a una variedad de mecanismos -tanto reales como imaginarios- para su actividad. El mejor instrumento del que dispusieron fue la geometría y la lógica. Sin embargo, para los físicos o cosmólogos o filósofos de la naturaleza, cuyo interés recaía en dar cuenta de la naturaleza de los cielos y las causas de sus movimientos, resultaba indispensable explicar la naturaleza de la substancia celeste (determinar si era incorruptible e invisible, si sus propiedades eran similares a la materia de la región terrestre) así como descubrir las causas del movimiento y sus ausencias.

Uno de los tratados astronómicos fundamentales entre la antigüedad y el siglo XVI, y que dio muchos dolores de cabeza tanto a filósofos como a astrónomos, fue el *Almagesto* de Ptolomeo.⁴¹ Con excepción del tema cosmológico, de la inmovilidad de la Tierra y de la disposición de los planetas en el Libro Primero, fue un texto meramente técnico, debido a la consideración de que el mundo debía ser descrito a partir de combinaciones o mezclas de figuras geométricas concéntricas, excéntricas y de epiciclos, reflejando con ello el movimiento de los cuerpos celestes como reales. Otra obra controversial fue las *Hipótesis sobre los planetas*,⁴² también de Ptolomeo. Siglos después, en contraste con las *Hipótesis*, no resultaron controversiales la *Theoricae planetarum* de Campanus de Novara (1220-1296) y la *Theoricae novae planetarum* de George Peurbach (1423-1461) que solo atendieron la parte astronómica, los asuntos

⁴¹ El *Almagesto* de Ptolomeo, escrito en el siglo II, consta de 13 libros: en el primer libro expone el sistema geocéntrico. En el segundo se trata la periodicidad de los equinoccios y la longitud del año. En el tercero se discuten los solsticios y equinoccios. En el cuarto libro se exponen estudios de la Luna y se define el mes sinódico. El quinto trata sobre la corrección de paralaje de las posiciones del Sol y la Luna. El sexto libro expone una medida del diámetro aparente del Sol y la Luna, mostrando un método de predicción de eclipses. En los libros séptimo y octavo se muestran cómo las posiciones relativas entre las estrellas son fijas. El octavo libro constituye un catálogo de las estrellas australes conocidas por él. Finalmente, en los últimos cinco libros se expone el método de Ptolomeo para calcular las posiciones y trayectorias de los planetas, explicando en detalle el sistema de epiciclos.

⁴² Su contribución a la cosmología recae en el compromiso con el sistema de tres órbitas o la negación del vacío entre esferas.

técnicos (como las posiciones planetarias) y no las propiedades de los cielos o las causas de los movimientos celestes.⁴³

Desde el siglo XIV se convino dividir el tratamiento del movimiento celeste en cinemática y dinámica para dar cuenta, según conviniera, del primer motor, la naturaleza del movimiento circular, su regularidad y su uniformidad. Así, la *cinemática* del movimiento solo contempló el movimiento como un fenómeno que se daba en el espacio y en el tiempo, sin referencia a fuerzas o entidades que lo produjeran. Mientras que la *dinámica* del movimiento se refirió a todo aquello (causas) relevante para que algo comenzara a moverse y conservara su estado de movimiento.⁴⁴

En la cinemática del movimiento celeste los conceptos de uniformidad y regularidad fueron muy importantes. Para Aristóteles, el primer movimiento del cielo más externo (el primer motor medieval) era uniforme y circular y éste no se extendía a los planetas inferiores porque el movimiento de cada uno de ellos resultaba de una combinación de otros movimientos. Aristóteles desconocía que unas órbitas se movían más rápidas algunas veces y más lentas otras veces. Pero los filósofos naturales medievales sí diferenciaron movimientos aparentemente uniformes de los aparentemente irregulares.⁴⁵ La medición de la uniformidad del movimiento estuvo relacionada con las partes de un cuerpo: para el caso del movimiento rectilíneo, se aceptaba que un movimiento era uniforme si la parte de un cuerpo se movía con la misma rapidez que otra de sus partes. Por ejemplo, cuando una piedra descendía con un movimiento acelerado, cada parte de esa piedra se movía con la misma velocidad en algún punto particular de su descenso. Esto no ocurría con el eje de una rueda, pues la parte más cercana al eje se movía de manera diferente a la parte más cercana a la circunferencia, aún completando la vuelta en el mismo tiempo. La medición de la regularidad del movimiento

⁴³ Con el tiempo, corresponderá a los astrónomos fusionar las dos aproximaciones (astronomía y cosmología), resultando la primera (fusión) con Kepler en su *Defensa de Ticho Brahe contra Ursus* y en su *Apología*.

⁴⁴ Edward GRANT 1994, p. 488.

⁴⁵ De ahí terminología como uniformidad-diformidad, regularidad-irregularidad, simple-compuesto que se pondría en uso en el siglo XIII.

también estuvo vinculada al tiempo: si los cuerpos que se movían participaban de la misma velocidad en cada parte del tiempo, entonces su movimiento era regular.

En la dinámica del movimiento celeste lo relevante fueron las ideas en torno a las causas del movimiento, ya fueran las afirmaciones de Aristóteles acerca de la teoría astronómica de Eudoxo y Calipo⁴⁶ o la descripción de su sistema de esferas concéntricas.⁴⁷ El principio interno del movimiento relacionado con el quinto elemento en los cielos (el éter celeste) posibilitó considerar la causa del movimiento propio de estos cuerpos. Sin embargo, el hecho de que también hablara de ciertas influencias externas (una especie de espíritus) asociadas con el primer motor inmóvil (o con las esferas) indicó que esta influencia era trascendente, o al menos, algo separado y distinto de las órbitas con las cuales estaban asociadas. Quizá, lo que Aristóteles pensó (o así lo interpretaron los medievalistas) del éter celestial que conformaba las órbitas, los planetas y las estrellas tenía en algún sentido algo divino, algo inmaterial que hacía posible el movimiento perpetuo. Para Aristóteles pudo haber sido ambigua la relación del primer motor con los otros motores de movimiento, pero para los cristianos fue inequívoca la relación: Dios era la causa del movimiento celeste.

El tema de las esferas celestes fue algo esencial en la discusión del movimiento de los astros. En la Edad Media los astrónomos podían libremente salvar las apariencias imaginando el número de esferas que desearan sin la necesidad de demostrar la existencia de tales entidades pero este proceder generaba una serie de cuestionamientos a los filósofos naturales: ¿había un cielo o muchos? ¿cuál(es) era(n) la(s) naturaleza(s) de este/estos cielo(s)? ¿cuál(es) su(s) movimiento(s)? La aparente ambigüedad en la interpretación medieval del/de los cielo(s) recayó en el hecho de que la región celeste como un todo fuera entendida como sinónimo de a) cielo carente de esferas, b) cielo dividido en esferas (continuas o contiguas), c) cielo en forma de esferas independientes contiguas y a

⁴⁶ Para ahondar en una explicación detallada del sistema astronómico de Eudoxo y Calipo véase el "Cap. IV. Los modelos planetarios de Eudoxo y Calipo" en Gerardo BOTTERI y Roberto CASAZZA 2015.

⁴⁷ Según esta teoría, las esferas eran círculos vacíos concéntricos dispuestos uno dentro de otro siendo el centro común la Tierra.

distintas distancias una de otra y d) cielo físico sin esferas pero con planetas y estrellas.⁴⁸

Los tratados greco-árabes traducidos al latín en el siglo XII y XIII⁴⁹ mostraron cómo las órbitas eran incrustadas en la tradición aristotélica-ptolemaica de la literatura cosmológica y astronómica. Dos teorías rivalizaron por su aceptación. La primera, derivada del trabajo de Aristóteles así como del sistema de Eudoxo y Calipo que afirmaban que las estrellas y los planetas se desplazaban alrededor de esferas concéntricas y homocéntricas.⁵⁰ La segunda, derivada del trabajo *Hipótesis de los planetas* de Ptolomeo que afirmaba que los planetas se desplazaban alrededor de esferas excéntricas y de epiciclos⁵¹ cuyos centros eran puntos geométricos que no coincidían con el centro de la Tierra.

Las referencias a los epiciclos y excéntricas aparecen abundantemente desde el siglo XIII en trabajos como *Sobre las esferas* de Sacrobosco o en la anónima *Teoría planetaria*. Pero no parece haber sugerencia de que las esferas fueran reales, materiales o sólidas. Roger Bacon (1219-1292) fue quizá un ejemplo de filósofo natural escolástico comprometido con una evaluación seria de su utilidad cosmológica. Hubo otras personalidades que también prestaron atención en este siglo al asunto de los epiciclos y las esferas excéntricas, como Alberto Magno y Duns Scoto; en el siglo XIV, Jean Buridan y Alberto de Sajonia; en el siglo XV, Pierre d'Ailly, Cecco d'Ascoli, Johannes de Magistris, John Versor y Thomas Bricot; y en el siglo XVI, Cristóbal Clavio y algunos jesuitas de Coimbra.

La sola idea de aceptar que los epiciclos y las excéntricas fueran esferas reales y materiales implicaba consecuencias cosmológicas y físicas graves:

⁴⁸ La mejor referencia global para esta discusión es el libro Edward GRANT 1994. *Planets, Stars, and Orbs. The Medieval Cosmos 1200-1687*. New York, Cambridge University Press.

⁴⁹ Por ejemplo, los textos científicos de Gerardo de Cremona traducidos del árabe al latín en el siglo XII en Toledo.

⁵⁰ En cuanto esferas concéntricas tenían un centro común, el cual a su vez era centro geométrico del mundo y centro de la Tierra.

⁵¹ Las esferas excéntricas eran círculos que giraban en torno a la Tierra, pero su centro era distinto al de la Tierra. Los epiciclos por su parte eran círculos que giraban dentro de las órbitas de las esferas principales.

¿si las excéntricas existieran, la Tierra podría estar en el centro del universo? ¿Habría(n) cuerpo(s) o espacio vacío entre las esferas? ¿Las esferas se tocarían mutuamente? Aceptar como verdaderamente representativo del cosmos real un sistema con tales características conducía a admitir –de manera opuesta a como lo sostuvieron Aristóteles y Averroes– que las esferas planetarias podían moverse alrededor de puntos geométricos que no eran el centro de la Tierra, ni el centro geométrico del universo y que las órbitas celestes no eran todas de la misma naturaleza, también que los cuerpos celestes diferían en materia y forma en sus movimientos.

En el caso de los epiciclos, el problema parecía derivar del comportamiento de la Luna: ¿era posible sostener la realidad material de los epiciclos? Para Aristóteles, la Luna –al igual que los planetas–, al mostrar siempre la misma cara hacía imposible que rotara o girara de manera independiente de la Tierra.⁵² En la Edad Media, hubo quien concedió a la Luna un movimiento propio de rotación, pero a los planetas no (Buridan), porque ellos solo se podían mover de una posición a otra; además no podían tener ese movimiento porque eran la causa de transmutaciones en los cuerpos sublunares; si se movieran cada uno de manera diferente, cada planeta produciría efectos diferentes en la parte sublunar y eso era escandaloso.

Así, sea que estuvieran a favor o en contra de las esferas excéntricas o de los epiciclos, el tema fue muy importante para la cosmología medieval. La convicción de que los epiciclos y las excéntricas salvaban mejor los fenómenos astronómicos que las esferas concéntricas aristotélicas fue generalmente aceptada entre los astrónomos medievales. Pero los filósofos naturales medievales conscientes de que las excéntricas y epiciclos violaban importantes aspectos de la cosmología aristotélica se dieron a la tarea de buscar salidas para sortear estas anomalías. Algunas de ellas fueron admitir que a) las esferas celestes excéntricas se movían con movimientos circulares alrededor de otros centros diferentes al de

⁵² Para que desde la Tierra se viera siempre la misma sección de la Luna obligaba a que la Luna rotara sobre sí misma, pues si no fuera así, conforme la Luna se desplazara alrededor de la tierra, desde ésta se verían distintas secciones de la Luna.

la Tierra, b) la Luna y los demás planetas tenían movimientos propios alrededor de sus propios centros en dirección opuesta a la de sus epiciclos, c) las esferas sucesivas no estaban en contacto directo y el espacio entre ellas era ocupado por una sustancia celeste divisible aunque incorruptible y d) los cuerpos celestes, y por tanto, la sustancia celeste, no necesitaba de la llamada homogeneidad.

Por lo tanto, por un lado, el universo para el hombre medieval fue concebido como finito, cerrado y limitado (terminaba en la octava esfera), con un centro inmóvil, situado en la Tierra; y con los astros girando en círculos perfectos alrededor de ella. El espacio fue concebido como un conjunto de lugares determinados por la naturaleza de los cuerpos que lo ocupaban (heterogéneo y ordenado). Esta imagen del universo fue resultado de la idea de un universo estratificado, ordenado, finito y cerrado con lugares determinados y movimientos absolutos. Una concepción orientada por valores tradicionales y por una jerarquía metafísica establecida (movimientos perfectos circulares).

Por otro lado, los astrónomos tenían interés en sistemas que salvaran los fenómenos independientemente de su realidad física, es decir, en sistemas astronómicos que mejor representaran la realidad. La disputa involucraba decidirse por un sistema de esferas concéntricas o un sistema que mezclaba esferas concéntricas, excéntricas y epiciclos. Las consecuencias físicas y cosmológicas que debían o no seguirse de la aceptación de estos sistemas confirmaban que la tarea de los filósofos de la naturaleza recaía en argumentar en torno a la estructura de la realidad cósmica; y la labor de los astrónomos, en evaluar la aceptación de los sistemas astronómicos que posibilitaran cálculos más adecuados.

Estas eran las condiciones teóricas en las que la conceptualización de centro anterior a Copérnico se configuró en aquella disposición del Ser en la que el hombre encuentra su límite y su más profundo acuerdo. Corresponde ahora abordar el estudio de aquellos aspectos que harán posible el tránsito hacia una nueva visión del mundo a partir de la misma noción.

Capítulo II. De la transición de una configuración del mundo a otra

La parte medular de este capítulo consiste en describir el esfuerzo por trazar un puente que permita apreciar la transición de la conceptualización de centro del mundo antiguo a la conceptualización moderna de centro. El trípode de esta plataforma lo conforman algunos estudios de balística (específicamente, algunas explicaciones del movimiento de los proyectiles), las reflexiones del cardenal de Cusa en torno al hombre, al conocimiento, al universo y, por último, la polisemia coloquial de la noción de centro desarrollados durante la antigüedad y la Edad Media.

1. La balística y las explicaciones en torno al movimiento de los proyectiles

Los estudios de balística de los siglos XV y XVI favorecieron también el complejo proceso de transición de una conceptualización de centro a otra. Lo relativo al movimiento de los proyectiles, sus formas, trayectorias, rotaciones, comportamientos en diferentes ambientes, sugirió a disciplinas como la dinámica y la mecánica de los cuerpos un trato particular.

Aunque en términos generales, la balística como disciplina se divide en un antes y un después de Newton, para los fines que aquí se persiguen, basta con mencionar algunos puntos. Se sitúa como precursor de los actuales métodos de ingeniería a Leonardo da Vinci (1452-1519) en tanto diseñador de armas, morteros, cañones e incluso, de versiones precursoras de los carros de combate, de los submarinos y del establecimiento de bases teóricas para la denominada aerodinámica (como la idea del centro de empuje a partir de observaciones sobre el vuelo de los pájaros). Sin embargo, los trabajos de Galileo (1562-1642) fueron los primeros en abordar la balística de manera sistemática.

Aunque a Niccolo Fontana (1500-1557), apodado Tartaglia, en 1537, se debe la obtención de medidas en los ángulos de elevación de un cañón,⁵³ Galileo fue quien estableció que la trayectoria de un proyectil en el vacío describía una parábola; y mucho después, –y una vez conocida la velocidad inicial–, fue factible comprobar que los proyectiles tenían bastante menos alcance que el que había predicho.⁵⁴ Posteriormente, Torricelli (1608-1647) se encargó de la formulación de la ecuación del alcance de un proyectil y el estudio de las propiedades de la parábola y Cassini, en 1707, de los primeros métodos para determinar velocidades iniciales, mediante péndulos balísticos.

Los trabajos de Galileo prepararon el camino a Isaac Newton (1642-1727). En sus *Principios Matemáticos de la filosofía natural y su sistema del mundo* (1687), Newton sentó las bases de la dinámica tanto de los cuerpos rígidos como de los fluidos. Llamó la atención que comenzara su argumentación sobre la gravitación universal estudiando el movimiento de un proyectil que se dispara horizontalmente y en el vacío desde la cima de una montaña. Tal hecho mostraba que si se incrementa la velocidad inicial se conseguían mayores alcances, y si la

⁵³ El mayor alcance que consigue un proyectil es a 45°.

⁵⁴ En el siglo XVIII, quedaba claro que los cálculos galileanos eran exactos sólo en el vacío, y que la resistencia aerodinámica –desaceleración debida al rozamiento con el aire– era una función de la densidad, la velocidad y la forma del proyectil (un asunto con lo que pudo establecerse que la velocidad del proyectil disminuía con la densidad del medio y variaba enormemente con la forma del móvil).

velocidad inicial aumentaba hasta un determinado valor, el proyectil podía rodear a la Tierra y volver a la posición de partida de manera similar a como se concebían las órbitas de los planetas, satélites, etc.

Sin embargo, en lo que respecta a las explicaciones del movimiento de los proyectiles que se ofrecen en el siglo XVI, existen datos que aportan, por un lado, un apremiante interés por explicar el asunto desde el punto de vista no aristotélico, y por otro lado, la efervescencia italiana que, posiblemente, Copérnico atestiguó durante su estancia de estudios en ese mismo lugar. Por ejemplo, en un trabajo de Virginia Iommi, que aborda la contribución del italiano Niccolò Leonico Tomeo (1456-1531), un importante humanista y estudioso de Aristóteles que publicó en Venecia en 1525 su *Conversio mechanicorum quaestionum Aristotelis cum figuris et annotationibus quibusdam*⁵⁵, la autora señala que el texto, como tratado de mecánica renacentista⁵⁶ consistía en un análisis del comportamiento de un peso estacionario (*pondus*) en relación con el de un cuerpo pesado (*grave*), entendiendo este último como un objeto que descendía en movimiento natural hacia la Tierra y en el que el aspecto dinámico de la ciencia de los pesos del tratado aristotélico era abordado en detalle en las últimas secciones de la obra a partir de problemas tradicionales de balística para su época.

En opinión de Leonico Tomeo –continúa Iommi–,⁵⁷ Aristóteles hacía algunas consideraciones importantes sobre el lanzamiento de proyectiles. Aludía a tres posibles razones para explicar el fin del ascenso de los objetos lanzados: 1) la extinción de la fuerza que los expulsó, 2) el peso y 3) la resistencia. Pero no optaba por ninguna de las tres y prefería –en cambio– explicar porqué se movía de hecho en primera instancia, y afirmaba, que el impulso inicial causaba el movimiento de "algo más", lo que a su vez movía "otra cosa" que se detenía

⁵⁵ Se trataba de la segunda traducción latina del estagirita.⁵⁵ Una versión impresa que no solo acompañaba al texto con figuras, sino que también, incluía anotaciones del traductor, lo que seguramente permitió que la obra del filósofo griego tuviera una efectiva divulgación y comprensión de los postulados mecánicos. La primera apareció en París en 1517 y fue obra de Vittore Fausto (1480-1551).

⁵⁶ El texto aristotélico al que se refiere es la *Mecánica* .

⁵⁷ Virginia IOMMI ECHEVERRÍA 2011, p. 182.

cuando la fuerza que empujaba el objeto perdía potencia y el peso del proyectil lo impelía hacia abajo con más potencia que la fuerza que lo empujaba hacia delante. Así, el estagirita al aceptar tácitamente que ese "algo más" movía el proyectil enfatizaba que las razones para el término del ascenso eran sólo dos: 1) la extinción de la fuerza y 2) el peso del proyectil.

Aristóteles también analizaba porqué el tamaño del objeto impulsado tenía una relación directa con la distancia a la que podía viajar, cayendo en la cuenta de que éste debía siempre oponer resistencia en la dirección desde la cual venía el impulso; pues, si era muy grande o muy pequeño no podía ser ni lanzado ni empujado, atravesando en consecuencia, una distancia considerablemente menor que un cuerpo con un peso medio. En su opinión, un objeto sólo podía transitar en la medida en que atravesaba las profundidades del aire, y aquel que no pudiera moverse era por su incapacidad de hacerlo. El estagirita omitía cualquier referencia al impulso sucesivo del aire: una vez que había sido atravesado, éste simplemente cedía al proyectil, pero no daba un rol explícito al aire y tampoco había una alusión previa a éste.

En la Italia renacentista, esta explicación mecánica del proyectil aristotélico luego de algunas adiciones teóricas a los problemas del movimiento de los proyectiles y de una defensa de la teoría del *impetus*,⁵⁸ favoreció una reflexión

⁵⁸ La noción del *impetus* —también llamado *vis impressa*, fuerza impuesta— deriva del pensador alejandrino y comentarista de Aristóteles del siglo VI Joannes Philoponos, quien habló de una *dynamis endotheisa* (potencia interna); y llegó a la ciencia moderna a través de los árabes: *al-Fârâbî* (m. 950), el místico de la luz, con rasgos (neo-)platónicos; el astrónomo Alpetragius (*al-Bitrûgi*: ca. 1150-1200); y ya desde dos siglos antes a través de Avicena (*Ibn. Sînâ*: 980-1037). El gran filósofo aristotélico, médico y sabio universal llama *mayl qâsri* "una calidad por la cual un cuerpo repele lo que le impide moverse en una dirección dada". Petrus Joannis Olivi (n. 1248 o 49 en Sérignan, Languedoc, m. 1298 en Narbonne) cita en sus *Quaestiones* la concepción que del movimiento y su "impulsión" tiene Alpetragius. Wolfgang STROBL 1970, p. 332.

La explicación medieval del *impetus* sobre la continuación del movimiento de cuerpos alejados del motor inicial se basaba en la impresión de una cualidad en el objeto llamada *impetus*, que gradualmente desaparecía hasta detener el avance del proyectil. Esta teoría, mucho más desarrollada en el siglo XIV en la Escuela de París, se contraponía a la explicación tradicional de Aristóteles (*Física IV*, 215a) según la cual el aire, al ser liviano, producía la elevación del proyectil luego de recibir un impulso por parte del motor en ondas de fuerza decreciente. Piccolomini defiende la tesis parisina con la intención de criticar la teoría aristotélica al enfatizar la diferencia entre el movimiento del aire y la continuación del movimiento del proyectil. Para justificar la fuerza motriz del cuerpo lanzado, suscribe la idea de *impetus* impreso en el objeto.

dinámica⁵⁹ que se debió al filósofo natural, Alessandro Piccolomini (1508-1578) –afirma Virginia Iommi–.⁶⁰ Bajo la idea de la *antiperístasis*⁶¹ reunió toda explicación que se valía del medio para entender el movimiento del proyectil, incorporando de esta manera la teoría del *impetus*. Para el autor italiano, la distinción que Aristóteles realiza entre fuerza de un cuerpo en estado de reposo y la de un cuerpo en movimiento, le sugiere la explicación al problema que también el griego planteaba de por qué un hacha rompe un trozo de madera solo cuando es golpeada contra él y no cuando es solo empujada hacia abajo: la fuerza de los cuerpos en movimiento era más vehemente que la de los cuerpos en reposo porque eran movidos no sólo por su gravedad y el impulso inicial, sino por el nuevo ímpetu que adquirirían.⁶² Aunado a esto, incorporó la idea de cierta resistencia interna (de un objeto) y minimizó la importancia de la resistencia externa del medio.

Así, su defensa de la teoría del *impetus* ligada a la disminución del rol del aire en los fenómenos de dinámica, adquirió un matiz peculiar, por ejemplo, en la fuerza que puede adquirir el aire al ser impulsado o al poder del aire para impeler proyectiles. En su opinión, cuando un cañón expulsaba una bala, empujaba también el aire contiguo, el cual, por el *ímpetu* que se le daba, hacía temblar sólidas edificaciones. El esfuerzo de Piccolomini para explicar el movimiento de los proyectiles fue un intento por combinar la interpretación física y mecánica aristotélica con el novedoso medio humanista italiano.⁶³

⁵⁹ Titulada *In mechanicas quaestiones Aristotelis paraphrasis paulo quidem plenior*. Disponible [aquí](#).

⁶⁰ Virginia IOMMI ECHEVERRÍA 2011, p. 183.

⁶¹ La teoría de la antiperístasis o de reemplazo mutuo, sugiere que dos cualidades opuestas se excitan la una a la otra a través de un movimiento circular, produciendo una serie de fenómenos naturales. Aristóteles refuta esta teoría porque implica la simultaneidad de las acciones de "mover" y "ser movido" y porque su principal objetivo era criticar a Platón, quien había descrito en el *Timeo* el proceso de la respiración valiéndose de este movimiento y sugerido que por el mismo se entendía la trayectoria de los cuerpos empujados. En su lugar, Aristóteles expuso su teoría, donde el aire empujado impulsa a su vez en movimiento ascendente el cuerpo luego de ser lanzado, pues recibía del motor original el poder de mover siendo naturalmente proclive a ello.

⁶² *Ibidem*. p. 185.

⁶³ Para apreciar otros ejemplos de este esfuerzo combinatorio como el de Girolamo Cardano o el de Hurtado de Mendoza véase Virginia IOMMI ECHEVERRÍA 2011, pp. 185-192.

Otra de las explicaciones sobre movimiento de los proyectiles que tampoco está tan comprometida con los principios tradicionales griegos y que da lugar a una concepción de centro más pragmática es la que ofrece Tartaglia (1499-1557). En 1537, publicó un libro sobre balística titulado *Nueva ciencia, esto es, invención recientemente descubierta como útil para todo espectador matemático, artillero u otro*, en el cual se dedicó a investigar el movimiento rectilíneo y el de los cuerpos pesados (que serán empleados más tarde por Galileo) con conclusiones que quedarían establecidas en una disciplina hoy denominada "balística exterior". No obstante, aunque la obra de Tartaglia ha sido superada con creces, su postulado de que "todo proyectil tiene un alcance máximo cuando se dispara con un ángulo de 45° sobre el horizonte" sigue teniendo vigencia, aunque en su momento no consiguiera demostrarlo.

Empero, corresponderá al gentilhombre de cámara de Felipe II, Diego de Álaba y Viamont (1557-1597), advertir los errores en la explicación de Tartaglia sobre la trayectoria de los proyectiles y demostrar el anterior postulado. En su obra de 1590, *El perfecto capitán instruido en la disciplina militar y nueva ciencia de artillería*, de Álaba y Viamont sugirió que podían combinarse el movimiento natural y el movimiento violento de los proyectiles, deduciendo con ello, que la trayectoria de un proyectil describiría una línea curva. Matemáticamente este asunto había sido estudiado por Jerónimo Muñoz, un catedrático de la Universidad de Salamanca que había sido su profesor.

Así, en *El perfecto capitán*⁶⁴ Álaba y Viamont siguiendo las ideas de Tartaglia contenidas en la *Nueva ciencia* (1537)⁶⁵ demostró la aseveración que señala que consistía en que "el mayor alcance correspondía a un ángulo de 45°".⁶⁶ Sin embargo, en el segundo principio deducido de la doctrina de Tartaglia, a saber, "el incremento en el alcance es el mismo para cada grado de elevación",

⁶⁴ Esta obra consta de seis libros. El primer y Segundo libro se ocupan de la organización táctica. El tercero de la fundición, municiones y fabricaciones de la pólvora. El cuarto de las medidas necesarias en artillería y del modo de realizarlas; incluye una descripción y manejo de instrumentos como planisferio, astrolabio y cuadrante principalmente, así como una tabla de senos rectos. Los libros quinto y sexto corresponden a la balística o «nueva ciencia de la artillería».

⁶⁵ Relativas al movimiento de los proyectiles y al modo de determinar los alcances en el tiro.

⁶⁶ Diego ÁLABA BEAMONT 1590, pp. 246 y 247.

encontraba un error que procedía –según su investigación–, de considerar que la parte curva de la trayectoria era un arco de círculo. Por el contrario, en el caso del tiro horizontal, el proyectil siempre comenzaba moviéndose oblicuamente de modo muy gradual, aumentando la curvatura de la trayectoria con rapidez cada vez mayor que se cancelaba cuando la dirección era la de una línea vertical. Por lo que la parte curva del movimiento violento no era nunca parte del círculo.⁶⁷ Al parecer, el autor español no conoció las *Quesiti et Inventioni Diverse* (1554)⁶⁸ donde Tartaglia modificó este aspecto de su teoría. Razón por la que finalmente el español concluyó que los alcances eran proporcionales a los «senos rectos» de los ángulos de elevación.

Con esto se quiere decir que, para los siglos XV-XVI, la explicación para dar cuenta del movimiento que siguen los proyectiles resultaba más fácil si se consideraban sus trayectorias como curvas cuya forma quedaba aún por determinar pero que definitivamente no incluía un círculo como parte de ella. El carácter de "fácil" implica aquí que era posible realizar cálculos más precisos o exactos utilizando curvas. Por lo que desde el punto de vista matemático, el uso de figuras geométricas como el círculo para describir el movimiento de cuerpos sublunares no causaba problema matemático, pero era evidente que algo estaba ocurriendo, ¡algo estaba cambiando! Básicamente se debe al caso de que la explicación aristotélica no se ajustaba a lo observable, y en consecuencia, no se contaba con la herramienta para establecer la forma precisa del movimiento.

En otras palabras, lo escandaloso del asunto recaía en las implicaciones metafísicas que conllevaban la cinemática y la dinámica del movimiento de los cuerpos. Por eso el empleo del ecuante⁶⁹ en la descripción del funcionamiento de los sistemas planetarios, a pesar de facilitar los cálculos (lograba una precisión en las predicciones y en las trayectorias de los cuerpos celestes), no satisfacía el cuestionamiento de los principios (metafísicos) aristotélicos que comprometía.

⁶⁷ *Ibidem*. pp. 254-258.

⁶⁸ En esta obra se combinaban discusiones en torno a la especulación matemática, la estrategia militar y los problemas de dinámica y estática.

⁶⁹ Descrito como el círculo alrededor de cuya circunferencia un planeta o el centro de un epiciclo es concebido para moverse uniformemente. Véase la imagen al final del capítulo.

Pero en la medida en que otros sistemas planetarios concibieron al centro de manera "moderna" (frente al geocentrismo aristotélico), más pragmática, es decir, comprometiéndose con determinados criterios y estableciendo límites a la concepción tradicional aristotélica es que fueron posible sistemas planetarios como el de Copérnico, Brahe y Kepler:

Al trasladar el centro del universo de la Tierra a alguna parte situada cerca del Sol, los movimientos de retroceso de los planetas, que tanto trabajo habían dado a los antiguos, desaparecían. Se recordará que durante su marcha anual a lo largo de la ruta zodiacal, los planetas se detienen ocasionalmente, invierten su dirección durante un tiempo y luego reanudan su marcha. Mientras la Tierra era el centro del universo esos fenómenos podían "salvarse" agregando más epiciclos al mecanismo de relojería; más no había ninguna razón natural para que explicase por qué los planetas se comportaban de tal manera. Pero si el centro se hallaba cerca del Sol, y la Tierra se movía alrededor de él, junto con los otros planetas, era evidente que cada vez que la Tierra "aventajaba" a uno de los planetas exteriores (que marchaban con velocidad menor) ese planeta parecía retroceder por un instante; y cada vez que la propia Tierra era a su vez aventajada por uno de los planetas interiores que se movían con rapidez mayor, resultaba una aparente inversión de la dirección. Lo cual representaba una enorme ventaja en cuanto a sencillez y elegancia.⁷⁰

Desde esta perspectiva (la de facilitar los cálculos), el cambio a un centro de un círculo postulado con base a un requerimiento de uniformidad de la velocidad permitió una nueva manera de ver las cosas. Aunque quienes usaron este proceder fueron bastante cautos. Entre los predecesores inmediatos a Copérnico que hablaban de trayectorias ovales, están por ejemplo, Brudzewi o George Peurbach. Este último compartía la idea de que los planetas estaban gobernados por el Sol y que corrían por órbitas no circulares, sino ovoides u

⁷⁰ Arthur KOESTLER 1959, p. 193.

ovaladas. El mismo Copérnico en su *De revolutionibus* cae en la cuenta de que la trayectoria que podían seguir los astros no era circular (muy a propósito de como pudo haberlo intuido del teorema de al-Tusi): "En consecuencia, queda claro que el movimiento a lo largo de una línea recta se compone de dos movimientos circulares y que coinciden entre sí de este modo, y que es recíproco e irregular partiendo de movimientos regulares".⁷¹

En palabras de Arthur Koestler este párrafo no querría decir otra cosa que:

la obsesión que Copérnico tenía de los círculos alcanza [...] su punto culminante [cuando el polaco afirma]: "A propósito, correspondería advertir de paso que, si los dos círculos tienen diferentes diámetros y las otras condiciones siguen siendo inmutables, luego el movimiento resultante sería no una línea recta...sino una *elipse*." Y esto no es cierto pues la curva resultante sería una cicloide, apenas parecida a una elipse; pero el hecho singular es que Copérnico acertara con la elipse [...] que llegase a ella por un camino erróneo y mediante una falsa deducción y que abandonase inmediatamente la hipótesis [elíptica] al percatarse de ella.⁷²

Cuando se habla de que había un cambio de visión del mundo, se piensa en una serie de insinuaciones como la interpretación que realiza Koestler respecto al prefacio redactado por Osiander para el *De revolutionibus*:

Una lectura cuidadosa del prefacio de Osiander demostrará que los cargos que formula éste de "improbabilidad" y "absurdo" se refieren a los detalles geométricos del sistema copernicano, pero no al movimiento básico de la Tierra. Sobre este punto central Osiander compartía las creencias de Copérnico, como lo demuestran sus cartas a Copérnico y Rético y su devoción por el

⁷¹ Nicolás COPÉRNICO 1982, p. 247.

⁷² Arthur Koestler 1959, p. 200.

proyecto. El hecho de que cargara el acento sobre la naturaleza formal o ficticia del sistema obedecía en parte a su sentido diplomático, pero, en parte también, a *una genuina incredulidad respecto de la realidad del mecanismo de los epiciclos*. La actitud de Copérnico era esencialmente la misma. La prolongada y acalorada controversia sobre este punto se funda, principalmente, en que no se distinguió entre la idea heliocéntrica y los detalles epicíclicos del sistema. Respecto de la primera, el texto de la dedicatoria a Pablo III, es por sí solo prueba suficiente de que Copérnico estaba convencido de la verdad física de su sistema. Respecto de los detalles epicíclicos, una serie de pasajes del texto demuestra que Copérnico consideraba los epiciclos y los excéntricos tan solo como recursos de cálculo.⁷³

Tanto Copérnico como Osiander compartían la opinión de que la Tierra *realmente* se movía, pero les resultaba *imposible* creer en ella y en que los planetas se movieran del modo descrito en el sistema heliocéntrico de epiciclos y deferentes. Sabían que eran ficciones geométricas.

2. Nicolás de Cusa y sus reflexiones sobre el hombre, el conocimiento y el cosmos⁷⁴

Desde otra perspectiva, el de las implicaciones teóricas, y en consecuencia metafísicas propiamente dichas, la idea del movimiento de la Tierra resultó tan devastadora que desplazó la imagen del mundo aristotélico.⁷⁵

⁷³ *Ibíd*em p. 548. Lo cursiva es mío.

⁷⁴ Para esta sección han sido consultadas –principalmente– las traducciones a cargo del profesor Jasper Hopkins, uno de los especialistas más reconocidos en Cusa.

⁷⁵ Es a partir de Galileo que el heliocentrismo queda plenamente establecido.

La idea de que la Tierra se mueve era algo –especulativamente– común durante la época del polaco, e incluso desde mucho antes se había roto con la concepción del universo amurallado aristotélico. Averroes por ejemplo, la sostenía desde el siglo XII, mientras que los franciscanos de Oxford y los occamistas de París participaban de la idea de un universo no amurallado.

Empero, uno de los casos más sobresalientes en estas temáticas fue el cardenal de Cusa. Un personaje que se ubica en la transición de la Edad Media a la Modernidad.⁷⁶ Es decir, por un lado, su pensamiento se encuentra influenciado por grandes pensadores medievales que constituyen el fundamento de su filosofía; y por otro, en su obra se anuncian los grandes temas del pensamiento moderno: el conocimiento, el universo y el individuo.

Para entrar en materia, la "coincidencia de opuestos" expuesta en *De Beryllo* junto con las cuatro premisas,⁷⁷ que a continuación se enuncian, conformaron la estrategia intelectual con la que consiguió delinear la posibilidad del conocimiento de todo y el fundamento metafísico de su filosofía:

1. *El primer principio es singular e inteligible.* Quiere decir que la razón del mundo es Unidad y espíritu e implica Indivisibilidad, Unidad. Se puede "tocar", y al hacerlo, existe. La razón de su existencia se aprecia en todo. Por tanto, el Intelecto fundamenta todo y el mundo es donde se muestra, en él se hace visible.
2. *Lo que no es ni verdadero ni semejante a la verdad no existe.* Significa que lo que es, es Verdad o semejanza de la misma. Esto es, "ser-en-sí" o "ser-en-otro" (semejanza). En términos de conocimiento es conocimiento sensible e inteligible.
3. *El hombre es la medida de todas las cosas.*

⁷⁶ Su pensamiento es medieval por sus fuentes (Neoplatonismo, Proclo, Dionisio Aeropagita, San Buenaventura, Eckhart), por el mundo predominantemente cristiano (teocentrismo). Pero también es moderno por su nueva concepción del universo y del hombre (de una concepción medieval cerrada del universo a una concepción abierta en la que el hombre se autorrealiza y correaliza con la perfección del universo).

⁷⁷ Nicolás de CUSA 1998, pp. 792-794. Otra exposición al respecto de estas premisas puede encontrarse en Kurt FLASCH 2003.

Denota que al ser el hombre quien reconoce en el Mundo a Dios hay implícito en él una “manera” de percibir, y el berilo⁷⁸ es quien pone las reglas a su avistamiento; razón, conocer y medir⁷⁹ fungen aquí como términos equivalentes.

4. *El hombre es un segundo Dios.*

El hombre como segundo Dios crea el mundo de la cultura y el mundo de los conceptos, porque si el hombre es semejante a Dios, entonces, por medio de la semejanza puede hacer lo que él: crear conocimiento, un conocimiento semejante al de la realidad verdadera.

Así, el Hombre, al tener sentidos y razón debía usarlos con el propósito de preservar su vida y con el propósito de *conocer*. Los objetos perceptibles estaban para nutrirlo de acuerdo a como pudiera vivir y de acuerdo a lo que pudiera conocer. Si la voluntad del Intelecto Divino se manifestaba en la cognición perceptual con el propósito de conocer, entonces el *conocimiento* en sí sería lo más excelente y lo más noble, no obstante la existencia de contrariedad en el mundo perceptible.⁸⁰

O como bien dice Gerardo Mora:

La concepción cusana del ser humano sintetiza dos aspectos que tradicionalmente eran considerados como opuestos: la pertenencia del ser humano al universo y su absoluta originalidad como individuo. El ser humano sólo es comprensible en su relación de polaridad con el universo, del que forma parte y al que sintetiza como microcosmos, al que reconstruye espiritualmente con el conocimiento y que representa el ámbito en el que realiza su libertad. Pero por otra parte, y en vez de perderse en el universo que

⁷⁸ *De beryllo* es un breve tratado epistemológico cusano en el que el autor utiliza un berilo o piedra transparente o lente como la analogía fundamental para el conocimiento de todo.

⁷⁹ Como bien señala Jasper Hopkins, pensar algo implica relacionar, comparar, medir. Pensar es enjuiciar. El hombre piensa en dicotomías, lo que implica, distinguir, discernir entre opuestos o contradictorios. El intelecto al hacer uso de la razón discursiva, va más allá del conocimiento discursivo, el intelecto puede tocar lo infinito de la deidad. Karl JASPER 1996, pp. 121-127.

⁸⁰ La existencia de contrariedad en el mundo perceptible queda sorteada cuando se entiende que los opuestos siempre se yuxtaponen entre sí permitiendo más claridad porque posibilitan su conocimiento singular. Por ejemplo, la contrariedad de las cualidades primarias sirven al poder táctil, la contrariedad de los colores a los ojos.

por todas partes le rodea, el ser humano constituye un individuo único e irrepetible, cuya tarea es su autorrealización en su total singularidad y colaborar de esta manera con la plena realización del universo. El ser humano sólo puede realizarse como ser en el mundo y del mundo, y el universo solamente puede alcanzar la plenitud de su perfección en la autorrealización del individuo. Los ideales de "concordancia" y "coincidencia" que dominan el pensamiento de Nicolás de Cusa alcanzan en este punto una expresión paradigmática y difícilmente superable.⁸¹

Dar por sentado que el conocimiento era posible, le permitió a Cusa afinar la terminología filosófica relativa a Dios, al Universo y al Hombre que ya venía pregonando. *La Docta Ignorantia* fue el intento de vocabulario que se ocupó de estas cuestiones. Al hacer de la *ignorancia* el nodo de una doctrina, el cardenal intentó mostrar que si de Dios solo se sabía que se le ignoraba por medio de la razón porque la razón se manejaba por el principio de no contradicción aristotélico, es decir, en el ámbito de las oposiciones, se le ocurrió aplicar este principio más allá de la razón, pensando en un nivel donde fuera posible concebir la coincidencia de opuestos. El resultado fue, el empleo de términos⁸² que a modo de símbolos humanos volviera accesible aquello que por definición era inaccesible. Las figuras y los números llegaron a ser signos de un conocimiento que no era solo matemático, sino metafísico. Los términos matemáticos,⁸³ por ejemplo,

⁸¹ Gerardo MORA BURGOS 1999, p. 64.

⁸² Nicolás de CUSA 1985, Cap. XI y Cap. XII.

⁸³ Caps. XI – XXI del Libro Primero de *On Learned Ignorance*. En el Cap. XIII. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 98-101, se lee “Dios usó en la creación del mundo la aritmética, la geometría, la música y la astronomía, artes de las cuales también usamos nosotros cuando investigamos las proporciones de las cosas, de los elementos y de los movimientos. Por medio de la aritmética reunió estas cosas. Por la geometría les dio figura y firmeza, estabilidad y movilidad. Por medio de la música las proporcionó de tal modo que no hay más cantidad de tierra en la tierra que de agua en el agua, de aire en el aire y de fuego en el fuego, por lo que ocurre que la máquina del mundo no puede perecer. Dios hizo que las partes de los elementos se resolvieran mutuamente, y, cuando esto se retarda se engendra algo que produce lo generable por la concordia de los elementos, lo cual dura mientras dura esa concordia, rota la cual se rompe y disuelve lo engendrado. Así todos los elementos han sido constituidos por Dios con un admirable orden según número (aritmética), peso (música) y medida (geometría)”. Para las metáforas matemáticas del número en sí mismo, la naturaleza del continuo y el polígono con n lados inscrito en un círculo, véase Elizabeth BRIENT 2010.

llegaron a ser imagen y semejanza de la creación divina,⁸⁴ del Máximo Absoluto, Intelecto mismo, Uno simple, etc.

Sin embargo, la cuestión cusana del universo⁸⁵ tiene que ver con el Máximo contrato:

*El universo comprende todas aquellas cosas que no son Dios [...] No puede ser mayor de lo que es y sucede esto por defecto, pues su posibilidad o materia no se extiende más allá [...] Si bien, respecto al poder infinito de Dios que es ilimitable, el universo podría haber sido mayor, por oponérsele la posibilidad-de-ser o la materia, que no es extensible en acto hasta el infinito, no puede ser mayor de lo que es. Así, [el universo] es ilimitado, no habiendo en acto algo mayor que él que lo limite, es *privativamente infinito*. Él mismo existe en acto de modo *contracto*, porque es el mejor modo de manifestar la condición de su naturaleza.*⁸⁶

El párrafo anterior se puede sintetizar en las siguientes características:

1. Para el cardenal, si Dios es quien complica todas las cosas porque todas las cosas están en Él y es Él el que explica todas porque Él mismo está en todas, y entonces Dios es la *complicatio* y la *explicatio* de todas las cosas.⁸⁷ Es complicación en cuanto todo en Él es Él mismo, y es explicación en cuanto Él mismo es en todas las cosas lo que son.⁸⁸ Por tanto, al ser Dios Necesidad, Anterioridad (del acto y potencia), Unidad, Verdad, Indivisibilidad, Infinitud, Eternidad, Máximo Absoluto, Infinito negativo (real y abstracto), Uno Simple, etc. Dios es principio metafísico.

2. Si el Máximo Absoluto es todas las cosas y todas las cosas son por él, entonces el Mundo o Universo (Máximo Contrato) contiene absolutamente

⁸⁴ Karl JASPER 1966, p. 160.

⁸⁵ Las obras en las que el cardenal de Cusa trata el tema del universo son, el Libro Segundo de la *Docta Ignorancia* (1440), *Conjeturas* (1442-1443), *De beryllo* (1458), *El juego de las esferas* (1462-3) y el *Compendio* (1464).

⁸⁶ Cap. I. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 61. [*Lo cursiva es mío*].

⁸⁷ Claudia D'AMICO y Jorge VELÁZQUEZ DELGADO 2007, pp. 61 y 62.

⁸⁸ Cap III. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 66-68.

todo lo que es y reproduce, cuanto puede, aquello que es Máximo Absoluto absolutamente.

En palabras de Cusa, puesto que el Mundo o Universo es el Máximo Contrato y Uno, y precede los opuestos contratos (los contrarios), entonces el Universo es principio contrato y fin contrato. La Unidad contracta que es el Universo Uno está contraída en la pluralidad. La identidad del Universo será la diversidad. El Universo es *quiddidad* contracta. Contracción que indica relación con algo para ser esto o aquello. Por tanto, Dios que es Uno, está en el Universo Uno, pero el Universo está contractamente en todas las cosas. Dios Uno existe en el Universo Uno: está en todas las cosas por mediación del Universo y por mediación del Universo Uno la pluralidad de las cosas está en Dios.⁸⁹

Al ser el mundo el lugar de la oposición, de la disyunción de opuestos, de la división y *alteridad*, el mundo es el lugar de oposiciones y otredades nuestro, o bien, el mundo como lugar de identidades sí es Dios. El Mundo no es otro respecto de Dios, porque si el Mundo fuera otro, entonces Dios sería alguien sujeto a las oposiciones, el Mundo se le opondría y esto no es verdad. El Mundo es la manifestación de Dios en la alteridad. Por ejemplo, si lo propio de Dios es la no-oposición y tengo este bolígrafo que se opone a éste otro bolígrafo, la identidad del bolígrafo (el hecho de que éste bolígrafo sea lo-no-otro que bolígrafo) hace que todo lo-que-tenga-de-ser se lo deba a su no-otredad. Es decir, a Dios le debe su identidad y su no-otredad. Su identidad la hace el principio de su diferencia porque el que sea bolígrafo lo hace otro que lo no-bolígrafo. La identidad lo vuelve semejante a Dios pero la diferencia es lo que lo aleja infinitamente de su Creador.

En las *Conjeturas*⁹⁰ se halla otro ejercicio estratégico de cognición de la Verdad. De nueva cuenta considérese el bolígrafo. No se cuál es la esencia de este bolígrafo (porque si la conociera, conocería a la Verdad misma o a Dios mismo), lo que conozco de este bolígrafo es que no es lápiz, ni teclado, ni laptop,

⁸⁹ Cap. IV. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 68-70.

⁹⁰ Nicolás de CUSA 2000 b).

etc. y al tener en cuenta que el Mundo es la manifestación de Dios o la manifestación de la Verdad misma, puedo conocer los escorzos en que la Verdad se me presenta porque tengo conocimiento de oposiciones relativas, aunque no pueda conocer la Verdad en sí misma. Por tanto, las conjeturas son –para Cusa– el conocimiento de la Verdad en la alteridad por oposiciones relativas, y no, por ejemplo, conocimiento hipotético.

3. La *forma universal o alma del mundo* ha de ser considerada como cierta forma universal que en sí complica todas las formas. Para el cardenal, aunque las cosas son distintas en cuanto contractas, en cuanto que son absolutamente son una indistinta. Si Dios es Absoluto, y todas las demás cosas contractas, entonces, no hay medio entre lo Absoluto y lo Contrato: Dios es alma-mente del mundo –si se considera el alma como algo absoluto en lo cual todas las formas de las cosas existen en acto–.⁹¹

Al hablar de alma del mundo, Cusa entiende que Dios puso en movimiento al cosmos para luego dejarlo en libertad; por eso la presentación de su juego cósmico-teológico-matemático en *De ludo globi* acerca del orden que guarda el cosmos como obra del Creador y sitio donde tiene lugar el dogma de la creación: el hombre pone la esfera en movimiento en el diagrama del cosmos sobre el que se desarrolla el juego; el movimiento se somete a las reglas del cosmos sin que medie la participación de quien da inicio al movimiento -Dios o el hombre-. El alma se mueve y no cambia; todas las cosas son hechas y movidas, en tanto permanecen estables la intención (el límite fijado que determina la infinitud de todo posible llegar a ser) de Dios y el alma racional. En Dios la intención es el acto de hacer y en el alma racional la intención es el acto de desear hacer.⁹²

Por tanto, el Universo será para Cusa Máximo Contrato e Infinito privativo (sin límites, sin fronteras, plural); una idea en la que Copérnico

⁹¹ Cap. IX. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 81-87.

⁹² Nicolás de CUSA 1994, p. 112 y 113.

desaprobaría al cardenal⁹³ porque el polaco si ve al mundo con límites físicos y no comparte lo de mundos –en plural–:

"supuestos [...] los movimientos que atr, ibuyo [...] a la tierra, encontré [...] que, si se relacionan los movimientos de los demás astros errantes con el movimiento circular de la tierra, y si los movimientos se calculan con respecto a la revolución de cada astro, [...] se siguen [...] el orden y la magnitud de los astros y de todas las órbitas".⁹⁴

Respecto al movimiento⁹⁵ el cardenal de Cusa tejió finos detalles que heredó a sus sucesores –entre ellos, Copérnico, Bruno, Descartes– que a modo de *implicaciones*, fungieron como argumentos válidos en materia cosmológica:

a) al afirmar que no podía haber dos cosas iguales en el universo porque todo él era según diversos grados, resultaba imposible que hubiera algo como un centro fijo e inmóvil con relación a los varios movimientos de los orbes celestes, en razón de que nunca se podía llegar en el movimiento a un mínimo absoluto como un centro fijo, pues el centro del mundo -en este caso- habría de coincidir con la circunferencia.

En sus palabras, el mundo no tiene circunferencia, pues si tuviera centro y circunferencia y tuviera dentro de él mismo su principio y su fin, él mismo estaría limitado por otra cosa y habría fuera del mundo, otro; consecuencias que según su punto de vista eran falsas. Por tanto, el mundo para él, no había de encerrarse entre un centro corporal y la circunferencia. Este mundo no

⁹³ Si bien es probable que Copérnico no haya leído a Cusa de manera directa. Sin embargo, debió saber del pensamiento del cardenal mientras se formaba intelectualmente en las universidades de Cracovia, Bolonia o Padua.

⁹⁴ Nicolás COPÉRNICO 1982, p. 94. Véase también Cap. XI. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 90. y Cap. XII. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 93

⁹⁵ Cap. XI. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 89-92. Estrictamente hablando, Cusa distinguió tres tipos de movimiento: Primero, el siempre-presente *movimiento circular* que comienza con la unidad absoluta, desciende a través de todos los seres en el mundo, baja a los niveles intelectual, racional y sensoriedad natural, y entonces regresa a la unidad absoluta. Segundo, el *movimiento rectilíneo* en la producción de lo otro, que nunca gira sobre sí mismo. Tercero, un movimiento de *tensión y oposición* inercial (tenemos ininterrumpidamente producción y destrucción, producción de un ser, destrucción de otro). Nicolás de CUSA. *On Surmises*. II, 7.

podía concebirse como finito por carecer de términos en los que esta comprendido.⁹⁶

Copérnico no estaría de acuerdo con esta afirmación porque él sí concebía al mundo como esférico y en consecuencia, finito. En el Capítulo Primero de *Sobre las revoluciones* se lee:

hemos de señalar que el mundo es esférico, sea porque es la forma más perfecta de todas, sea porque es la más capaz de todas las figuras, sin comparación alguna, totalmente indivisa, la que más conviene para comprender todas las cosas y conservarlas, sea también porque 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, como aparece en las gotas de agua y demás cuerpos líquidos, ya que tienden a limitarse por sí mismos, para que nadie ponga en duda la atribución de tal forma a los cuerpos divinos.⁹⁷

También, en el Cap. VI del mismo Libro Primero aunque afirma que *el cielo es inmenso*, el término *inmenso* señala los límites del universo, los cuales en cuanto límites se oponen a la infinitud.⁹⁸ Desde una perspectiva mecánica, el universo es finito –como lo concebía Aristóteles–, pero operativamente, desde una perspectiva matemática las magnitudes involucradas hacían que fuera casi equivalente a que fuera infinito y la Tierra un punto.

b) La Tierra no puede ser centro y tampoco puede carecer de movimiento –declaró el cardenal de Cusa–, es necesario que se mueva infinitamente (aunque sea mínimamente). La Tierra no es centro del mundo, tampoco es la esfera de las estrellas fijas su circunferencia –aunque comparando la Tierra con el cielo, la Tierra parezca más próxima al centro y el cielo más

⁹⁶ Cap. XI. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 90.

⁹⁷ Nicolás COPÉRNICO 1982, p. 99

⁹⁸ *Ibidem*. p. 107

próximo a la circunferencia—. La Tierra no es el centro de la octava esfera, ni de ninguna otra esfera.⁹⁹

Ni la Tierra, ni ninguna otra esfera deben tener centro, pues como el centro es un punto equidistante de la circunferencia, no es posible que haya una esfera o círculo que sea más verdadero que otro, ni puede darse un centro sin que pueda darse también otro más verdadero y exacto, salvo Dios que es equidistancia precisa e Igualdad Infinita, nada más puede ser centro del mundo. Por tanto, Dios es —en su opinión— el centro de la Tierra, de todas las esferas y de todas las cosas en el mundo, a la vez que circunferencia infinita de todas las cosas.

Si bien, Copérnico comparte con Cusa la idea de que la Tierra se mueve y no está en el centro, al colocar al Sol en un *lugar central físico*, Copérnico está alejado del cusano en la interpretación de los fenómenos naturales.¹⁰⁰

c) La Tierra no es esférica.¹⁰¹ Aunque la Tierra tienda a la esfericidad, en ella está la figura del mundo contracta en sus partes y también el movimiento. Si se considera la línea infinita como contracta (de tal manera que, como contracta, sea ni más perfecta ni más capaz) entonces es circular (porque en ella coincidiría el principio con el fin).¹⁰² Si el movimiento más perfecto es el circular y la figura corporal más perfecta la esférica, entonces, el movimiento del todo se asemeja cuanto puede al circular y toda figura a la figura esférica; pero *un movimiento es circularmente más perfecto que otro*, en consecuencia, también las figuras corporales han de ser diferentes.

⁹⁹ Cap. XI. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 90.

¹⁰⁰ No obstante, el objetivo de colocar a Copérnico frente a Cusa, no es más que para evidenciar que existen pensadores que buscaban apartarse de la cosmovisión aristotélica. En el caso de Cusa, las razones metafísicas a las que apela, le permitieron argumentar que el mundo creado reflejó aspectos de la divinidad.

¹⁰¹ Cap. XII. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 93.

¹⁰² "when an infinite line is considered as contracted in such way that, as contracted, it cannot be more perfect and more capable, it is [seen to be] circular; for in a circle the beginning coincides with the end". Cap. XII. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 93.

Es decir, Cusa rechaza la reducción de los movimientos celestes a movimientos circulares y uniformes interconexos capaces de salvar los fenómenos al revelar la permanente estabilidad de lo real tras la falsa irregularidad de las apariencias. En su opinión, es falaz el ideal de la astronomía griega y medieval porque no se puede descubrir el movimiento a menos que haya comparación con algo fijo¹⁰³ y suponiendo que esté en reposo en las mediciones de los movimientos. De la misma manera, tampoco es posible hallar un verdadero círculo tal que no sea posible otro más verdadero, ni es posible que haya un tiempo dado exactamente igual a otro.

En contraparte, Copérnico no abandonará el principio del movimiento regular uniforme y empeñará todo su esfuerzo en demostrar que la disposición de los astros es *perfecta* y que la forma de la Tierra es esférica.¹⁰⁴

d) La Tierra es una estrella noble, que tiene luz, calor e influencia distinta y diversa de todas las demás estrellas, lo mismo que cualquiera de ellas difiere de otras en luz, naturaleza e influencia. De ahí que todas las estrellas se muevan y brillen sólo para ser del mejor modo posible. Por tanto la Tierra no es vil e ínfima porque es del mejor modo que puede ser.

El polaco compartirá esta idea aunque por razón diferente: al concebir a la Tierra como un cuerpo celeste más, ésta adquiere las particularidades de ellos, y al no haber diferencias, concluye que es igual de noble que el resto.

e) No es cognoscible por el hombre si la región de la Tierra es más perfecta en grado o más innoble con respecto a las regiones de las demás estrellas. Pues aunque Dios sea el centro y circunferencia de todas las regiones de las

¹⁰³ Al no haber estrellas exactamente en los polos o en el ecuador de la esfera celeste, no hay un eje fijo y constante. Por tanto, la octava esfera al igual que las otras, llevan a cabo sus revoluciones en torno a ejes que cambian continuamente de posición y no son en absoluto esferas exactas, matemáticas (verdaderas), sino solo algo cercano a la esfericidad (son como esferoides), lo que les impide poseer un centro. Al no haber centro, no se puede colocar ni la Tierra ni otra cosa en un centro que no existe y tampoco puede haber algo en completo y absoluto reposo.

¹⁰⁴ Nicolás COPÉRNICO 1982, p. 99. Parece importante resaltar que los argumentos que expone en el desarrollo del Libro Primero de su obra eluden toda consideración metafísica.

estrellas y procedan de Él las distintas naturalezas de las noblezas, en ninguna región deja de haber habitantes y no hay ningún lugar de los cielos ni de las estrellas que esté vacío, y no parece ser sólo esta Tierra la habitada por cosas menores. Copérnico no se ocupa de este asunto, pero se puede intuir en *De revolutionibus* que de haberlo hecho, no compartiría esta idea.

f) La perspectiva es una apreciación de movimiento. Si percibimos el movimiento con relación a lo fijo –como declara Cusa–, entonces el ejemplo de vincular el centro y los polos (con ayuda de la imaginación) da cuenta de la perspectiva del movimiento del universo. Considérese –continúa este autor– el hecho de que alguien estuviera en la Tierra bajo el polo norte [del cielo] y alguien más estuviera en el polo norte [del cielo]; a la persona que estuviera en la Tierra, el polo le parecería estar en el cenit y a la que estuviera en el polo, el centro le parecería que está en el cenit. Y como los antípodas tienen el cielo arriba, así a las personas en cualquiera de los polos, la Tierra les parecería estar en el cenit y a dondequiera que fueran creerían estar en el centro. Al cambiar estas imágenes de modo que el centro sea cenit y viceversa y mediante el intelecto (al que ayuda la Docta ignorancia) se verá que no puede ser aprehendido el mundo, ni su movimiento, ni su figura. Por tanto, aparecerá todo en todo, una esfera en una esfera, su centro y su circunferencia en ninguna parte.¹⁰⁵

Este ejercicio fue diseñado para echar por la borda la creencia en un centro absoluto.¹⁰⁶ Sin un centro absoluto no se puede hablar de movimiento absoluto. Las especulaciones del cardenal parecen presuponer un inusitado interés en el fenómeno de la perspectiva.¹⁰⁷ El cardenal disfrutaba los juegos de variación de perspectiva, porque en ellos encontraba la invitación a pensar las cosas de otra manera; colocándose en algún otro lugar de los cielos –en otro lado de la Tierra, o en la Luna, o en Marte, o en el polo norte–, se preguntaba, ¿cómo aparecerían las

¹⁰⁵ Cap. XI. Libro Segundo. *On Learned Ignorance*. p. 92.

¹⁰⁶ El punto b) anotado líneas arriba sirve también a este objetivo.

¹⁰⁷ Hay más ejemplos como el del navío: si alguien estando en un navío no viera la orilla del mar e ignorara que el agua en la que está, fluye; entonces esa persona no estaría en posibilidad de darse cuenta de que la nave en la que está, se mueve. ¿Quién puede decir que no ocurre lo mismo a la Tierra?

cosas dado un cambio de perspectiva? El interés en la relación perspectiva-infinito –como bien señala Harries–¹⁰⁸ ocupará mucha atención en la nueva ciencia.

Con lo dicho hasta aquí, uno aprecia que Cusa planteó una alternativa diferente (a partir de consideraciones metafísicas) al punto de vista tradicional de un cosmos ordenado jerárquicamente con seres intermedios. La idea del cosmos como una jerarquía de seres sugerida por Platón y fijada por Aristóteles era algo común a fines de la Edad Media.¹⁰⁹ Dante en su poema dio la más bella imagen de este cosmos ordenado jerárquicamente: describió su viaje hacia “abajo” hasta el círculo más interno, y del Infierno hacia “arriba” a través de las sucesivas esferas, hasta llegar al Paraíso.

Esta visión del cosmos dividido en capas, inhabitada por seres intermedios en una progresión gradual desde el mundo a Dios fue refutada por Cusa en su especulación, presentando en su lugar una imagen diferente: (a) El hombre permanece en cualquier nivel en el mundo porque los diferentes modos de ser y de cognición no se refieren al cosmos sino a la existencia humana en el mundo, (b) El cosmos es infinito porque al no tener centro, la Tierra o la esfera sublunar y los cuerpos celestes no están ordenados jerárquicamente de acuerdo a su nobleza y pureza. El cosmos es homogéneo. (c) El hombre no está constantemente acercándose o alejándose de Dios, sino que está “inmediato a Dios” –sin mediación–. Es cierto que Cusa habla de ángeles y demonios en el sentido tradicional, pero los concibe como existiendo con la creación, no como seres intermedios entre el hombre y Dios.¹¹⁰

El cosmos es una imagen para Cusa, es infinito del tipo imitativo, queriendo decir con ello interminabilidad o imposibilidad de ir más allá: en el tiempo, eternidad sería duración ilimitada; en el espacio, el infinito sería lo indeterminado; en la división de la materia sería la imposibilidad de llegar a la

¹⁰⁸ Karstein HARRIES 2001, p. 36 y 37.

¹⁰⁹ La Tierra está en el centro. Ascendiendo desde la esfera sublunar uno alcanza la esfera de la luna y los planetas, después la pura esfera celestial de las estrellas fijas, y finalmente, el paraíso de la deidad. Descendiendo, uno llega al interior de la Tierra, el infierno.

¹¹⁰ Karl JASPER 1966, p. 181.

parte más pequeña. Al hombre le es inaccesible lo más grande o lo más pequeño, lo más lejano o lo más cercano.

Cuando se concibe que el mundo que ha sido creado simultáneamente con el tiempo, se habla metafóricamente de un comienzo y un final *de* tiempo no *en* el tiempo. El cosmos no es infinito en el mismo sentido que Dios, ni puede ser concebido como finito porque no tiene límites que lo limiten. El mundo en ese sentido también es eterno, pero no en sí la eternidad. Es eterno por virtud de su participación de la eternidad. El “mundo eterno” es el mundo que no puede terminar, que permanece siempre. El mundo no comienza en el tiempo, pero el tiempo comenzó con él.

La Tierra no es el centro del mundo y las estrellas fijas no constituyen la periferia del cosmos físico. Ni la Tierra, ni algún otro lugar es el centro del cosmos. El “mundo” para Cusa no solo es el mundo visible a nosotros. El Mundo Uno contiene muchos mundos invisibles a nosotros.¹¹¹

En resumen, Cusa es un buen ejemplo de cómo la concepción del mundo cambiaba. No obstante, desenvolviéndose dentro de un mundo predominantemente cristiano, en el que no se encontraba clara distinción entre filosofía y teología (su pensamiento continua siendo teocentrista, tiene a Dios presente tanto en el principio como en el fin de su filosofar, toda la realidad la ve a partir y a través de él) sus concepciones del hombre y el universo resultaron bastante novedosas: su concepción sobre el conocimiento representó por un lado, el reconocimiento de la finitud del saber humano al mismo tiempo la grandeza que lo asemeja a Dios, y por otro, el encuentro de la finitud del hombre con el infinito (Dios) le otorgó un *status* ontológico: el estar por encima de los demás seres y en posición privilegiada de acceder al mismo ser.

Pero fue el universo cusano, su esencia, su constitución, su forma, su movimiento, lo que condujo –sin lugar a dudas– con más rigor metafísico que

¹¹¹ *Ibíd.* pp. 185-187.

físico, a la anulación de la concepción geocéntrica del mundo. La cuestión relativa al centro del mundo, por más que después se formula, en Cusa será resuelta por una metafísica: Dios es el centro de la Tierra y de todas las esferas celestes, como igualmente de todo lo que hay en el mundo.

A esta cosmología correspondió una forma de concebir el conocimiento y su generación. Bajo esta nueva noción, el mundo se resolvió en una infinita multiplicidad de movimientos infinitos heterogéneos, cada uno de los cuales giró alrededor de su respectivo centro, cada ser era en sí un centro, pero precisamente por esta circunstancia cada uno podía participar en lo divino sin anular su individualidad. La nueva noción de centro, asomaba sus rasgos: una nueva disposición del ser en la que el hombre de acuerdo a ciertos criterios comenzaba a establecer ciertos límites.

Este giro gnoseológico puso de manifiesto que así como Dios determina todas las diferencias de los seres, el intelecto humano podía hacer surgir de sí mismo todas las diferencias conceptuales sin carecer de realidad, por ejemplo, lo matemático o las ciencias empíricas. Aunque la concreción de la máxima convicción pitagórico-platónica, la de las armonías del mundo¹¹² (es decir, la estructuración geométrico-matemática del cosmos a partir de las leyes), se establece hasta Galileo, el descubrimiento de elevar al rango de única y verdadera realidad (el objeto de) la investigación matemática (matemática-física o matemática astronómica) se estaba apreciando como algo de indudable certeza y no como una probable opinión o una conjetura verosímil.

Por eso Wolfgang Strobl no tiene objeción en afirmar que la evidencia sensorial estaba siendo también compatible con una novedosa interpretación de lo que estaría ocurriendo en los cielos:

Se nota la cercanía del pensamiento *in coniecturis* del Cardenal de CUSA [con Galileo], que anticipó ya la teoría general de la relatividad de EINSTEIN [Descartes sostiene una teoría relativa del

¹¹² Las "leyes de las armonías del mundo" es un asunto que trata específicamente Kepler.

movimiento]: visto desde la tierra, el sol se mueve; vista desde el sol, la tierra se mueve. La discusión *ex suppositione* fue costumbre en la lógica nueva; y bajo estos auspicios ya desde los principios del siglo XIV se había tratado la rotación de la tierra (según los relatos de François de MEYRONNES (m. antes de 1325), de ALBERTO de Sajonia y el famoso *Traite du Ciel et du Monde* de Nicole ORESME; en la obra decisiva *De revolutionibus orbium caelestium* de KOPERNICUS, la dedicatoria al papa PABLO III y el prólogo (del humanista de Nuremberg, Andreas OSIANDER (1498-1552)) respiran la misma modestia que es el honor de la investigación científica.¹¹³

3. El uso polisémico de la noción de centro hasta Copérnico

Se ha expuesto que la noción de centro hasta antes de Copérnico estuvo fuertemente vinculada con la noción de cosmos u orden griego, y que mantuvo firmes compromisos metafísicos con Aristóteles. Pues bien, durante la Edad Media y, principalmente, con el desarrollo de la ciencia árabe durante los siglos XI-XV, como se verá más adelante, esos compromisos adquiridos cambiaron, llegando al punto de modificarse tan escrupulosa y rápidamente que fue necesario poco menos de un siglo –el XVI– para caer en desuso.

Para entender en qué consistió la novedosa noción copernicana de centro es necesario compararla con la noción tradicional. Es un hecho que la antigüedad griega no habló explícitamente del término. Sin embargo, implícitamente la idea fue compartida por todos ellos. Se mantuvo latente en su quehacer intelectual y material, desde lo más cercano a su vida cotidiana hasta sus cosmologías, cosmogonías, mitologías o filosofías como se ha expuesto líneas

¹¹³ Wolfgang STROB 1970, p. 344.

arriba en los diferentes planes de explicación. Siete han sido los usos detectados en mis lecturas sobre el mundo griego y uno, el uso que en la Edad Media se estableció a modo de transición hacia la concepción copernicana.¹¹⁴

1. Centro como elemento organizador de un arreglo o disposición me fue sugerido a partir del teatro griego y la manifestación del arte teatral. Cualquier puesta en escena presentada en ese recinto, delataba el lugar que le correspondía a cada agente participante: la disposición de los actores y la orquesta al centro, frente a éste, en las primeras filas, las autoridades y demás personalidades como magistrados, sacerdotes, hijos de caídos en guerra, embajadores, etc.; de la mitad de las gradas hacia arriba, el público en general –algunos dicen tribus e incluso esclavos–. La misma edificación semicircular del teatro manifestó el único diseño propicio para observar y escuchar el espectáculo desde cualquier ángulo.¹¹⁵

2. Centro como sinónimo de algo importante. Si el teatro en sí mismo era un recinto importante, la Acrópolis griega fue una construcción de mayor envergadura. Con sus templos religiosos y civiles fungió como centro de la vida espiritual y material de la Grecia antigua y, literalmente, era la ciudad cuya función fue la defensa y la sede de los principales lugares de culto. No en balde la conformación de la Acrópolis la conformaban una serie de edificios dispuestos según un orden: los Propileos (monumental entrada), el Templo de Atenea Niké (a un costado de la entrada). La gran estatua de Atenea (al centro), el Partenón (a un costado de la estatua) y *el erecteón*, el Teatro de Dioniso y otras edificaciones (en la ladera sur).

En uno y dos la zona central marcaba equidistancia de la zona circundante que la envolvía y bien podía interpretarse como zona desde donde se podía percibir igualmente nítido o borroso lo ahí situado, de la misma manera que

¹¹⁴ Usos que también resultaron de la revisión de diccionarios etimológicos, dentro de los que destaca el de Joan COROMIDAS 1987.

¹¹⁵ La palabra teatro deriva del griego, *theatron* (lugar para ver) y este del sustantivo *thea* (visión) que está presente en la palabra *teoría* y que está relacionada con el verbo *theómai* (contemplar, considerar, ser espectador). De modo que teatro significa, medio de contemplación. Joan COROMIDAS 1987, p. 560.

hacía de lugar más alejado de los límites externos del recinto, para facilitar su defensa.

El significado de la palabra “ciudad”, en el mundo antiguo, denotó el lugar que se encerraba tras unas murallas (el campo está fuera). Por eso, la fundación de ciudades vinculada al origen de la agricultura (recolección de frutos) también dio pie al surgimiento de la noción de *templo*. Todo templo fue un lugar en el que el paisaje peligroso estaba separado por una línea cerrada imaginaria en cuyo interior había de situarse lo sagrado y en el exterior, lo profano. Por eso, lo verdaderamente importante debía hallarse en el centro. El mayor ejemplo en nuestros días respecto de este uso es el que damos al palacio de gobierno, catedral o zócalo al interior de una ciudad: concedemos que son el sitio central más importante. No por ello, verdaderamente corresponden a la parte central de la ciudad.

3. Derivado de las explicaciones con contenido sagrado en la antigüedad presocrática (creencias, mitos, religión) se extrae un tercer uso de la noción de centro como lugar o medio desde el cual las deidades ejercían su acción, dominio o jurisdicción: toda deidad organizaba sus competencias a partir de un sitio que podía ser o no el centro de algo, cada una despachaba sin la participación del resto, desde un lugar que les era propio. Poseidón reinaba el agua (asistido por Amfitría y sus cuarenta y nueve Nereidas), Zeus gobernaba la altura olímpica, Apolo imperaba en Delos, Afrodita en Chipre, Temis organizaba la justicia, Artemisa la caza y Eros los amores.¹¹⁶

4. Otro empleo se encuentra en la razón o *logos* de los filósofos presocráticos. De las diversas reflexiones en torno a los principios materiales o no materiales de la naturaleza, surge la implicación necesaria de un principio(s) para explicar la multiplicidad. Es decir, el que en el pensamiento presocrático resultara necesario hallar aquello (principio) que regía (mandaba) el aparente caos del acontecer,

¹¹⁶ Véase José FERRATER MORA 1964, pp. 210 y 211. También, Ernest CASSIRER 2013.

sugirió que independientemente de la elección del principio, la existencia de éste se identificó con la noción de centro como principio u origen de todas las cosas.¹¹⁷

5. Otro uso que derivó de quienes apreciaron en el número cierta oposición entre el límite y lo ilimitado y lo concibieron como “El” principio ordenador (pitagóricos), encerró la sospecha de que en la división de figuras geométricas como la esfera o el círculo se encontraba presente la idea de centro como mitad, como un requerimiento que daba lugar a una igualdad de partes. Es decir, la línea imaginaria por la que uno traza el corte en una figura geométrica circular o esférica para dividirla en parte iguales y que regularmente la entendemos como la mitad de esa figura ha quedado expresada en sentencias como “la mitad de un círculo”.

6. Dos usos más que se asomaron de la preocupación por la *physis* griega y sus principios fue resultado de la indagación del ser, del devenir y del tiempo. Ambos derivaron del origen del concepto de tiempo.¹¹⁸ De uno de los dos verbos griegos contradictorios, *temno*, que significa cortar y que es de donde sacamos nuestras medidas y nuestras fechas, centro se entendió como nacimiento de la temporalidad o el punto a partir del cual se medía el tiempo.

7. Del otro verbo griego contradictorio, *teino*, cuyo significado es tender (flujo continuo sin ruptura) y del que resultan sentencias como “el tiempo corre” o “el tiempo no corre ni pasa” (se queda y no pasa en absoluto) es de dónde se extrajo un séptimo uso. Si el *pasar* o *correr* estaban conforme con lo irreprimible y continuo del flujo del tiempo, entonces parecía admisible su canalización (así como los ríos son desviados) y la creación de recipiente(s) para almacenarlo; la construcción de obras hidráulicas como estanques, canales, puentes, conductos, etc. para su distribución y acopio. Esta “invención” metafórica de infraestructura sirvió a su vez como la alegoría más acertada para clasificar materias, temas o disciplinas; el datar el flujo del tiempo semejaba a encajonar saber según un

¹¹⁷ Véase Angelo ALTIERI MEGALE 1993 y Jean BRUN 1995.

¹¹⁸ Michael SERRES 1996, pp. 35-38 y 50-53.

historial propio o a interpretar al centro como el criterio para organizar los campos del saber.¹¹⁹

Ahora bien, estos usos se transmitieron a generaciones de pensadores posteriores a los griegos con ciertas formas de combinaciones. Quizá los que trascendieron de manera más difícil y compleja fueron los de centro como algo importante y el de centro entendido como mitad porque no sólo conformaron explicaciones cosmológicas sino que suscitaron infinidad de controversias en campos como en la religión, la astronomía o la filosofía: hablar de mundo supralunar y sublunar, situar al hombre en la Tierra y hacer de ésta el sitio de mayor importancia al amparo de una institución religiosa como la Iglesia, implicó severas contrariedades.

Sin embargo, todas las acepciones coincidieron más o menos en algo, el centro se entendió como posicionamiento de acuerdo al lugar natural de cada cosa, o bien, como punto, lugar o ubicación según su esencial composición (material o inmaterial). La polisemia respecto a la noción de centro ocasionó discursos diferentes todos mezclados históricamente, y no obstante, el significado común siguió siendo el mismo, un punto, un lugar, una posición con sustento metafísico u ontológico. Pero la historia del concepto de centro al amparo de la Iglesia durante la Edad Media agregó nuevas peculiaridades. La más importante es la que derivó del concepto de “César”. Un vistazo por la acuñación del término durante la Edad Media arrojará luz sobre los detalles.

“César” fue el nombre, título real o sinónimo de emperador en la Roma antigua tras la muerte de Julio César que, curiosamente, nunca fue emperador sino dictador, y que la Iglesia llegó a prohibirlo como nombre en el siglo VII por considerarlo un nombre pagano. Sin embargo, independientemente de los conflictos de sucesión durante el mandato de los primeros emperadores, la

¹¹⁹ Por ejemplo, para datar los acontecimientos está la historia (una disciplina que filtra, retiene, olvida, es decir, arrastra consigo una serie de conexiones, cuyo curso puede contenerse a partir de criterios históricos específicos); para canalizar lo relacionado con el universo se encuentra la física o la astronomía; para dar cuenta de la vida social, la política.

nomiación de “César” se convirtió en parte integral de la dignidad imperial. En el año 69, tras la muerte del tercer emperador (Tiberio)¹²⁰ y de las varias usurpaciones acontecidas a su deceso (por parte de Servio Sulpicio Galba o Vitelio), el status de “César” fue regularizado como título dado a un emperador agregándole incluso de vez en cuando el atributo de “*princeps iuventutis*” (príncipe de la juventud). También se popularizó la costumbre de denominarles “NN Caesar” (NN corresponde al nombre de nacimiento del príncipe) o “NN Nobilissimus Caesar” (Noble César).

A partir del año 293, cuando Diocleciano estableció la tetrarquía como sistema de gobierno que dividía el imperio en dos partes: oriente y occidente, contempló dos emperadores principales y dos secundarios con sucesores propios para cada imperio según la costumbre de sucesión. Los cargos fueron designados como “augustos” para los emperadores mayores y como “césares” para los emperadores menores (antes de suceder al mayor). A cada uno de los augustos o césares le fue otorgada una porción del imperio para su administración en oriente y occidente respectivamente, pero como el sistema tetrarquía resultaba bastante complejo terminó siendo abandonado definitivamente por el año 324 cuando Constantino I el Grande unificó ambas partes del imperio nuevamente. En el 330, Constantino reconstruyó la nueva ciudad capital de Bizancio que terminó siendo conocida como Constantinopla. Este lugar fue un sitio estratégicamente situado en el nudo de las más importantes rutas comerciales del Mediterráneo oriental, y el emperador Constantino fue el primero en adoptar el cristianismo como religión propia que poco a poco incrementó su influencia durante el transcurso del siglo, hasta que, Teodosio I, al final del siglo IV, la proclamará religión oficial del imperio.¹²¹

¹²⁰ En *Perspicacia para comprender las escrituras*, un libro a cargo del grupo Watch Tower por ejemplo, refiere que por nombre, únicamente se mencionan a tres césares: Augusto, Tiberio y Claudio. WATCHTOWER 2017, p. 465. Por su parte, J. D. DOUGLAS y Merrill C. TENNEY en su *Diccionario Bíblico Mundo Hispano* del 2003 dedica algunos párrafos a este respecto en los apartados dedicados a "Augusto" y "Autoridades superiores".

¹²¹ Edicto *Cunctos Populos* (a todos los pueblos) de Tesalónica del 27 de febrero del año 380 en Código Teodosiano Libro XVI, 1.2.

Para el año 395, cuando ocurre la muerte de Teodosio, el imperio se dividió definitivamente: Occidente con capital en Roma quedó en manos de Flavio Honorio, su hijo menor, y su otro hijo Arcadio heredó el Imperio de oriente, con capital en Constantinopla. Se suele decir que la historia del imperio de occidente terminó en el 476 cuando fue depuesto Rómulo Augústulo por el germano Odoacro (conocido también como Odoacro), mientras que el otro imperio se prolongó hasta el 1453. Pero es un hecho que durante el reinado de los emperadores destacaron principalmente los éxitos militares, logros culturales, políticos o arquitectónicos y que incluso la Iglesia llegó a reconocer al emperador con el nombre de “rey-sacerdote” tal cual lo hizo con Justiniano en el siglo VI.

Durante los siglos VIII y IX, las muchas luchas internas acontecidas en el corazón del imperio también dieron pie a momentos de estabilidad que posibilitaron varias transformaciones: a) una uniformidad cultural y religiosa: el avance del Islam en algunas provincias de Siria, Palestina y Egipto permitió a la cultura griega asentarse de tal forma que se pudo abandonar el latín como lengua y adoptar el griego en su lugar; b) una reorganización territorial que dotó al imperio de una más eficaz defensa: distritos militares, circunscripciones administrativas, emperador-gobernador-militar-estratega con amplia autonomía; c) el surgimiento de un determinado grupo que dio lugar al latifundio sobre todo en el Asia Menor que aparece por la expansión del Islam y la dificultad de comerciar como antes.

Para comienzos del siglo XI, específicamente en el año de 1050, cuando el enfrentamiento entre las dos antiguas capitales del imperio fue un hecho, comenzaron otro tipo de transformaciones. Una multitud de imperios menores comenzó a emerger, pero así como surgían, se desintegraban y daban lugar a más. Sin embargo, el emperador siempre fue el jefe supremo del imperio y en todo momento a él se le asociaron tareas de gobierno, dirección del ejército, administración y hasta poder religioso, bajo el título de “césar”.

Sabemos que la figura del emperador estuvo fuertemente relacionada con la Iglesia y en ocasiones hasta llegó a otorgar cierta estabilidad y cohesión política. En la monarquía bizantina el emperador tuvo un carácter “césaropapista” o “rey-sacerdote”. En otros casos, la relación emperador-patriarca fue de mutua interdependencia: el emperador designaba al patriarca y éste sancionaba su acceso al poder mediante la ceremonia de coronación.

Resumiendo, con el desenvolvimiento multicultural del Imperio bizantino se puede apreciar que el título de “césar”, tan recurrente en su desarrollo, contenía por todos lados el complejo tejido de usos de la noción de centro antigua. Es decir, durante toda la Edad Media, en la figura del “césar” se ubicó un determinado sitio desde el cual un “ser” despachaba asuntos de toda índole y con ello ejemplificaba el importante papel del poder temporal, civil y religioso en un punto según un orden establecido.

El “césar” fue la mejor metáfora para designar el concepto de centro en la Edad Media: el privilegiado lugar que ostentaba de acuerdo a su linaje, sus habilidades, en general, su naturaleza.

“César” significaba o simbolizaba la autoridad civil, el Estado, personificado en sus representantes debidamente nombrados, lo que Pablo llama “las autoridades superiores”, y Pedro, “un rey” y sus “gobernadores”.¹²²

Pero al mismo tiempo, con la caída de los varios imperios acontecidos hasta el que fue el gran final de Constantinopla en 1453, el mismo título cayó en desuso y su decaimiento gradual en rangos o nominaciones de “príncipes de sangre real” o “regentes” hizo posible que la importancia de un emperador que en otro momento fue supremo y omniabarcante (especialmente hablando), ahora se redujera a unos determinados sitios y que tales lugares de dominio y control estuvieran referidos a otros de mayor envergadura. “Significando cualquier gobernante del mundo. El nombre César vino a ser usado como un símbolo del

¹²² *Ibidem.* p. 466. Véase también (Romanos 13:1-7), (Tito 3:1) y (Pedro 2:13-17).

estado.”¹²³ En términos un poco más técnicos sería como un(s) sistema(s) de referencia(s) en relación con otro sistema de referencia, pues “en ninguna parte del Imperio romano podía gobernar un rey sin el consentimiento del César.”¹²⁴

La Edad Media con la Iglesia, la compleja conformación de Imperios y el activo papel del mundo islámico permitió desligar o dejar de lado ciertas características esenciales al concepto de centro antiguo y, en consecuencia, marcar distancia con los compromisos metafísicos que involucraba. A partir del siglo XV era cada vez más difícil sostener los principios griegos y romanos vinculados al cosmos y en consecuencia, al orden que establecían: uniformidad, eternidad, circularidad. Pero no así, a la coherente alternativa de apelar a los mismos principios de manera más pragmática. La disposición de las cosas era tal que resultaba posible dar cuenta del límite, los acuerdos y el hombre según ciertos modelos explicativos con discursos y marcos conceptuales propios como los desarrollados por los árabes del siglo XI-XV. Esta apreciación es la que Copérnico atestigua y que a pesar de su resistencia espiritual (con Aristóteles y Ptolomeo) y de credo (con la Iglesia) es lo que yo he denominado un cambio sustancial en la figura del mundo a partir de la noción de centro. Una idea que estructuró un modo de ver el mundo.

Con todo esto lo que he procurado mostrar es que en la antigüedad griega el centro fue el concepto a partir del cual se estipuló determinado tipo de orden de acuerdo con principios aristotélicos en los términos siguientes: *la enorme disposición del Ser en la que el hombre encuentra su límite y su más profundo acuerdo*. A principios de la Edad Media la imagen del “César” (con el gran Julio César) conserva el compromiso de importancia que corresponde al lugar privilegiado¹²⁵ y la que debe asentarse en dicho sitio. Sin embargo,

¹²³ J. D. DOUGLAS y Merrill C. TENNEY (*et al.*) 2003, pp.266-7. Véase también (Lucas 20:22-25), (Mateo 22:17), (Mateo 22:21), (Marcos 12:14) y (Marcos 12:16-17).

¹²⁴ WATCHTOWER 2017, p. 466.

¹²⁵ De aquí se desprende también, una de las razones de mayor peso para la Iglesia en la Edad Media. El que la Tierra estuviera en el centro del universo tenía una justificación teológica que comprendía a Dios como creador (si el hombre hubiera dispuesto del material del que Dios dispuso, crearía diversos mundos, pero no fue así) y al hombre como el depositario de la “palabra” divina que al estar hecho a su semejanza Dios lo había situado en un lugar desde el cual expandir su

conforme transcurre el medioevo y hacen su aparición los estudios cinemáticos, dinámicos y mecánicos, manan las reflexiones filosóficas en torno a ellos, florece la cultura árabe (capítulo siguiente), y se divulgan con prontitud las novedades; el lugar privilegiado, el específico, se diluye, y los acuerdos se tornan convencionales y no emanados de una naturaleza esencial.

He aquí la metáfora por la que el imperio del “césar” se redujo, se subordinó o se esfumó del sitio que le correspondía, y no fue más “su” sitio, el que le correspondía, sino “un” sitio cualquiera que podía ocupar cualquiera. No hubo más “una” disposición del Ser, se trataba ahora de una *disposición del ser en la que el hombre, de acuerdo a ciertos modelos explicativos, discursos y marcos conceptuales propios, entendía el límite y establecía sus propios acuerdos.*

La denominación de “césar” después de la caída del imperio en el siglo V, siguió conservando el carácter importante, aunque sólo fuera localmente. Era como si la magna centralidad que alguna vez ostentaron los primeros emperadores culminara en que varios “césares” la tuvieran a pedacitos, cada uno en territorios de X dimensiones. Ésta es la razón por la que se habla de sistemas de referencias en relación a otros sistemas de referencia. Es posible que Copérnico así lo apreciara ya que fue sumamente consciente de que se trataba de una estrategia conceptual (y esto lo aprendió –o lo pudo aprender– de los astrónomos islámicos) que en nada choca con el decir de las autoridades consagradas (Aristóteles y Ptolomeo).¹²⁶

Cuando el polaco enunció que en lugar de la Tierra era el Sol el que estaba en el centro del universo, ocurrió algo parecido al “César” y a los posteriores “césares”. En el centro siguió asentándose lo importante y privilegiado aunque no ya lo *verdaderamente* importante. La centralidad se volvió relativa. Mientras uno no perdiera de vista con respecto a que refería algo, no era relevante

testimonio, ese lugar era el más privilegiado, el que se encontraba en el “centro”. En consecuencia, la Tierra debía situarse en el centro del Universo.

¹²⁶ Algo común en la época para, por ejemplo, la interpretación de epiciclos y deferentes era que cada centro de epiciclo marcaba un sistema de referencia, y cada centro de deferente marcaba otro, y entonces se tenían unos sistemas de referencia inmersos en otros sistemas de referencia.

lo que se colocara en el lugar central, y en consecuencia, no se contradecía a Aristóteles ni a Ptolomeo.

No obstante, será Galileo a quien la historia reserve el que explícitamente enuncie, de una vez por todas, el pensar de Copérnico:

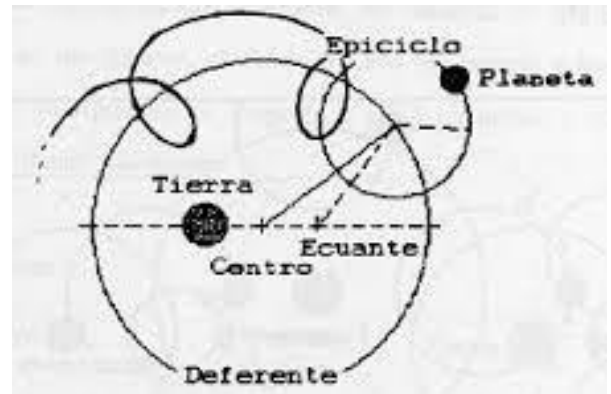
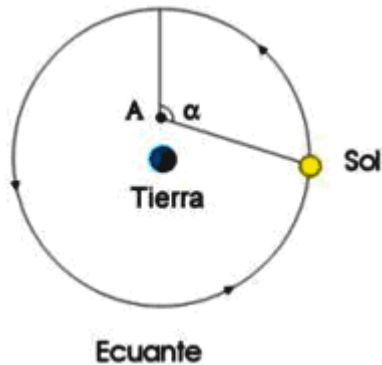
Galileo es el autor de la revolución copernicana, o al menos su héroe, confesor y mártir, la revolución no debe ser entendida como un episodio en la historia de la astronomía, sino como una reevaluación de todos los valores. Estos, hasta entonces, tributarios de decretos divinos que gravitaban alrededor de la voluntad trascendente de Dios y que en adelante se organizarán de acuerdo a la inteligencia humana según las normas del conocimiento racional. No es que Dios estuviera muerto y que el hombre lo haya negado; sólo que el pensamiento humano se afirma como un intermediario del pensamiento divino. El hombre cada vez más está en el centro del reagrupamiento del pensamiento; su principal responsabilidad es la de introducir un orden inteligible en la múltiple diversidad de fenómenos y valores.¹²⁷

Una vez analizados algunos rasgos sobre los que es posible apreciar el tránsito de una concepción del mundo a otra, toca el turno de exponer en el siguiente capítulo, la nueva conceptualización de centro.

¹²⁷ Georges GUSDORF 2014. p. 79. "Galilée est l'auteur de la révolution copernicienne, ou du moins son héros, confesseur et martyr, la révolution ne devant pas être comprise comme un épisode dans l'histoire de l'astronomie, mais bien comme une réévaluation de toutes les valeurs. Jusqu'alors tributaires des décrets divins, elles gravitaient autour de la volonté transcendante de Dieu; désormais elles s'ordonneront en fonction de l'intelligence humaine selon les normes de la connaissance rationnelle. Non que Dieu soit mort, et que l'homme l'ait renié ; mais la pensée humaine s'affirme comme un relais de la pensée divine. L'homme est de plus en plus le centre de regroupement de la pensée; sa responsabilité majeure est de mettre un ordre intelligible dans la multiple diversité des phénomènes et des valeurs." (La traducción es mía).

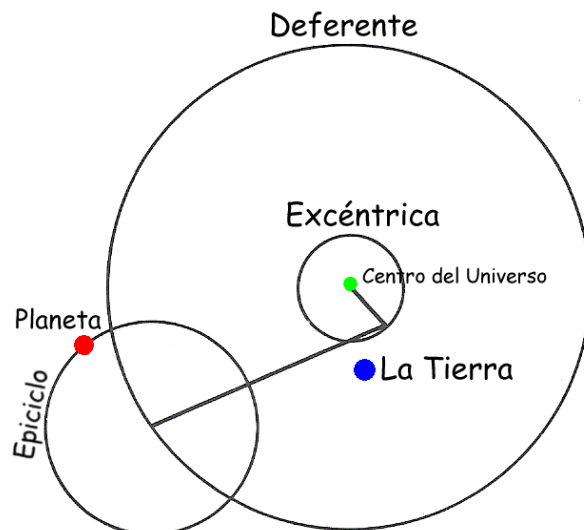
*Ecuante*¹²⁸

El ecuante es un punto determinado (A) que se encuentra a una cierta distancia del centro de rotación del deferente (la Tierra) de modo que el deferente gira a velocidad no uniforme respecto a su centro (la Tierra) pero a velocidad uniforme respecto del ecuante.



En otras palabras, es un mecanismo para contabilizar las variaciones de velocidad en los movimientos de los astros (Luna, Sol y planetas). El sistema astronómico que los emplea, supone que los planetas se mueven en un círculo pequeño llamado epiciclo que, a su vez, se mueve a lo largo de un círculo más grande llamado deferente. Ambos círculos giran en el sentido de las manecillas del reloj y son más o menos paralelos al plano de la órbita del Sol (eclíptica).

Para Ptolomeo, el epiciclo giraba y rotaba a lo largo del deferente con un movimiento uniforme. Pero el movimiento del deferente no era constante a menos que fuera medida desde otro punto localizado a la misma distancia de la excéntrica, al que llamó ecuante. Lo que era constante era la razón angular a la que el deferente se movía alrededor del ecuante.



El uso del ecuante en el sistema ptolemaico fue introducido para explicar los días de diferencia entre los equinoccios de primavera y otoño, y mantener, al mismo tiempo, la hipótesis del movimiento uniforme de los astros. Si el centro de rotación coincidiera con el centro geométrico de la órbita circular y el movimiento fuera uniforme, el Sol tendría que tardar el mismo número de días en recorrer la distancia entre los dos equinoccios, pero esto obviamente, no ocurre. Si bien, Ptolomeo no predijo los tamaños relativos de los deferentes planetarios en el *Almagesto*, todos sus cálculos los realizó con respecto a un deferente normalizado. Esto no quiere decir que creyese que los planetas eran todos equidistantes. Hizo una conjetura y un ordenamiento de los planetas. Más tarde, calculó sus distancias en *Planetary Hypotheses*.

¹²⁸ Las imágenes se pueden consultar en [ecuante](#), [ecuante](#), [epiciclo](#).

Capítulo III. Claves para una nueva concepción del mundo

Este capítulo gira en torno a dos asuntos. Uno, mostrar que a lo largo de la Edad Media las posturas que aquí se denominan "tradicional" y "novedosa" se enfrentan a problemas y formulan soluciones al interior de la ciencia de las estrellas, y entre ellas destacan las aportaciones musulmanas. Dos, evidenciar la contribución que el ejercicio dialéctico (específicamente, el criterio de relevancia entre hipótesis) tuvo en la construcción de argumentos para el discurso filosófico, teológico y astronómico en el cambio de visión del mundo tanto de pensadores islámicos como del mundo europeo.

1. Herramientas conceptuales de orden matemático

El gran problema entre los modelos matemáticos y los principios del movimiento aristotélico fue la inconsistencia entre la representación matemática descrita en los modelos y el lado físico de la ciencia de las estrellas. O sea, las incongruencias

entre la descripción que se hallaba en el *Almagesto* y la explicación planteada en las *Hipótesis planetarias* de Ptolomeo o en *Del cielo* de Aristóteles.

Una manera simple de plantear el asunto entre las descripciones geométricas del movimiento de los cuerpos celestes y la naturaleza de sus movimientos fue la que se generó con el uso del ecuante (en el modelo lunar, en el cálculo de las distancias y movimientos de Mercurio y de Venus): si un astro se desplazaba alrededor de un punto que no correspondía a la Tierra como centro de su trayectoria entonces ¿los modelos matemáticos que se elaboraran para describir el movimiento de los astros podrían corresponder a movimientos reales? ¿Sería posible físicamente el movimiento de los modelos planetarios de círculos sobre otros círculos sin un punto único sobre el que giren todos sus movimientos?

Las alternativas de solución a esta problemática se plantearon de dos maneras y posibilitaron la generación, resguardo y transmisión del conocimiento en espacios como las universidades (Cracovia, Bolonia, Padua, Ferrara, Londres, París), los centros de investigación árabe o las cortes europeas. El primero de ellos se pudiera denominar *tradicional* y priorizaba el desarrollo de ideas de subordinación de principios y suposiciones aristotélicas del mundo a la teología cristiana. El segundo, más *novedoso* que el tradicional fue resultado del desarrollo fecundo en la investigación astronómica árabe principalmente durante los siglos XI al XVI, y dio pie a cierta compatibilidad entre Aristóteles y Ptolomeo tal cual lo reflejaron los trabajos de hombres como al-Tusi en el siglo XI, al-Urdi en el siglo XII, Ibn al Shatir y al- Shirazi en el XIV, al- Qushji¹²⁹ en el XV, o al-Khafri en el XVI.

¹²⁹ La importancia de al-Qushji radica en la discusión que –junto con al-Tusi– realizó mientras trabajaba en los observatorios de Marágha y Samarcanda respecto a la rotación de la Tierra. Es relevante saber que aunque los argumentos y pruebas que utilizaron se parecen a los que empleó Copérnico para apoyar el movimiento de la Tierra, la escuela de Marágha no provocó el cambio de paradigma al heliocentrismo.

1) Postura tradicional: Aristóteles y Ptolomeo en la universidad medieval

Las universidades y la Iglesia durante todo el periodo anterior a Copérnico jugaron un papel muy importante en la configuración de las ideas en torno a la *estructura y operación* del mundo al hacer posible el estudio de la cosmología y al configurar los aspectos teológicos que heredarían al mundo moderno.

La universidad medieval fue una institución en la que las ideas cosmológicas se desarrollaron ampliamente. Alrededor del 1200 ya existían grandes universidades.¹³⁰ Algunos planes de estudios ya incluían la nueva ciencia de entonces: la filosofía natural aristotélica. París contemplaba, por ejemplo, la lógica y los libros de la naturaleza de Aristóteles (*Sobre los cielos, Física, Sobre la generación y corrupción, Sobre el alma, Meteorología, Parva naturalia, Generación de los animales, Partes de los animales e Historia de los animales*) y prestaba atención al estudio de obras denominadas *Theoricae planetarum*, libros de texto de uso más común en astronomía entre 1472 y 1673¹³¹ y sobre todo, la multicitada y copiada *Sobre la esfera* de Sacrobosco (1195-1256).

Era común, por ejemplo, que del siglo XIII al siglo XV tomara cuatro años conseguir el nombramiento de *Bachiller* en Artes. En este lapso se profundizaba en gramática y lógica aristotélica con el fin de adquirir habilidades para el debate, un componente especial en la educación universitaria medieval.

Una vez conseguido el grado de bachiller se estaba en posición de obtener un puesto de burócrata real o papal, o ser maestro de lógica o gramática. Sin el grado de *Maestro* en Artes no se podía ser candidato a la enseñanza universitaria regular, como tampoco ingresar a la Facultad de Altos Estudios en Teología, Leyes o Medicina. Quien deseaba enseñar en el nivel universitario, debía obtener una licencia de enseñanza, es decir, dedicarse por dos años más al

¹³⁰ Oxford (1096), Cambridge (1209), París (1208-1210), Palencia (1208), Salamanca (1218-9), Montpellier (1220), Bolonia (1180), Padua (1222), Nápoles (1224), Toulouse (1229), Siena (1240), Valladolid (1241), Murcia (1272), Sorbona (1275), Alcalá de Henares (1293).

¹³¹ Edward GRANT 1994, p. 431.

estudio y profundización en los escritos de la naturaleza de Aristóteles y en las disciplinas que conformaban el *quadrivium*. La obtención del grado de Maestro en Artes requería seis años de estudio, que con un énfasis en ciencia¹³² y filosofía de la naturaleza, aportaba profundo conocimiento sobre la estructura y operación del cosmos. Este plan de estudios caracterizado como lógico-físico-cosmológico fue, en opinión de Grant, algo regular en las universidades europeas desde el siglo XIII al XVII.

Aunado a esto, se dice que el título de *Doctor* exigía estudios igual de prolongados y era habitual que los que se sometían a tal evaluación ocuparan varios años de vida universitaria, además de costosas fiestas y regalos a los que el doctorando estaba obligado a cumplir. Uno de los biógrafos del astrónomo polaco, el profesor Adamczewski, sugirió motivos algo diferentes en la obtención del grado de Doctor en Derecho de Copérnico:

Se acercaba el tiempo de regresar a Warmia [el polaco estaba en Padua]. Pero al país era necesario volver con algún título científico. Y al querer licenciarse en Padua en medicina, tenía Copérnico que hacerlo también en filosofía (disciplina que desde bastante tiempo atrás había ya dejado de lado). Eligió, pues, derecho. Más para quitarse complicaciones de encima, ya que en derecho tampoco se consideraba bastante fuerte, se limitó a solicitar el título de doctor en decretales (y no en ambos derechos). Decidió someterse a la prueba doctoral en la cercana Ferrara [...] motivado por dos razones. Primero, las exigencias en el examen eran aquí menores. Segundo, la promoción costaba tan solo 25 ducados, (mientras en Bolonia o en Padua era considerablemente más cara) Y aún así, los 25 ducados representaban una cantidad considerable en aquellos tiempos [...] Como bien se ve, el astrónomo no consideraba la obtención del grado de doctor como

¹³² La clasificación de las ciencias medievales en términos generales se basaba en la distinción aristotélica de filosofía natural o Física que se encargaba del estudio de los cuerpos que se mueven y cambian, y la metafísica que tenía que ver con el estudio de los principios.

un éxito científico, sino como una justificación de su larga estancia en Italia ante el Cabildo de Frombork.¹³³

Comenta detalladamente cómo fue que este evento tuvo lugar el 31 de mayo de 1503, siguiendo la tradición, en el palacio episcopal, situado al lado de la magnífica catedral, románico-gótica:

El propio acto se desarrolló según el ceremonial ya establecido desde muchos años [...] El día 31 de mayo salía de la casa vecina a la iglesia de San Francisco un modesto grupo de estudiantes y compañeros que rodeaban al doctorando, siguiendo por la estrecha y tortuosa callejuela de Gorgadello [...] hacia la catedral, para oír una misa especial. De la catedral al palacio episcopal no había más que cuatro pasos. Aquí, en la galería del Jardín, esperaba la comisión examinadora, bajo la presidencia del vicario, profesor de derecho Giorgio Prisciano. La primera parte del examen, llamada *privata examinatio*, resultó favorable, lo que fue confirmado únicamente por la comisión en la votación de sus miembros. La segunda, *publica examinatio*, no era ya más que una formalidad. El acto fue coronado con la entrega de las insignias doctorales [...]

El vicario general del obispado Giorgio Prisciano confirmó entonces con unas solemnes palabras su bendición, mientras el notario eclesiástico anotaba que Copérnico de Prusia, canónigo de Warmia y escolástico de la escuela de Santa Cruz de Wroclaw había cursado estudios en Bolonia y Padua y que había sido confirmado en derecho canónico, sin oposición de nadie en Ferrara.¹³⁴

Una de las consecuencias directas del currículum universitario medieval fueron los términos de uso común con los que se identificaban las materias de estudio o a quienes las estudiaban. Por ejemplo, “filosofía natural” –

¹³³ Jan ADAMCZEWSKI 1973, p. 125.

¹³⁴ *Ibidem.* pp. 128 y 129.

“filósofos de la naturaleza”, “aristotélico” – “aristotelismo”. El término “filosofía de la naturaleza” o “ciencia natural” del cual era sinónimo durante la Edad Media hasta el siglo XVII, tuvo varias connotaciones: a) era identificada con todo escrito sobre la naturaleza de Aristóteles y quizá con aquellos trabajos sobre biología; b) se refería a una de las subdivisiones de la filosofía especulativa (las otras eran la filosofía moral y la metafísica); y c) hacía alusión a lo relativo a los cuerpos móviles y a sus cambios, ausencia y privación de ello, pero como la óptica y la astronomía usaban las matemáticas relacionándolas con los cuerpos móviles, en ese sentido, estas disciplinas también caían dentro de la filosofía natural.¹³⁵ La cosmología fue parte integral de la filosofía de la naturaleza y quien mejor la representaba era Aristóteles en su *De Caelo*.

A partir del siglo XIII vino la consagración de universidades como la de Oxford, Cambridge y París, que eran las únicas instituciones que podían conceder títulos de Teología. La Universidad de París, por ejemplo, con su Facultad de Teología (la más grande en la cristiandad, inclinada por la enseñanza de Tomás de Aquino, San Buenaventura y Duns Escoto) fue la única responsable de la doctrina oficial de la Iglesia, un privilegio directamente concedido por el Papa.¹³⁶

Este siglo también presenció un sin fin de problemas respecto a la asimilación e incorporación de la filosofía natural de Aristóteles derivados de la lectura de los tratados del que fue su gran comentador, Averroes (1126-1198). Hubo que emprender la tarea de subordinar los principios y suposiciones aristotélicos del mundo a la teología cristiana y de lograr que la filosofía y la metafísica sustentaran el mundo físico y el análisis de determinados problemas en el ámbito teológico y en las Escrituras. Se sabe que se tuvieron que editar nuevamente los textos aristotélicos eliminando las partes objetables. Dicha empresa hizo que la literatura cosmológica medieval sin duda recayera en el tratado *De Caelo* de Aristóteles y en los pasajes relacionados con el tema como

¹³⁵ Edward GRANT 2007, pp. 155-156.

¹³⁶ Alberto RELANCIO 2007, p. 350.

los asociados a Plinio (siglo I), Solino (siglo IV) y varios tratados de enciclopédicos latinos aparecidos en los siglos IX y X .

Otro aspecto en la enseñanza de la filosofía de la naturaleza y de la literatura cosmológica fue su método de transmisión: el *comentario* y las *preguntas*. Aunque el “comentario” trataba de una lectura secuencial, seguida de una exposición y explicación –sección por sección– de un texto señalado como autoridad (por ejemplo, un libro de Aristóteles) y el método de las “preguntas” consistía en el planteamiento de varias preguntas al término de la lectura o explicación de pasajes o secciones importantes de un determinado libro. Esto era seguido de una discusión de “pros” y “contras” de las respuestas y de que el profesor enunciara la solución. Entre ambos, el método más extensamente usado en la cosmología medieval y en la filosofía de la naturaleza fue el de las *preguntas*. Un proceder íntimamente asociado con el método escolástico y, quizá, una práctica surgida de los comentarios.

Fue así que desde el inicio de la escolástica y hasta el siglo XVII, fue parte del estilo de enseñanza que los filósofos naturales centraran su atención y análisis de textos alrededor de las “preguntas”, lo que constituyó la esencia curricular de las universidades. Hubo gran variedad de preguntas, pero se ensayó un formato estándar: “si la Tierra se mueve...”, “si la Tierra es esférica...”, “si es posible que existan mundos...” El ejemplo más evidente de este proceder metodológico del siglo XIII al XVII fue el de Jean Buridan (1300-1358) en *Preguntas sobre el cielo*.

Las “preguntas” conformaron el vehículo de debate y argumentación. Fueron el formato de evaluación crítica de argumentos y de aceptación o rechazo de posibles respuestas según las circunstancias. Su desarrollo y evolución condujo a sutiles distinciones que produjeron opiniones propias. Los maestros medievales hicieron cosmología en el contexto de la filosofía de la naturaleza, y como parte del sistema universitario, presentando un análisis oral y escrito de algunas de las muchas preguntas que formaban la base del mundo medieval, estando en

condiciones de concluir con lo tradicionalmente dicho o con una nueva manera de enunciarlo.

Entre los tratados que incluyeron preguntas cosmológicas ¹³⁷ se encuentran los siguientes:

a) *Sobre el cielo* de Aristóteles; algunos trabajos sobre su *Física* tales como lo relativo a la discusión sobre el concepto de vacío y lugar o el concepto de primer motor. Unos más relacionados con su *Metafísica* como lo relativo a la discusión sobre el número de esferas celestes y las sustancias que los mueven. E incluso algunos sobre su meteorología y lo relativo al estudio de la combinación e influencia mutua de los cuatro elementos. Estos escritos se relacionaron con la cosmología debido a la consideración que Aristóteles tenía de los elementos que constituían los cuerpos situados en la región más cercana a las estrellas (respecto al éter que componían los cuerpos celestes).

b) Las *Sentencias* u opiniones de Pedro Lombardo (1100-1160) que sirvieron por casi cuatro siglos como texto estándar y en el cual los estudiosos leían y comentaban asuntos como la creación, que de acuerdo al Génesis era muy relevante para la cosmología medieval. Por ejemplo, la cuestión en torno a la existencia de Dios en las cosas: si había una manera en la que Dios podía ser omnipresente, donde “omnipresencia” significaba la presencia de Dios más allá del mundo, entonces –en opinión de algunos escolásticos del siglo XIV– podía haber un vínculo entre la omnipresencia de Dios y un espacio infinito. Estudiosos del siglo XVII consideraron la manera en la que Dios podía ser omnipresente y en cómo debería ser concebido espacialmente (el espacio como un modo de ser de Dios llega a Newton).

¹³⁷ Edward Grant muestra muchas preguntas latinas resultado de una consulta al catálogo de Charles Lohr *Medieval Latin Aristotle Commentaries*. En ese apéndice, cita alrededor de 270 autores distribuidos de la siguiente forma: 4 autores para el siglo XIII: Alberto de Sajonia, Tomás de Aquino, Tomás de Bungeye y Roger Bacon. 5 autores para el siglo XIV: Juan de Jandun, Jean Buridan, Nicolás Oresme, Alberto de Sajonia y Jacobo de Blanchis. 13 autores para el siglo XV. 40 autores para el siglo XVI y 35 autores para el siglo XVII. Edward GRANT. “Apéndice 1”, *Op. cit.* 1994, pp. 681-744.

c) También había otros trabajos en temas cosmológicos como: el Libro Primero del *Tratado sobre las esferas* de Juan Sacrobosco (1244-1256) que sirvió como libro de texto a estudiantes universitarios. *Sobre la substancia de las esferas celestes* de Averroes (1126-1198) que investigaba si la forma y materia de los cuerpos celeste era de la forma y materia de los terrestres, o bien, cuál era el movimiento de los cuerpos celestes. Las enciclopedias medievales proporcionaron también un punto de vista sobre el cosmos. Por ejemplo, en temas que incluían las propiedades del mundo y los cuerpos celestes se encontraban: *Sobre las propiedades de las cosas* de Bartolomé Ánglico (1190-1240); *El espejo de las cosas naturales* de Vincent de Beauvais (1190- 1264) relativo a los cielos y al movimiento de las estrellas y los planetas; y *Margarita filosófica* de Gregor Reisch (1470-1525) relativo a los cielos, su naturaleza e influencia.

En conclusión, ante la problemática de salvación de los fenómenos celestes, la postura tradicional –como aquí se le ha denominado–, fue un planteamiento que se caracterizó por el desarrollo y proliferación de ideas de subordinación de los principios y suposiciones aristotélicas del mundo a la teología cristiana, ocasionando con ello, una peculiar manera de generar, resguardar y transmitir el conocimiento de las estrellas.

2) Postura novedosa: los árabes

a. El califato

El califato, inicialmente liderado por los discípulos de Mahoma como una continuación del sistema religioso establecido por el profeta en el siglo VII, fue también un estado que implementó este tipo de sistema político.¹³⁸ Independientemente de las controversias que permanecen hasta la fecha respecto a

¹³⁸ El califato fue el sistema de gobierno musulmán que otorgaba el poder al sucesor de Mahoma.

sus sucesores, fueron los califas, sobre todo, los abasíes, quienes fomentaron un intenso trabajo de traducción durante los siglos VIII-X.¹³⁹ Entre los traductores más reconocidos se encuentran Hunain ibn Ishaq (808-873), al-Jawhari (m. 860), Yuhanna b. al-Batriq,¹⁴⁰ Ibn al Na'ima al-Himsi,¹⁴¹ Yuhanna ibn Bukhtishu,¹⁴² Qusta ibn-Luqa (820-912) o Thabit ibn-Qurra (826-901).

Un breve recorrido por algunos de los acontecimientos más relevantes de la historia del mundo islámico desde el siglo VIII al XVI ilustraría cómo el esfuerzo de transmisión de la ciencia, la filosofía griega y del pensamiento de Ptolomeo al mundo árabe fue un proceso muy complejo en el que las traducciones a su cargo durante el siglo VIII al X estuvieron a menudo influenciadas por disciplinas relacionadas con la lengua árabe y con la religión islámica a tal grado que, en el siglo XV-XVI, el campo que aquí interesa, la Astronomía -entendida como ciencia de las estrellas, según un término acuñado en el propio mundo árabe- alcanzó un desarrollo similar al obtenido en el mundo renacentista europeo.¹⁴³

Esta transmisión transcultural no se puede explicar sin aludir a las largas transformaciones que frecuentemente ocurren cuando los límites geográficos son cruzados. Hourani en *La historia de los árabes* detalladamente presenta el contexto político del mundo islámico que intentamos entender y que a grandes rasgos he esquematizado como sigue.

¹³⁹ En una nota del artículo de Ben- Zaken 2004, se aprecian referencias explícitas del interés árabe por la traducción de disciplinas prácticas. Para el caso de la relación entre medicina y astrología menciona al inglés Nicholas Culpeper, autor de *Semiotica Uranica: Astrological Judgement of Diseases* de 1671 (un libro principalmente de astrología y medicina), al físico y traductor de la corte abasí del siglo X, Yuhanna ibn Bukhtishu en trabajos como "lo que el físico debería saber acerca de astrología" o "libro de medicina astrológica"; o las investigaciones del físico alemán-suizo Theophrastus von Hohenheim (1493-1541) cuya doctrina médica estuvo basada en analogías entre el macrocosmos y el microcosmos en el que los órganos humanos fueron pensados como correspondiendo a cuerpos celestiales, por ejemplo, el corazón con el Sol.

¹⁴⁰ Se tiene conocimiento de su trabajo alrededor de la última década del siglo VIII y la primera del IX.

¹⁴¹ Los pocos datos respecto a su biografía lo ubican en el siglo IX.

¹⁴² Sus biógrafos lo sitúan en el siglo IX.

¹⁴³ George SALIBA 2011, p. VIII.

El mundo islámico durante el periodo que va del siglo VIII al X puede dividirse en tres grandes áreas con sus propios centros de poder:

a) Irán con Bagdad en su centro, era un fértil distrito agrícola con una amplia red comercial.

b) Egipto, Siria y Arabia occidental con el Cairo en el centro fue una amplia y fecunda región rural en el corazón de un sistema comercial que unía el océano Índico con el mar Mediterráneo.

c) El Zagreb y las regiones musulmanas de España como al-Ándalus con varios centros de poder, contemplaba extensos cultivos y un completo control del comercio entre África y zonas del Mediterráneo.

Para los siglos XI y XII estas mismas regiones se habían reorganizado como sigue:

a) La región oriental estaba gobernada por la dinastía turca de los selyucíes, partidaria del Islam sunní que se instaló en Bagdad en el 1055 bajo la soberanía de los Abasíes, y que se apoderaron de Irán, Irak y la mayor parte de Siria; de paso habían arrebatado Anatolia al emperador bizantino, (1038-1194).¹⁴⁴

b) Los fatimíes (rama ismailí de los chiíes) gobernaron Egipto hasta 1171 que fue cuando el líder kurdo Saladino (1169-1193) de rama sunní los reemplazó y fundó la dinastía de los Ayubíes gobernando, Egipto de 1169 a 1252, Siria hasta 1250, y parte de Arabia occidental hasta 1229.

c) El califato omeya de Córdoba dividido en pequeños reinos durante los primeros años del siglo XI que hizo posible la aparición sucesiva de dos dinastías en las regiones marroquíes: los almorávides de las franjas desiertas del sur de Marruecos y los almohades que se ubicaron en Marruecos, Argelia, Túnez y el sector musulmán de España (1130-1269).

¹⁴⁴ Aquí se emplea por primera vez el término "sultán" (poseedor de poder).

En los siglos XIII-XV se ven nuevamente transformaciones:

a) La región oriental fue derrotada por una dinastía mongola no musulmana (en principio, pero posteriormente convertida al Islam) dando fin al califato abasí de Bagdad en 1258.

b) Los ayubíes continuaron gobernando junto con los mamelucos por más de dos siglos (de 1250-1517) Egipto, Siria y las ciudades sagradas de Arabia occidental.

c) En la región occidental, la dinastía almohade dio lugar a estados sucesores como los mariníes en Marruecos (1196-1456) y a los tunecinos hafsíes (1228-1574).

Y para el siglo XVI la situación era la siguiente:

a) En el oriente, la dinastía turca otomana lograba extenderse hasta el sur de Europa, convirtiendo a Constantinopla en su capital con el nombre de Estambul.

b) Los otomanos derrotaron a los mamelucos e incorporaron a Siria, Egipto y Arabia occidental (1516-1517) a su imperio. Incluso llegaron a asumir la defensa y gobierno (hasta 1922) de la costa del Magreb contra España por lo que se convirtieron en sucesores de los hafsíes.

c) En la región occidental, como la península Ibérica estaba gobernada por los reyes cristianos de Portugal y España, el Magreb musulmán era amenazado. El aumento de la producción y el comercio de las ciudades europeas, las técnicas militares y navales, el empleo de la pólvora hizo caer a muchas dinastías: los mariníes fueron sucedidos primero por los sadíes (1511-1618), luego por los alauíes (que han gobernado desde 1631 hasta la fecha).

Como puede verse, la historia política de estas tres principales regiones posibilitó la creación de grandes dinastías: Bagdad y los abasíes; El Cairo y los

fatimíes, los fez y los idrisíes; Córdoba y los omeyas, y dio lugar al florecimiento de las ciudades más grandes del mundo del Islam. Pero también creó las condiciones para el intercambio de saberes, disciplinas y técnicas entre el mundo griego y el islámico. La traducción fue el primer momento en la tarea de “reconstrucción” científica o filosófica griega que los califas habían planeado para el mundo islámico.

Durante los siglos VIII-IX la empresa de traducción de los califatos, principalmente abasíes en Bagdad y Damasco, se centró en textos filosóficos y científicos griegos. El califa al-Mansur (m. 775) fue el primero en mandar traducir obras griegas de astronomía. El califa Harun al-Rasid (m. 808) se interesó en textos de medicina. Su sucesor al-Ma'mun (m. 833) potenció el movimiento de búsqueda de libros para su traducción.

El movimiento traductor¹⁴⁵ surgió como consecuencia de una serie de demandas sociales: el poder político necesitaba astrólogos que predijeran el futuro y permitieran a los gobernantes tomar las decisiones adecuadas; la administración del enorme imperio había dado lugar a la aparición de una nueva clase de funcionarios, a saber, los secretarios de la administración, cuya educación adecuada era objeto de la máxima atención por parte de los poderosos. Estos secretarios, además de recibir una formación literaria correcta, debían tener

¹⁴⁵ A grandes rasgos el movimiento traductor se puede resumir en dos grandes momentos históricos, el de los cristianos griegos orientales hasta los siglos VI-VII y el de las traducciones impulsadas por los califas musulmanes, principalmente, abasíes (siglos VIII-IX). Entre las obras traducidas a la lengua siríaca de carácter previo, datan por ejemplo, de principios del siglo V para los oficios litúrgicos, textos patrísticos y del Nuevo Testamento (las celebraciones que se realizaban en griego en Jerusalén requerían intercalar traducciones al siríaco para que los fieles entendieran), partes del *Organon* de Aristóteles, la *Isagoge* de Porfirio, fragmentos de los *Meteoros* de Teofrasto, la gramática de Dionisio Tracio y la *Geopónica* (Tratado de agricultura) de Casiano Baso. De finales de la antigüedad se rescata a Pitágoras, Euclides y Arquímedes. En la Edad Media, algunas obras de Platón (*Fedón*, *Menón*) y de Aristóteles (los *Meteoros*, *Ética Nicomaquea*, los *Problemata*, las *Categorías*, la *Poética* y, principalmente, las obras de medicina). En el siglo VIII, aparecen el *Almagesto*, las *Hipótesis planetarias* y las *Tablas* de Ptolomeo. En los siglos IX-XI, surgen las primeras críticas a los griegos clásicos: *Dudas sobre Galeno* (al-Razi), *Dudas sobre Ptolomeo* (Ibn al-Haytham), *Filosofía oriental* (Avicena). También aparecen en árabe, extractos de *Sobre las secciones cónicas* de Apolonio de Perge o la *Mecánica* de Filón de Bizancio. Para el siglo XIII, el conjunto de obras aristotélicas sobre "filosofía natural" gozaba de un ámbito amplio y estaba enriquecido con comentarios árabes, los *Elementos* de Euclides explicaban la geometría, la astronomía contemplaba el *Almagesto* y el *Tetrabiblos* de Ptolomeo, y la medicina, Avicena (inspirada en Galeno). Véase José MARTÍNEZ GÁZQUEZ 2005.

conocimientos serios en ciertas disciplinas científicas como la agrimensura, las técnicas de irrigación, la astrometeorología o el álgebra aplicada a la partición de herencias. Cuando, a fines del siglo X, terminó esta etapa, se habían traducido prácticamente todas las fuentes asequibles y existía ya un desarrollo científico importantísimo¹⁴⁶ que había dado lugar a la publicación de obras que estaban a la par de las que derivaban de la herencia griega.

Las necesidades del gobierno imperial, resultado de la rápida conquista árabe y la expansión del Islam, impulsaron a los califas, a otros mecenas y a la clase dirigente del califato a promover una política de formación de funcionarios competentes y eficaces que pudieran servir de apoyo al poder califal.¹⁴⁷ Su interés por el saber de “los escritos de los antiguos” y muy especialmente, por las obras de Ptolomeo, el *Almagesto*, las *Hipótesis planetarias* y las *Tablas*, los hizo embarcar en un gigantesco trabajo de traducción como la creación de la “Casa de la Sabiduría” en Bagdad, un centro para estudiosos al servicio de la política califal, o la fundación de los observatorios de Bagdad y Damasco (822-829).

De esta forma, se tradujeron muchos textos filosóficos y científicos griegos y se dejaron de lado obras que no aportaban a los intereses sociales o científicos del momento. Pero también se comentaban y corregían otros que, como los escritos griegos de la época clásica, transformaron los conocimientos recibidos con una actitud crítica y creadora, les incorporaron métodos de experimentación acordes con la razón griega que ayudaron a su progreso y desarrollo. Como menciona el profesor Saliba, las traducciones en campos como la astronomía no sólo permitieron preservar importantes textos de la tradición clásica, sino que también aportaron severas críticas, e hicieron correcciones y reevaluaciones que cambiaron fundamentalmente los parámetros astronómicos de la astronomía aristotélica. Esto llegó al grado de crear una ciencia de las estrellas sin los defectos cosmológicos de la ptolemaica pudiendo así dar cuenta de las observaciones tanto o mejor que la de Ptolomeo.¹⁴⁸

¹⁴⁶ Para el campo de la astronomía en este periodo, véase Bernard G. GOLDSTEIN 1986.

¹⁴⁷ Albert HOURANI 2008, p. 109.

¹⁴⁸ George SALIBA 2011, p. 133.

Entre los siglos IX y XI aparecieron las primeras críticas a los clásicos griegos. Al-Razi publica su obra *Dudas sobre Galeno*; Ibn al-Haytham (Alhacén) publica *Dudas sobre Ptolomeo* y Avicena da a conocer sus desacuerdos con Aristóteles en la *Filosofía oriental*. Con toda claridad, la ciencia árabe ya había alcanzado un nivel de madurez y se había convertido en la continuación activa y crítica de la ciencia clásica. En el campo de las matemáticas se había producido la aparición de una nueva aritmética decimal, de un álgebra desconocida por la tradición clásica, y de una geometría que fortalecía la que, en la antigüedad, cultivaron Euclides, Arquímedes y Apolonio. Se desarrollaron los métodos arquimedeos, así como procedimientos que eran claros predecesores del cálculo infinitesimal. En la segunda mitad del siglo XI, Umar Jayyam (1048-1131) introdujo una especie de geometría algebraica y sus desarrollos sentaron las bases para lo que mucho más tarde utilizarían matemáticos como Descartes (1596-1650)¹⁴⁹ y Fermat (1601-1652). En el campo de la óptica geométrica se produjeron avances espectaculares con la obra de Ibn al-Haytham (965-1040), pero no hay que olvidar autores anteriores de menos renombre, como Ibn Sahl, quien en la segunda mitad del siglo X estableció la existencia de una razón constante, que caracteriza a cada medio en relación con el aire, entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción. Esto implica que este autor fue, posiblemente, el descubridor de la ley de la refracción formulada, por Snell en 1621 o poco después (por Descartes).

Por otra parte, llama la atención el desarrollo de la trigonometría plana y la esférica. Frente a la única relación trigonométrica conocida en el mundo clásico, la que se recupera del cálculo de cuerdas, la matemática árabe comenzó a utilizar senos, cosenos, tangentes, cotangentes, secantes y cosecantes. Del mismo modo, Ptolomeo sólo conoció un teorema trigonométrico, el llamado "teorema de Menelao", que establece relaciones entre seis elementos (lados o ángulos) de dos

¹⁴⁹ En *Tesis sobre demostraciones de álgebra y comparación*, Jayyam desarrolla el primer procedimiento de solución de las ecuaciones cuadráticas y cúbicas a partir de las secciones cónicas, encontrándoles una raíz positiva logra demostrar que tienen al menos una segunda raíz. También reveló que no se podían hallar las raíces de las ecuaciones de tercer grado mediante regla y compás (750 años más tarde esta afirmación pudo ser demostrada). La teoría de las ecuaciones de tercer grado fue desarrollada hasta el siglo XVII por René Descartes. Véase K.V. MARDIA 2000.

triángulos esféricos. En cambio, a fines del siglo X y principios del XI, se produjo en territorio islámico una auténtica "revolución trigonométrica" que desarrolló toda una serie de teoremas (del seno, del coseno, de las tangentes, etc.) que son los mismos que utilizamos hoy y que permiten resolver cualquier triángulo esférico mediante relaciones (del tipo $a/b = c/d$) entre sólo cuatro elementos de un único triángulo esférico. Ésta era básicamente la trigonometría que conocieron tanto Copérnico como Kepler.¹⁵⁰

También se sabe que las traducciones al árabe plantearon problemas difíciles de analizar en relación a los criterios que deberían tomarse en cuenta para decidir qué textos se debían traducir, las causas concretas que motivaron su traducción, los medios con los que se contaba, el sistema para abordar la traducción, la adecuación al lenguaje por el vocabulario y la estructura misma de las lenguas. Sin embargo, el criterio de elección de los textos para traducir fue siempre el de disponer de los mejores tratados filosóficos y científicos de la tradición clásica. Los prólogos de Hunayn ben Ishaq explican en relación a Galeno –según Martínez Gázquez– el método para la búsqueda y colación de los manuscritos y los problemas que se afrontaron para conseguir ediciones fiables.¹⁵¹

En múltiples ocasiones las traducciones árabes fueron las que salvaron textos perdidos en su original griego, o fueron las únicas referencias a autores y obras de la antigüedad, como sucedió con una parte de *Sobre las secciones cónicas* de Apolonio de Pérgamo, la *Mecánica* de Filón de Bizancio, o algunas obras de Arquímedes y de Herón de Alejandría.

Como puede verse, al ser herederos de la ciencia y cultura griegas, los árabes fueron parte fundamental del paso de la cultura griega al Occidente latino. Baste recordar el trabajo de traducción que la escuela de Toledo en el siglo XII tuvo respecto a la tarea de traducción al latín de la ciencia árabe que se realizó durante los siglos X al XIII en la Península Ibérica y que se difundió por toda la

¹⁵⁰ Julio SAMSÓ MOYA 2008, p. 5.

¹⁵¹ José MARTÍNEZ GÁZQUEZ 2005, p.8.

Europa cristiana latina de la Baja Edad Media. En este periodo trabajaron personajes de la talla de Gerardo de Cremona, traductor de obras de casi todas las ciencias; Juan Hispano o Hispalense, autor y traductor de obras astronómico-astrológicas; o Domingo Gundisalvo, traductor de Avicena, de al-Farabi, de los comentarios a los *Analítica posteriora* y autor del importante tratado *De diuisione philosophiae*.¹⁵²

b. Tradiciones astronómicas árabes

La historia astronómica islámica que va del siglo IX hasta el siglo XVI se puede resumir en tres grandes tradiciones:

a) La de los escritores *Hay'a* que puede situarse desde mediados del siglo IX y que sirvió para designar a una tradición que se ocupaba de asuntos astronómicos diferentes a los de la tradición astronómica griega, como el reconocimiento o intento de solucionar diferencias entre los dos principales textos griegos astronómicos: el *Almagesto*¹⁵³ y las *Hipótesis Planetarias*.¹⁵⁴

b) La de los escritos *Zij* que tabulaban los parámetros que conducían a facilitar los cálculos de las posiciones planetarias pero que no eran intentos de probar los modelos matemáticos desarrollados por los escritores *Hay'a* como alternativas a los modelos ptolemaicos, ni eran modelos matemáticos construidos con resultados observacionales diferentes.

¹⁵² A este respecto, Charles BURNETT recoge en su libro del 2009, una selección de artículos sobre traductores medievales del sur de Italia, Antioquía y la Península Ibérica durante el siglo X al siglo XIII. En ellos ofrece aspectos poco conocidos de la gestación de dichas traducciones (del árabe al latín): autores, métodos, lugares, fechas, atribuciones y motivos que rodearon el fenómeno de las traducciones.

¹⁵³ Un texto en el que uno encuentra la relación entre los fenómenos observados y la construcción de modelos geométricos predictivos que explican el comportamiento de los planetas en todo momento.

¹⁵⁴ Un texto en el que se detallada las esferas celestes, de qué eran hechas y cómo se transmiten los movimientos de una esfera a otra. Todo en absoluta fascinación con la verdad Aristotélica del movimiento de los planetas.

c) La tradición *Shukuk* que intentaba definir los problemas de la astronomía griega y que en algún momento se redujo a aporías contra Ptolomeo (como hizo Alhazen y otros).

Ben Zaken sugiere que hubo una escuela, la *azyaj* de astronomía computacional, que fungió como una especie de primera fase encargada de comprobar la exactitud de los datos ptolemaicos para concebir, organizar y ejecutar nuevas series de observaciones y que la tradición *Hay'a* fue la segunda fase de ese proyecto al involucrar preguntas sobre la configuración planetaria. En su opinión, el énfasis que caracterizó a la tradición *Hay'a* fue concebir programas en la resolución de problemas –en principio–, de manera teórica más que empírica y buscar una reconciliación entre las hipótesis matemáticas ptolemaicas asumidas para sustentar pruebas observacionales con las teorías de la cosmología, de la física y de la filosofía natural.¹⁵⁵

Para los astrónomos árabes, la identificación de conflictos entre los textos ptolemaicos parece haber surgido de la noción conceptual de *esferas físicas* aristotélicas. Al aceptar el movimiento primario de la novena esfera (en términos aristotélicos, el motor inmóvil que ponía en movimiento a las demás esferas) y al concebir que estaba hecha de éter, un magno problema saltaba a la vista: ¿cómo es que una esfera física podía mover a otras esferas físicas por medio del éter sin participar de las propiedades físicas como, por ejemplo, la fricción?¹⁵⁶ Esta dificultad ptolemaico-aristotélica condujo a los árabes a concebir la constitución del mundo de dos maneras. Una, de cuerpos físicos reales que conservaban sus propiedades físicas. O dos, de conceptos matemáticos que no se aplicaban a este mundo particular que vemos. Para los árabes, Ptolomeo concibió al mundo de las dos maneras en sus textos, pero nunca concilió sus consecuencias.

¹⁵⁵ Avner BEN-ZAKEN 2004, p.21.

¹⁵⁶ Muhammad b. Musa en el siglo IX reflexionó sobre la novena esfera ptolemaica y se dio cuenta de que no podía existir, pues, ¿cómo iba a mover una esfera sin fricción a otra esfera sin fricción, si ambas giraban alrededor del mismo centro? El debate filosófico no se hizo esperar: los árabes se preguntaron ¿cuál es la naturaleza de las esferas? ¿en qué consistía el éter? ¿era posible que los astros tuvieran propiedades que contradecían la naturaleza que originalmente los definía?

En el siglo XI, el proyecto *Hay'á* intentó resolver el problema entre el modelo astronómico construido en el *Almagesto* que da cuenta del movimiento de los astros y de los objetos físicos, y su concordancia con aquellos modelos supuestos para representar sus movimientos recurriendo al camino del ecuante (como descripción matemática sin propiedades físicas) y evidenció que esta postura no contradecía a Aristóteles, pues el que las esferas posibilitaran el movimiento uniforme de los planetas que eran descritos en los modelos matemáticos por medio de esferas centradas en ecuanes, no significaba describir el mundo con todos los fenómenos observados, sino solo que representaban el movimiento de cuerpos celestes a través del uso de determinadas figuras geométricas.¹⁵⁷

Esta es la razón por la que, en opinión de los árabes, Ptolomeo no refutó la física aristotélica, sino solo representó el movimiento de las esferas con modelos matemáticos, violando con ello la definición de esfera física (se puede mover uniformemente en un eje que no pasa por el centro) pero no la de los principios físicos de la esfera (movimiento circular uniforme).

Las puntuales apreciaciones de Saliba lo dejan en claro: Ptolomeo ofreció en el Libro III, 3 del *Almagesto* dos modelos independientes para el movimiento del Sol, uno *excéntrico* y otro *epicíclico* y se dispuso a establecer su equivalencia matemática como antes lo había hecho Apolonio (262 a.C -190 a.C.). Con estos dos modelos, Ptolomeo ofreció dos alternativas para la violación de la astronomía aristotélica: uno, asumir que el centro del movimiento de la excéntrica no era la Tierra misma, sino otro punto más; y dos, pensar que había esferas con sus propios centros de movimiento, como los epiciclos, fuera del universo etéreo de Aristóteles.¹⁵⁸ Por razones bien conocidas de simplicidad que son detalladas en

¹⁵⁷ George SALIBA 2000, p. 333. A diferencia de la astronomía griega para la cual el problema consistía en que el ecuante violaba el movimiento uniforme de los planetas. Es decir, al aceptar la cosmología aristotélica, uno no podía aceptar la noción de ecuanes de la manera en que Ptolomeo decía, porque éste aceptaba la parte física y la descripción matemática al mismo tiempo en sus obras, comprometiendo con ello, la noción de fisicalidad de las esferas: la descripción del mundo real, con todos los fenómenos observados en él.

¹⁵⁸ *Ibíd.* pp. 330-5.

el *Almagesto*, Ptolomeo optó por la primera violación, es decir, por violar la cosmología aristotélica con el modelo de la excéntrica.

Dicho de otra forma, el problema se planteaba así: consideremos el movimiento del Sol. Si la Tierra ocupase el centro de la esfera celeste, entonces el Sol se movería por el cielo a una velocidad uniforme durante todo el año, porque no variaría la distancia que nos separaría del astro. Pero eso no es lo que ocurre: en los meses de primavera y verano, en el hemisferio norte, el Sol parece avanzar más lentamente de lo que lo hace durante el otoño y el invierno. (Sabemos ahora que la primavera y el verano son más largos que el otoño o el invierno porque la Tierra está más lejos del Sol durante esos meses, de modo que tarda más en viajar de un equinoccio al otro).

Así, ante el problema de explicar porqué unas estaciones duran más que otras, Ptolomeo ofrece a sus lectores elegir entre dos modelos. En su modelo excéntrico proponía que el centro de la Tierra no coincidía con el centro de la esfera que arrastraba al Sol en su curso anual. Puesto que el Sol orbitaba alrededor de la Tierra, parecía, en consecuencia, estar más lejos (y moverse más lentamente) durante parte del año. En su modelo epicíclico, supuso la existencia de una “esfera portadora”, (posteriormente llamada deferente), que era concéntrica con el centro de la Tierra; colocó el Sol en otra esfera, llamada epiciclo, a la que arrastraba la esfera deferente y cuyo radio era igual a la excentricidad del primer modelo. Como epiciclo y deferente se movían a la misma velocidad, aunque en sentido opuesto, el Sol, situado sobre la superficie del epiciclo, describía un círculo cuyo diámetro igualaba la diferencia entre la posición del Sol más cercana a la Tierra y la más lejana.

Ambos modelos permitían por igual explicar el curso aparente del Sol. Al elegir, Ptolomeo optó por el más simple y se inclinó por el modelo excéntrico; pues sólo requería una esfera. Lo que no dijo, sin embargo, es que ambos violaban la cosmología aristotélica. En el modelo excéntrico, la Tierra no era el centro de la “pesantez”, y eso contradecía la tesis aristotélica de una Tierra en el mismo centro

del universo. Por otro lado, en el modelo del epiciclo se admitía la existencia de una esfera epicíclica que tenía su propio centro de pesantez y que no se movía por sí misma, sino arrastrada por el movimiento de la esfera deferente. Todo esto entraba en conflicto con la simplicidad del éter y creaba un centro de pesantez a extramuros de la Tierra. Ptolomeo no se ocupaba de la justificación de tales violaciones y dejaba entender al lector que se trataba de transgresiones sin relevancia.

Este asunto generó mucho debate en los posteriores círculos astronómicos y filosóficos (como los andaluces) y engendró, al menos, una solución al problema. La más exitosa fue la ofrecida por Ibn al-Shatir (1304-1375) de Damasco. Al-Shatir al cuestionar la naturaleza del éter aristotélico (si el firmamento entero estaba hecho de éter –esferas, planetas, estrellas– ¿cómo se explicaba que las estrellas emitieran luz y no brillaran las esferas que las portaban?) concluyó que el éter no podía ser un único y simple elemento como se había admitido, sino uno compuesto. Si este éter compuesto se aceptaba en el firmamento, entonces los epiciclos también podían tolerarse, porque en su opinión, incluso el tamaño del mayor de los epiciclos no podía compararse con la estrella fija más insignificante. Al incluir los epiciclos, al-Shatir pudo construir modelos geocéntricos compatibles con la visión de la cosmología aristotélica, con las observaciones de Ptolomeo y de astrónomos posteriores.¹⁵⁹

La otra violación, la del modelo del epiciclo, fue considerada un pseudo problema, al que no debía dársele mucha seriedad, debido a que su argumento descansaba en el hecho de que Aristóteles no había distinguido entre el elemento éter del cual las esferas estaban supuestamente hechas (un éter que no emite luz) y el éter del que los planetas y las estrellas estaban compuestos (un éter que emite luz).

Por tanto, para los astrónomos árabes, dos modelos matemáticos como los propuestos por Ptolomeo para el movimiento del Sol y que representaban

¹⁵⁹ Esto es muy importante porque logró una teoría "unificada" compatible con los fenómenos observados.

diferentes puntos de vista cosmológicos no tenían porqué necesariamente surtir algún efecto en la elaboración de las tablas solares o *Tablas prácticas*.¹⁶⁰ De la misma manera, cualquier configuración *Hay'a* no necesariamente habría de tener implicaciones en escritos *Zij* u otros. Pues como ya he mencionado, para los astrónomos árabes, el problema por resolver era que los modelos dieran cuenta de las observaciones y a su vez, fueran consistentes con los principios del movimiento circular y uniforme. Incluso llegaron a existir autores *Hay'a* tan osados como Sham al-Din al-Khafri (m. 1550), para quien un modelo matemático no tenía verdad física por sí mismo, sino era un lenguaje con el que se podía describir la realidad física observada. O bien, que no había una sola solución matemática para fenómenos físicos descritos por modelos como los ptolemaicos.¹⁶¹

O como afirma Kragh en su *Conceptions of Cosmos*:

Los astrónomos islámicos vieron el *Almagesto* de Ptolomeo bajo una luz diferente y más crítica que sus colegas europeos. Ibn al-Haytam, quien en una Europa cristiana fue conocido como Alhazen, criticó por el año 1000 el sistema ptolemaico por ser una abstracción geométrica sin realidad física, tal y como 500 años después Copérnico le objetaría a Ptolomeo el haber usado el ecuante.

El influyente filósofo Averroes o Muhammad ibn Rushd, más tarde argumentó que aunque la teoría del deferente-epiciclo debería salvar los fenómenos, era insatisfactoria. Él también deseaba tener un sistema del mundo válido en sentido físico y no sólo en el sentido matemático. En un comentario sobre Aristóteles escribió: el astrónomo, debería por tanto construir un sistema astronómico tal que los movimientos celestes sean producidos por él y que desde el punto de vista de la física nada imposible estuviera implícito [...] Ptolomeo fue incapaz de ver la astronomía [sustentada] sobre

¹⁶⁰ Traducción de *Handy Tables*. Tablas cuyos cálculos señalaban las posiciones de los planetas.

¹⁶¹ George SALIBA 2000, p. 339.

verdaderos fundamentos [...] el epiciclo y la excéntrica son imposibles.¹⁶²

Como puede observarse, para el siglo XV los problemas en la ciencia de las estrellas se podían enumerar de muchas maneras en opinión de los árabes. En Ptolomeo a) había un posible universo astronómico compuesto completamente de esferas aristotélicas descritas tal cual aparece en las *Hipótesis Planetarias*; b) había un universo formado por las mismas esferas y representado en un modelo matemático como en el *Almagesto*; c) también era posible un mundo que estaba constantemente sujeto al movimiento de las esferas celestiales que gobernaban el cambio en el mundo sublunar como en el *Tetrabiblos*¹⁶³ y, de igual manera, d) se podía concebir un mundo con un comportamiento tabulado como el que se describía en las Tablas Prácticas.

Todos estos problemas respecto a la naturaleza, la descripción del movimiento de los cuerpos celestes así como sus soluciones eran más que conocidos por los astrónomos árabes y los que trabajaban en las universidades europeas de Cracovia, Bolonia o Padua como bien informan Otto Neurebauer o Noel Swerdlow cuando exploran las rutas de transmisión del conocimiento árabe al mundo europeo: las ruta bizantinas, los reportes verbales de arabistas del Renacimiento como Andreas Alpago (m. 1522) y Guillermo Postel (m. 1581), los instrumentos astronómicos como el astrolabio híbrido europeo o la trayectoria de autores como Leo el Africano (1488-1554), de quienes en el siguiente apartado podremos hablar con más detalle. Por el momento no debe perderse de vista la importancia del califato en la reconstrucción del saber antiguo y el papel que

¹⁶² Helge S. KRAGH 2007, p. 40. "Islamic astronomers saw Ptolemy's *Almagest* in a different and more critical light than did their European colleagues. Ibn al-Haytam, who in Christian Europe was known as Alhazen, criticized the Ptolemaic system in about 1000 for being abstract geometry with no physical reality behind it. As Copernicus would do 500 years later, he objected to Ptolemy's use of the equant. The influential philosopher Averroes, or Muhammad ibn Rushd, later argued that although the deferent-epicycle theory might save the phenomena it was unsatisfactory. He, too, wanted a world system that made physical and not only mathematical sense. In a commentary on Aristotle, he wrote: 'The astronomer must, therefore, construct an astronomical system such that the celestial motions are yielded by it and that nothing that is from the standpoint of physics impossible is implied [...] Ptolemy was unable to see astronomy on its true foundations [. . .] The epicycle and the eccentric are impossible.' [La traducción es mía].

¹⁶³ George SALIBA 2011, p.134.

jugaron las traducciones en el desarrollo y florecimiento del conocimiento científico islámico.

c. La relación de Copérnico con la ciencia islámica en el Renacimiento europeo

En el siglo XX se llevó a cabo un incremento de apuntes históricos que señalaron conexiones más precisas entre Copérnico y la astronomía islámica. Los trabajos de J. L. E. Dreyer¹⁶⁴ y E. S. Kennedy¹⁶⁵ por ejemplo, resultaron de una enorme riqueza en la medida en que focalizaron su atención en las herramientas matemáticas que los árabes emplearon en el naciente mundo renacentista (el “Ṭūsī couple”, el modelo lunar de Ṭusi o el “‘Urḍī lemma”).¹⁶⁶

No obstante, hubo otras autoridades que se dedicaron a investigar si el polaco efectivamente conocía la astronomía árabe y bajo qué rutas pudieron haberse transmitido esos conocimientos. Noel Swerdlow¹⁶⁷ y Otto Neugebauer¹⁶⁸ se encargaron de trazar la trayectoria de dicha transmisión entre el mundo islámico y Europa, en particular entre oriente y las universidades italianas y polacas.¹⁶⁹ un caso digno de mención es el relacionado con los manuscritos del astrónomo Ṭusi encontrados en el Vaticano y que dio la pauta para admitir que fue

¹⁶⁴ J. L. E. DREYER 1953.

¹⁶⁵ Edward Stewart KENNEDY 1976, 1985.

¹⁶⁶ En el siglo XIII, bajo la guía de Nasir al-Din Ṭusi, Mu’ayyad al-Din al-’Urḍī, uno de los más distinguidos astrónomos sirios, desarrolló el que parece ser fue el primer modelo árabe no-ptolemaico del movimiento planetario y el *Urḍī lemma* que fue usado en el modelo geocéntrico de Ibn al-Shatir en el siglo XIV y posteriormente, en el modelo heliocéntrico de Copérnico en el siglo XVI. El "Urḍī lemma" fue una extensión del teorema de Apolonio que seguía un ecuante en un modelo astronómico para ser reemplazado con un epiciclo equivalente que se movía alrededor de un deferente a la mitad de distancia del punto ecuante. Véase ROSHDI 1996; DREYER 1953; SWERDLOW 1984.

¹⁶⁷ Noel SWERDLOW 1996.

¹⁶⁸ Otto NEUGEBAUER 1983.

¹⁶⁹ Robert WESTMAN 2013, p.115.

del conocimiento de estudiosos de la misma época de Copérnico como Giovanni Battista Amico (1511-1538) y Girolamo Fracastoro (1478-1553).¹⁷⁰

Willy Hartner por su parte ha expuesto que la deuda de Copérnico con el mundo astronómico árabe incluía el empleo de las mismas letras del modelo de Ibn al-Shatir.¹⁷¹ En la misma línea, el reconocido profesor de Harvard Richard L. Kremer¹⁷² ha explorado la conexión a partir de la semejanza en la elaboración de modelos no ptolemaicos de Peurbach y la astronomía de Maragha con gratas y satisfactorias sorpresas.

Ragep¹⁷³ llamó la atención a propósito del trabajo de I. N. Veselovsky y Mario di Bono¹⁷⁴ de considerar a los astrónomos de Padua como posible fuente de inspiración de Copérnico. En su opinión, la posible deuda copernicana con la astronomía islámica estaba más acorde con la tradición *Hay'a* de Ibn al-Haytham (Alhazen, muerto después de 1041), Tusi, Urdi, Shirazi, Ibn al-Shatir y otros, que con la astronomía homocéntrica de la que participaban los astrónomos de Padua, cuya inspiración había sido la “revuelta andaluza” del siglo XII fomentada por figuras como Ibn al-Bajja (1080-1139), Ibn Tufayl (1105-1185), Ibn Rush (Averroes 1126-1198) e Ibn al-Bitruji (m. 1204).

Para Ragep, fue un hecho evidente que la insatisfacción por el modelo ptolemaico fue de diferente corte en Europa y en el mundo oriental. Existía en la astronomía islámica una larga tradición crítica (de por lo menos cinco siglos, los que van del XI al XVI) del modelo ptolemaico y de la utilización de variados modelos matemáticos como alternativas de solución que no tuvo precedentes en Europa. Tampoco hubo entre los paduanos, filósofos naturales o astrónomos europeos anteriores a Copérnico una crítica al ecuante o a otros dispositivos ptolemaicos que condujeran a la violación del movimiento circular y uniforme. En su opinión, hay una clara distinción entre lo que es una crítica general de los

¹⁷⁰ Noel SWERDLOW 1984, pp.41-54.

¹⁷¹ Willy HARTNER 1973, p. 421 y 422.

¹⁷² Richard L. KREMER, 1996.

¹⁷³ F. Jamil RAGEP 2004 y 2010.

¹⁷⁴ Mario DI BONO 1995.

excéntricos y epiciclos de Ptolomeo (la defensa de la astronomía homocéntrica por parte de los astrónomos de Padua caracterizada por su posición extrema contra los epiciclos de Ptolomeo y excéntricos) y una tradición crítica de los movimientos irregulares de Ptolomeo iniciada por Ibn al-Haytham (donde los epiciclos y excéntricos tienen un papel destacado y en cuya tradición se incluye a Copérnico).¹⁷⁵

Una contribución del siglo XVII pero que presta interés al vínculo entre especialistas islámicos y el sistema copernicano es el del investigador turco Ekmeleddin Ihsanoglu (1943-?) titulado "Introduction of Western Science to the Ottoman World: a Case Study of Modern Astronomy (1660-1680)" en *Transfer of Modern Science and Technology of the Muslim World* publicado en Estambul en el año 1992. Se trataba del hallazgo de un manuscrito turco-otomano que contenía la primera referencia escrita al sistema copernicano en 1637 por el cosmógrafo del cardenal Richelieu, Noël Duret (*Novae motuum caelestium ephemerides Richelianne*)¹⁷⁶ y cuya traducción al árabe se debió a Ibràhîm Efendi al-Zigetvari Tezkireci. Ben-Zaken en su afán por sugerir nuevas direcciones para la historia cultural de la filosofía natural en el mundo islámico, utilizó la hipótesis sobre la identidad de Ibrahim Efendi, para sugerir una manera de entender la lectura de la astronomía postcopernicana. En su opinión, la mirada de Ihsanoglu sobre el desarrollo de técnicas matemáticas y modelos astronómicos muestra la interacción de conocimiento científico entre Europa y el mundo islámico.

Existen otro tipo de estudios a cargo de especialistas como Saliba,¹⁷⁷ Swerdlow¹⁷⁸ o Sabra¹⁷⁹, para quienes el complejo contexto de las fuerzas políticas, económicas y sociales de la civilización islámica que va del siglo VII al siglo XV jugó un papel importantísimo para alcanzar los objetivos astronómicos árabes, a

¹⁷⁵ F. Jamil RAGEP 2004, pp. 135-137.

¹⁷⁶ En esta obra se encuentra una colección de asuntos sobre astrología y tablas astronómicas para diferentes longitudes, que incluyen a Estambul; una discusión sobre el concepto de infinitud y astrología médica. Así mismo, Tycho y Kepler son las figuras clave de su análisis. Sin embargo, Copérnico aparece como el que usa nuevas técnicas entre ellas, el heliocentrismo.

¹⁷⁷ George SALIBA 1994, 2001 y 2011.

¹⁷⁸ Noel SWERDLOW 1984.

¹⁷⁹ A. I. SABRA 1994.

saber, la preservación de los textos de la tradición mediante una actitud crítica en la corrección o reevaluación de la literatura astronómica a fin de evitar los defectos cosmológicos ptolemaicos.

Por eso, las observaciones de Sabra no pierden de vista que la posición de los gobernantes estuvo directamente vinculada con la aceptación o rechazo de determinados textos científicos. En su opinión, las reformas de Abd al-Malik fueron una muestra de cómo es que ciertos textos debían ser traducidos a la lengua árabe según ciertas direcciones e impidiendo que tomaran otras.¹⁸⁰

Esta rica labor, que se constata con datos puntuales, han sugerido la idea de que independientemente de las controversias y discusiones a las que da lugar dicha conexión¹⁸¹ hay razones plausibles para admitir cierta influencia del mundo islámico sobre el Renacimiento europeo y nexos de coincidencia entre el pensamiento copernicano y el mundo astronómico árabe.

Yendo a lo específico, una de esas coincidencias entre los textos astronómicos islámicos y los del astrónomo polaco fue la que presentó Edward Steward Kennedy en *Isis* en 1966 en relación al empleo del “Tusi’s couple”. Este investigador narró cómo fue que cuando trabajaba sobre aspectos de la astronomía matemática de Copérnico accidentalmente dio con un texto que contenía la astronomía teórica del astrónomo damasceno Ibn al-Shatir, el *Niyahat al-sul fi tashih al-usul* (Investigación final sobre la corrección de los principios astronómicos, de 1375) y que al percatarse de que el modelo lunar de al-Shatir era idéntico al empleado por Copérnico las discusiones a este respecto entre él (por entonces, profesor de matemáticas en la Universidad Americana de Beirut) y Neugebauer no se hicieron esperar, y dieron como resultado la publicación de un primer artículo en *Isis* a cargo de Victor Roberts (un alumno de Kennedy) “The Solar and Lunar Theory of Ibn al-Shatir: A pre-Copernican Copernican model”. Un descubrimiento de semejante calibre llamó muchísimo la atención y abrió la

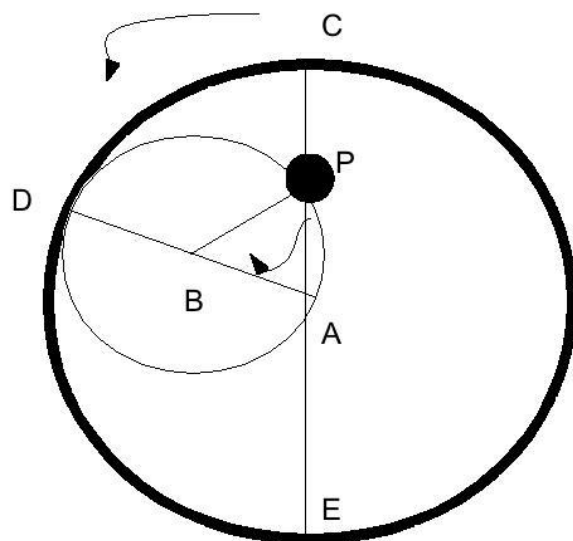
¹⁸⁰ *Ibidem*, p. 301.

¹⁸¹ Tales como ¿Copérnico sabía o no árabe? ¿conoció directamente los textos astronómicos árabes y sus contenidos? ¿cuáles han sido las rutas de influencia?

puerta a la investigación de similitudes entre los científicos renacentistas y los científicos del mundo islámico y condujo a Neugebauer a revisar otros trabajos como el *Tadhkira fi ilm al-haya* de Nasir al-Din al-Tusi en la traducción francesa de Bernard Carra de Vaux de 1893 *Les spheres célestes selon Nasir-Eddin Attusi*, y el *Tahrir al-majisti* (Redacción del *Almagesto*).

Gracias a Neugebauer ahora sabemos que el teorema conocido como “Tusi’s couple” fue en principio formulado como respuesta a los errores en el cálculo de la teoría de la latitud ptolemaica de los planetas según la teoría ptolemaica, y que su importancia radicaba en la solución general al problema de la generación de un movimiento en línea recta a partir de la combinación de movimientos circulares. Su expresión quedaba en términos del movimiento de dos esferas usualmente llamadas en la literatura astronómica árabe “la grande” y “la pequeña”, y estipulaba que si se toman dos esferas, una de ellas del doble del tamaño de la otra, y se colocan de tal manera que la esfera pequeña quede contenida en la esfera grande y sea tangente en un punto interior de ésta, y si se permite que la esfera grande se mueva en el sitio a cualquier velocidad angular, y que la esfera pequeña también se mueva en el mismo sitio, pero en la dirección opuesta, al doble de velocidad angular, entonces el punto original de tangencia en la circunferencia de la esfera pequeña oscilará hacia atrás y adelante a lo largo del diámetro de la esfera grande.¹⁸²

Para lo que aquí importa, el teorema de Tusi afirmaba que el movimiento lineal podría derivarse del movimiento circular uniforme y viceversa, lo que implicaba una nueva



Tusi's couple

¹⁸² Para tener una idea ejemplificada véase la animación presente en [The Tusi couple](#).

formulación de la explicación general aristotélica del movimiento celeste y sublunar. En decir, si consideramos el *Tusi's couple* (véase la figura de arriba),¹⁸³ en el cual el radio del círculo menor PDA es la mitad del radio mayor CDE, mientras que su velocidad angular es el doble y en sentido contrario que la del mayor. Entonces, en esas condiciones, P oscilará por el diámetro CE y se establecerá un movimiento vertical rectilíneo del punto P a lo largo del diámetro CE.

Además, si sobre él, se monta un par de círculos Tusi en lugar del deferente y el ecuante de Ptolomeo, entonces el resultado es equivalente al modelo ptolemaico, ambos generan las mismas posiciones, aunque con la ventaja de que cada movimiento es uniforme en torno a su centro, por lo que los círculos pueden aspirar a ser una representación real de las esferas físicas existentes en el cielo y no meros expedientes geométricos que maquillaban el hecho de que los movimientos supuestos no eran en realidad simples (dificultad resultante del epiciclo sobre deferente), circulares y uniformes (dificultad resultante del ecuante) en torno a un centro, como correspondían en esa época al mundo celeste, una herencia aristotélica inamovible.

Con este mecanismo (*Tusi's couple*), Tusi pudo advertir que si un círculo giraba dentro de una circunferencia de otro círculo dos veces mayor, entonces cualquier punto del círculo interior se movería a adelante y atrás a lo largo de una línea recta, y que variando los parámetros de su modelo se podía dar cuenta de los movimientos de todos los astros.¹⁸⁴

En 1260-61 después de establecer las justificaciones matemáticas formales para este teorema, Tusi lo usó en el modelo lunar y en el modelo para los planetas exteriores, y desde entonces fue algo con el que estuvieron muy

¹⁸³ La imagen se puede consultar en [Tusi's couple](#).

¹⁸⁴ Por ejemplo si los ejes que pasan por A y B son paralelos, y CDE y DPA son ecuadores de esferas, P oscilará rectilíneamente, tal como ocurre en los modelos planetarios y en el modelo lunar para la longitud. Pero si los ejes convergen según condiciones especificadas, P oscilaría por un arco de círculo máximo, que se utiliza para la latitud.

familiarizados los astrónomos islámicos. Pero en el siglo XVI, cuando Copérnico necesitaba utilizar un mecanismo que permitiera generar movimiento lineal a partir de movimientos circulares o de la combinación de estos en su *De revolutionibus* (III,4), se cree que ya lo conocía y que simplemente lo empleó. La observación de Saliba a este respecto sugiere algo muy interesante, dado que encuentra una diferencia sustancial entre el modelo de Tusi y el de Copérnico. Desde su perspectiva, Tusi supo que estaba introduciendo un nuevo teorema en 1247-9, y de nueva cuenta en 1260-1 sabía que nunca antes se había usado, ni creado en Grecia, y lo dijo. Por su parte, Copérnico silenciosamente describió el teorema, exhibió las pruebas matemáticas sin mencionar que lo había inventado o creado por sí mismo, y tampoco dio referencias de haberlo visto antes. Lo único que hizo fue mencionar vagas noticias de Proclo, refiriéndose a su comentario al primer Libro de Euclides, donde sugería que se podían obtener movimientos lineales a partir de movimientos circulares. Obviamente –continúa Saliba–, Proclo estaba hablando de líneas curvas y líneas rectas que son producidas una a partir de la otra y no de un movimiento oscilatorio resultante de movimientos circulares como los requeridos por Tusi o por Copérnico.¹⁸⁵

La perspectiva abierta por Neugebauer sobre el teorema de Tusi llevó a otros estudiosos, como Willy Hartner (1905-1981), a descubrimientos aún más precisos.¹⁸⁶ En 1973 Hartner descubrió a) que en la prueba del teorema de Tusi, Copérnico empleó letras alfabéticas semejantes a las que empleó el astrónomo árabe para los puntos geométricos esenciales de su prueba y, b) que Copérnico supo de Tusi mientras estuvo en Italia. En opinión del profesor Hartner –y dejando al margen la discusión en torno a si leía o no árabe, o a si el teorema había sido o no traducido al latín–, Copérnico durante su estancia en Italia se vinculó con quien pudo haberle explicado el teorema mientras él tomaba notas.¹⁸⁷ Notas que después usaría en la redacción del *De revolutionibus*.¹⁸⁸

¹⁸⁵ George SALIBA 2011, p. 199.

¹⁸⁶ Por ejemplo, su artículo del año de 1973 titulado “ Copernicus, the Man, the Work, and its History”.

¹⁸⁷ George SALIBA 2011. p.199.

¹⁸⁸ Conviene tener presente el contenido del libro. *De revolutionibus orbium coelestium* de Copérnico y al hecho de que está dividido en seis “libros”. En el Libro I, los capítulos del 1 al 11

Otro rasgo de conexión entre el mundo astronómico islámico y Copérnico, Swerdlow lo puntualizó con la problemática del modelo de Mercurio. Cuando este analista estudiaba el *Commentariolus*¹⁸⁹ se dio cuenta de la interdependencia entre los trabajos de Urdi, Tusi, e Ibn al-Shatir, y esto lo llevó a concluir que hubo una transmisión de ideas astronómicas desde el mundo del Islam hasta el Renacimiento europeo.¹⁹⁰ Para entender de qué trata esta interconexión entre arabistas y Copérnico a continuación se detallan algunas de sus contribuciones más importantes.

Mu'ayyad al Dín al-'Urdí (m. 1266) fue un colega de Tusi y distinguido ingeniero y astrónomo de su tiempo que logró un reconocimiento tal que condujo a Tusi a encomendarle la construcción de instrumentos observacionales para el famoso observatorio de Maragha.¹⁹¹ La fama de Urdi estuvo basada en uno de sus trabajos, el *Kitab al-hay'á (Libro de astronomía)* que abordaba uno de los más importantes problemas de su tiempo: la inadmisión de la esfera ecuante. La propuesta de Urdi consistió en postular un nuevo y simple Lema¹⁹² que le permitía reconstruir el modelo ptolemaico para los planetas superiores agregando nuevas esferas y epiciclos. Es decir, en su modelo (ptolemaico) evitaba el uso del ecuante si suponía que, todas las esferas se movían uniformemente en su lugar alrededor del eje que pasaba a través de sus centros.

son en general una visión de la teoría heliocéntrica y una exposición resumida de su cosmología. Se trata el orden y la forma de los orbes celestes, así como de sus movimientos circulares que duran para siempre. Explica por qué la Tierra tiene un movimiento de rotación además del de traslación y cómo es que no se aplican las objeciones de los antiguos. Además, el polaco revela cuál es el orden y la periodicidad del movimiento de los planetas alrededor del Sol. En los capítulos que van del 12 al 14 hay teoremas para una geometría de cuerdas, así como una tabla de cuerdas. En el Libro II se describen los principios de la astronomía esférica como una base para los argumentos desarrollados en los próximos libros y se despliega un catálogo comprensivo de estrellas fijas. El Libro III se ocupa de la precesión de los equinoccios y trata los movimientos aparentes del Sol y algunos fenómenos relacionados. El Libro IV describe a la Luna y a sus movimientos orbitales. En el Libro V se explica cómo calcular las posiciones de las estrellas basándose en el modelo heliocéntrico y se ofrecen tablas para los cinco planetas. El Libro VI aborda el asunto de las disgresiones de latitud de los cinco planetas en relación a la eclíptica. Las herramientas matemáticas que se encuentran en su interior son elementos de trigonometría y de geometría euclideana.

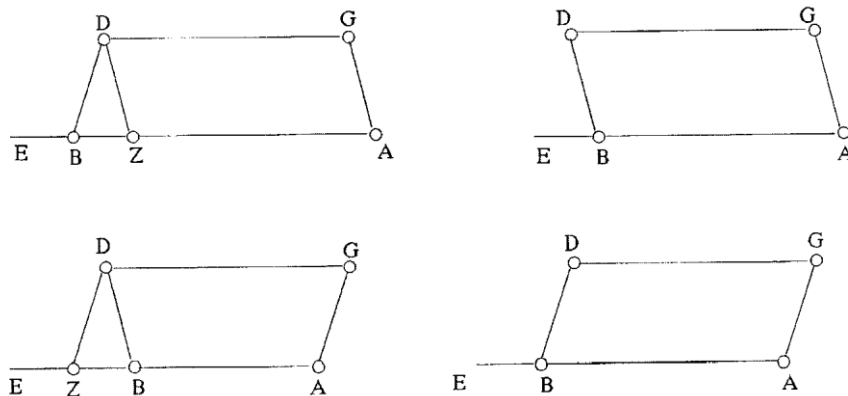
¹⁸⁹ La evidencia no es concluyente, pero se piensa que es posible que haya estado redactado para 1514.

¹⁹⁰ *Ibidem.* p. 209.

¹⁹¹ Establecido en 1259 en la ciudad de Maragha al norte de la actual Irán.

¹⁹² Véase la imagen en la siguiente página.

El Lema de Urdi en su propio modelo (para los planetas superiores) funcionó de manera similar a como lo hizo el teorema de Apolonio en el modelo solar de Ptolomeo. En el modelo solar de Ptolomeo, el teorema de Apolonio permitió a Ptolomeo equiparar los modelos excéntrico y epicíclico y, reemplazar uno con el otro. En el teorema de Apolonio, el radio del epiciclo era igual a la excentricidad del modelo solar y el epiciclo mismo se movía a la misma velocidad que la esfera concéntrica, pero en la dirección opuesta, permitiendo que los ángulos externos permanecieran iguales. En el Lema de Urdi, el epiciclo adicional que se agregó al modelo ptolemaico, tenía un radio que era igual a la mitad de la excentricidad de los planetas superiores y el movimiento del epiciclo estaba en la misma dirección que el de deferente y a la misma velocidad, lo que requería que los ángulos internos fueran iguales para que las líneas paralelas se alcanzaran. Esto le requirió a Urdi enunciar explícitamente el teorema en el que se manifestaran tales propiedades. Desde el punto de vista de una estructura matemática, con el uso de un pequeño epiciclo, el Lema permitía la transferencia de la mitad de la excentricidad de la línea de los ápsides a la circunferencia de toda la excentricidad, al radio epicíclico en la circunferencia de los deferentes.¹⁹³ Se trataba de epiciclos compensando la excentricidad y de permitir la transferencia de un modelo matemático a otro.



Lema de Urdi.

La imagen tomada de Saliba 2011, p. 203, representa los cuatro casos de posibles ecuaciones entre ángulos internos y externos del Lema de Urdi.

El Lema estipulaba que para cualesquiera dos líneas AG y BD, que tienen igual longitud y forman ángulos iguales con la línea AB, ya sean internos o externos, entonces la línea DG es paralela a AB.

¹⁹³ George SALIBA 2011, pp. 202-203.

Ibn al-Shátir (1304-1375) fue otro astrónomo árabe que se encargó de liberar a los modelos astronómicos de la, a menudo incómoda, multiplicidad de formas y figuras; fue quien unificó todos los modelos planetarios con un formato geocéntrico que podía ser fácilmente aplicado a un planeta y que con un énfasis en los requerimientos cosmológicos aristotélicos abolió las excéntricas. La consecuencia indirecta de sus modelos unificados produjeron un desarrollo “singular” que hizo mudar hacia modelos heliocéntricos dejando de lado poco a poco, la reinante cosmología aristotélica. Saliba sugiere que para Copérnico el modelo de Ibn al-Shatir pudo haberle sugerido fijar el Sol y permitir que la Tierra y los otros planetas giraran a su alrededor.¹⁹⁴ Al dar cuenta de la cosmología geocéntrica usando la equivalencia del teorema de Apolonio para cambiar la excéntrica por epiciclos y, al agregar al epiciclo de Apolonio un epiciclo más (el de Urdi) para describir el movimiento alrededor del ecuante, al-Shatir pudo haber sugerido a Copérnico no emplear el ecuante ni la excéntrica, sino colocar al Sol en su lugar y hacer girar a la Tierra y a los planetas alrededor. Es decir, Copérnico pudo haber adaptado el sistema geocéntrico de Ibn al-Shatir pero trasladado a uno heliocéntrico.

Otros autores árabes menores fueron Qutb al-Dín al-Shírází (m. 1311), que en principio fue un estudiante de Tusi y, posteriormente, miembro también del grupo de Marágha. Fue probablemente el primero en usar el Lema de Urdi en un contexto distinto del que fue concebido. Se sabe que lo usó en un modelo lunar y después lo incorporó a un modelo para los planetas superiores que tomó de Urdi.¹⁹⁵ Ala al-Din al-Qushji (m. 1474)¹⁹⁶ y Shams al-Din al-Khafri (m. 1550) fueron dos notables figuras que mostraron estar en posesión de herramientas como el del dominio más general del teorema de Apolonio y el de Urdi para la transposición de excentricidades a circunferencias deferentes y para permitir la transposición de puntos de referencia para movimientos uniformes (como el

¹⁹⁴ *Ibidem.* pp.193-194.

¹⁹⁵ Su intención era resolver los movimientos irregulares que resultaban del empleo del ecuante ptolemaico para los planetas Mercurio y hacer del centro del universo un punto de referencia del movimiento para la órbita excéntrica de la Luna. Todo, respetando los principios físicos del movimiento de los cielos: ser uniforme y circular.

¹⁹⁶ Para ahondar sobre la rotación de la Tierra de al-Qūshjī, véase F. Jamil RAGEP 2001.

movimiento del ecuante o algún otro centro del movimiento requerido para las observaciones).

Otro tipo de razones a las que se puede remitir para evidenciar la conexión entre el Renacimiento europeo y el mundo del Islam tiene que ver con lo que se suele denominar la problemática de la transmisión o de rutas de contacto entre los árabes y Copérnico. Si bien no hay evidencia de que Copérnico sabía árabe, ni de que alguno de los trabajos de Urdi, Tusi o Ibn al-Shatir pudieran haber sido conocidos por Copérnico, ni que éstos estuvieran traducidos al latín por alguna temprana fuente árabe, es de conocimiento general que los eruditos árabes asumieron cierta ruptura con el universo aristotélico. Es decir, sabemos que para ellos el universo aristotélico también estuvo dividido de acuerdo al movimiento natural de sus elementos en dos grandes regiones, la región celeste que contemplaba propiamente el natural movimiento circular del éter, del cual el mundo celeste estaba hecho, y la región sublunar donde predominó el movimiento lineal. Pero con el acoplamiento de Tusi era evidente que el movimiento circular podía producir movimiento lineal y viceversa, lo que significaba el colapso de la división aristotélica.¹⁹⁷

También existe la opinión de que por la traducción a algún idioma que Copérnico conociera (griego o latín) el polaco pudo haber tenido acceso a los astrónomos islámicos. De acuerdo con Neugebauer, el latín no era la única opción de traducción para los textos árabes, existía la posibilidad de que algún texto islámico pudiera haber sido traducido al griego y, en consecuencia, que Copérnico pudiera haberlo conocido. Sabemos por Saliba que Neugebauer estuvo convencido en admitir un contacto entre Copérnico y el material árabe. Al respecto, Saliba afirma en *Studies in Byzantine Astronomical terminology* que Neugebauer menciona un manuscrito griego-bizantino conocido como Gr.211, y que actualmente está resguardado en la Biblioteca Vaticana, cuya importancia recae en el hecho de que es la versión griega del trabajo sobre el acoplamiento de Tusi, y a su vez resalta las similitudes (refiriéndose al empleo de las “mismas”

¹⁹⁷ George SALIBA 2011, p. 213.

letras o signos que sirvieron para designar los puntos geométricos en ambos trabajos) entre las ruedas de Tusi y el trabajo latino de Copérnico.¹⁹⁸

Otra de las cosas que señala Saliba es que el manuscrito conocido como Arabo 319 deja otra huella del legado árabe a Copérnico. Se trata de un trabajo albergado también en la Biblioteca Vaticana como parte del legado del francés Guillaume Postel (1510-1581), un contemporáneo joven de Copérnico. Este manuscrito fue copia del *Tadhkira* de Tusi y es relevante porque contiene un capítulo que incluye la prueba del acoplamiento de Tusi.¹⁹⁹ Aunque posee el extraño título de *Epitome Almagesti*, las anotaciones en latín que contiene fueron realizadas por el mismo Postel, lo que muestra su habilidad para leer textos astronómicos altamente técnicos de Tusi, y quizá hasta el hecho de haberlos podido comentar. Pero en términos generales, la existencia de este manuscrito apunta a que hubo hombres del Renacimiento que sabían árabe y que conocían el contenido de algunos textos científico-técnicos del Islam.

Saliba agrega aun más, al señalar que en la colección de la Biblioteca Nacional de París existe otro texto que revela cosas también interesantes. Un escrito completamente dedicado a la astronomía matemática a cargo de Muhammad Abd al-Jabbar al-Kharaqi (1138/9), titulado *Muntaha al-idrak fi taqasim al-aflak* (*La comprensión total de la división de esferas*), que sugiere, por las marcas “*ex libris guilielmi postelli*” y “*G. postellus Constantinopoli 1536*”, que Postel parece haber sido también su propietario y que quizá su compra se llevó a cabo en Constantinopla en el año de 1536, cuando culminó la misión de la delegación a Constantinopla encomendada por el Rey francés Francisco I (1515-47) para negociar un tratado con el Sultán otomano Suleiman el Magnífico (1520-1566). En dicha situación Postel fue un miembro de la delegación y el encargado de comprar libros griegos por orden de Francisco I, Budé.²⁰⁰ Algo que obviamente, según Saliba, no ocurrió, pues terminó comprando textos científicos árabes. Si uno rastrea a Postel, se percataría de que el diplomático sabía hebreo y árabe, y

¹⁹⁸ *Ibidem*. p. 214.

¹⁹⁹ *Ibidem*. pp. 217-218.

²⁰⁰ *Ibidem*. pp. 219-220.

que fue profesor de matemáticas y lenguas orientales en el College Royal, posteriormente, Collège de France. Hay otros manuscritos de tiempos de Copérnico que se encuentran en las Bibliotecas Bodleiana de Oxford y en la Laurenciana de Florencia que contienen anotaciones marginales semejantes a las de Postel y, algunas veces, hasta traducciones interlineadas.

Una evidencia un poco más confiable de los nexos entre el mundo islámico y Copérnico lo encontramos en Alpago. Andreas Alpago (muerto en 1522) vivió y estudió en Damasco por 15 años y, cuando regresó a Padua en el siglo XVI para asumir la cátedra de Medicina en 1505, fue posiblemente uno de los personajes que Copérnico conoció o escuchó en Ferrara cuando estudiaba Derecho canónico.²⁰¹ Es posible, entonces, que por Alpago, el polaco pudiera saber de los ataques a la astronomía ptolemaica o de las reformas a la astronomía llevadas a cabo por al-Shatir 100 años antes en la ciudad de Damasco.²⁰²

El asunto de los instrumentos producidos en la Europa renacentista y aquellos producidos en el mundo islámico son dos instancias que demuestran una conexión entre ambas culturas. Un buen ejemplo es el del arquitecto italiano, Antonio de Sangallo, el Joven (1484-1546), de quien el museo Uffizi guarda constancia en Florencia al resguardar el detallado y meticuloso dibujo de un astrolabio hecho por Khafrif, en Bagdad, alrededor del año 850. Sangallo lo copió en papel y retrató el frente y reverso del instrumento.²⁰³ Otro ejemplo es el astrolabio híbrido de Arsenio (1556-



Astrolabio de G. Arsenio (1566)

²⁰¹ Alpago fue entre otras cosas, uno de los traductores y divulgadores en Europa de la circulación pulmonar de Ibn al-Nafís, médico árabe del siglo XIII.

²⁰² *Ibidem.* p. 220.

²⁰³ *Ibidem.* p. 222.

1579),²⁰⁴ miembro de una reconocida familia flamenca de astrolabistas del norte de Europa. Este astrolabio fue hecho por primera vez por al-Khama en 1222 y por Arsenio hasta fines del siglo XVI.²⁰⁵ Estos ejemplos se citan sólo para mostrar que los hombres del siglo XVI tenían alta estima por las cosas científicas venidas del mundo islámico y que hubo un genuino interés por su reproducción y uso.

Un caso más que tiene que ver con esta línea de influencia se presenta en al-Hassan b. Muhammad Ibn al-Wazzan, mejor conocido como León el Africano (muerto ca. de 1550). Si bien llegó de la parte occidental del mundo islámico, es un hecho que viajó por todo el norte de África y parte del este. Pero lo más relevante es que fue un contemporáneo de Copérnico y un hombre de gran conocimiento: introdujo ideas científicas del mundo árabe al Latín y enseñó la lengua arábiga en Bolonia, donde se favorecía el desarrollo de muchas actividades intelectuales.²⁰⁶

Y qué decir del patriarca jacobita sirio Ni Matallah, mejor conocido como Nehemias (muerto en 1590) que por problemas en su patriarcado tuvo que salir huyendo de su ciudad natal Diyar Bakr (en la actual Turquía) a la sede papal a través de Venecia. Un manuscrito guardado en la Biblioteca Laureniana en Florencia describe las dificultades de su viaje, y que sin saber una palabra de Latín o italiano llegó a occidente y se vinculó con un viajero de nombre de Paolo Orsini que actuó como su intérprete y con el que viajó a Roma. En Roma conoció al cardenal Fernando de Medici quien llegó a ser duque de Toscana y con quien inició un negocio de impresión de libros (principalmente árabes) sin mucho éxito.²⁰⁷

En conclusión, se puede afirmar que hay razones para admitir que una persona del Renacimiento europeo podía buscar información acerca de las últimas reformas llevadas a cabo en el mundo islámico en el campo astronómico, de la

²⁰⁴ Conocido también como Walter Aertsen o Gualtiero Arsenio. Imagen disponible en [Astrolabio de Arsenio](#),

²⁰⁵ *Ibidem*, p. 223.

²⁰⁶ *Ibidem*, p. 216.

²⁰⁷ *Ibidem*, pp. 227 y 228.

misma manera en que se involucraba en detalles del mundo griego. Es posible también que la imagen de la ciencia islámica en el Renacimiento pudiera haber tenido un *status* semejante al de Bizancio del siglo XIV cuando los astrónomos viajaban de Constantinopla a Trebisonda (con el fin de adquirir las últimas novedades de la astronomía árabe). No hay duda de que hubo suficientes arabistas en ciudades europeas que no se dedicaron exclusivamente a la gramática árabe. No se debe olvidar, por ejemplo, que cuando Copérnico nació, Polonia era un lugar cercano a la frontera del Imperio Otomano, un lugar por el que circulaban libremente libros, comercio y eruditos de todas partes del Mediterráneo a través de las ciudades italianas del norte, donde Copérnico recibió su posterior educación. Por eso es posible admitir que muchas personas como Postel, asesoraran o tutelaran a Copérnico en el contenido de textos astronómicos árabes.²⁰⁸

Son muchas las coincidencias de ideas que aparecen primero en textos árabes, usualmente escritos entre los siglos XII y XV, y que reaparecen en latín en los siglos XVI y XVII. En muchos casos, los textos árabes originales contuvieron ideas que nunca fueron “traducidas” al latín en sentido estricto. No obstante, es evidente la conexión entre los textos astronómicos copernicanos con los del mundo del Islam u otros antecedentes árabes. Las traducciones de los textos árabes, así como los mismos originales, tuvieron mucho impacto en los pensadores latinos, al grado de que algunos renacentistas llegaron por sí mismos, a ser arabistas.

La revisión realizada me lleva a considerar que la ciencia árabe, en el Renacimiento, llegó a ser una ciencia tan desarrollada, que probablemente alcanzó una categoría equivalente a la ciencia de los griegos siglos atrás. Empero, en materia de ciencia observacional, la ciencia árabe definitivamente fue muy superior a la griega. Sobre todo porque no sólo descubrieron los errores de esta última, sino que los enmendaron en muchos sentidos y, más aún, posibilitaron un desarrollo desconocido hasta entonces en el mundo occidental. Todos los intentos de Tusi, Al-Shatir e Urdi desarrollados en el mundo islámico para modernizar la

²⁰⁸ *Ibíd.* p. 221.

astronomía ptolemaica tuvieron como única condición que la teoría astronómica fuera consistente con las premisas. La idea de que los astrónomos tomaran a Ptolomeo para desarrollar modelos astronómicos se dirigió a basar sus propuestas en un universo hecho de esferas aristotélicas moviéndose alrededor de sus propios centros, en su propio lugar y a una velocidad uniforme. No obstante, cuando encontraron que los modelos ptolemaicos fallaban en esto, desarrollaron modelos alternativos propios, al mismo tiempo que tuvieron que desarrollar herramientas matemáticas adecuadas para mantener la correspondencia entre esos modelos y las observaciones.²⁰⁹ La “consistencia” fue un requisito que no se podía evadir en la teoría astronómica y subsumió a las matemáticas como herramienta de esa teoría. El término “consistencia” aquí se refiere a la que debe haber entre presupuestos de la física natural de las esferas y las matemáticas que representaban los movimientos de esas esferas. Por un lado, los modelos sirvieron como modelos predictivos²¹⁰ del comportamiento de los planetas en un determinado tiempo y lugar. Por otro lado, se convirtieron en el principio rector de la astronomía islámica en el siglo XVI, justo cuando los trabajos de Copérnico pondrían en marcha la revolución astronómica.

2. Herramientas conceptuales de orden lógico

Las herramientas de orden lógico que retomaron o se construyeron para dar cuenta de los fenómenos y sus causas dieron lugar a una manera diferente de emplear la lógica tradicional. El uso dialéctico y persuasivo en la construcción de argumentos apelando a la autoridad, al sentido común, a la tradición religiosa, a la filosofía o a la comunidad, generó novedosas explicaciones y demostraciones cada

²⁰⁹ *Ibíd.* p. 216.

²¹⁰ Es decir, ya no se enfatiza en la descripción, sino en el cálculo a futuro, el descubrimiento de patrones, la predicción.

vez más sofisticadas para poner a prueba la compatibilidad de la apariencia con la realidad (lo que es, cómo deben moverse los astros).²¹¹

El empleo de premisas probables que condujo a conclusiones plausibles resignificó el uso de las hipótesis y evidenció un nuevo criterio para aceptarlas como válidas, a saber, la relevancia. La relevancia denota aquí la garantía de validez de las hipótesis, o bien, el criterio para aceptarlas en un argumento. Esta manera de argumentar era un elemento que formaba parte de una práctica comúnmente conocida y aceptada en las universidades europeas desde el siglo XIII y de la que Copérnico se valió con un alcance inigualable.

Muchos estudiosos consideran que el mayor problema de la tradición astronómica griega en el siglo XV era el de las inconsistencias de diferente naturaleza entre el lado físico de la ciencia de las estrellas y la representación matemática del mismo universo físico que estaba siendo descrito, es decir, las incompatibilidades presentes en los textos más importantes en materia astronómica y que enfrentaban las matemáticas del *Almagesto* con la física de las *Hipótesis Planetarias*.²¹² Durante la segunda mitad del siglo XV y la primera del siglo XVI cualquier hombre educado en menesteres astronómicos o filosóficos parecía estar situado en un sistema de convicciones tambaleante y con un enorme anhelo de apoyo firme. Ya se ha mencionado que los lugares geográficos que proponían soluciones a los problemas que la circunstancia europea planteaba, resultaban ser Italia con su avanzada evolución intelectual, la cual daría origen a la ciencia nueva, los Países Bajos con su representación de la religión moderna del momento, y España con sus aportaciones humanistas,²¹³ de traducción y de política (como el Estado, un invento también moderno).

²¹¹ Por ejemplo, para el caso de la problemática de vinculación de las cualidades elementales con los planetas y de la incertidumbre sobre el orden planetario de Venus y Mercurio, es evidente que lo que implicaba esta discusión sobre la compatibilidad entre lo aparente y lo real del movimiento de los astros era que ponía en riesgo todo el esquema de influencias astrológicas.

²¹² George SALIBA 2011, pp. 90-93.

²¹³ Aportaciones principalmente del siglo XIII y XIV en materia de conocimiento geográfico, zoológico, botánico, resultado de los descubrimientos.

Sigamos a Robert Westman en su *The Copernican Question: Prognostication, Skepticism, and Celestial Order* y sus interesantes aportaciones respecto al saber de los hombres de ciencia durante esta época.²¹⁴ En esta obra del año 2011, Westman señala que lo que nosotros diferenciamos como astronomía y astrología, en tiempo de Copérnico debió mejor denominársele “ciencia de las estrellas”, y que fue después de Ptolomeo que el mundo occidental consideró a la astronomía un tipo de saber de mayor envergadura que el de la astrología al realizar una diferenciación crucial en las disciplinas. A la astronomía pertenecían los movimientos celestes (*Almagesto*) y su descripción a través de la geometría euclidiana, sin depender de otros principios, mientras que a la astrología correspondía el estudio de los cambios que ocurrían en la Tierra a partir de los movimientos celestes.²¹⁵ Esto significó que al haber una disciplina más elevada que otra, existía una relación de subordinación o de supeditación: la astrología dependía de la astronomía. Sin la astronomía no era posible la astrología.²¹⁶ Cabe enfatizar que, en el mundo árabe, la astronomía era sólo el comienzo de los estudios astrológicos, significando con ello que la disciplina astrológica gozaba de mayor importancia sobre la astronomía.²¹⁷

El reconocimiento de Ptolomeo por la astronomía tiene su origen en la distinción entre “teoría” y “práctica” modelada por Aristóteles (de la división entre la parte teórica²¹⁸ y la parte práctica de la filosofía²¹⁹) que a su vez, derivaba de la idea pitagórica de considerar a la matemática como una característica del universo (armonía) y de la teoría de las ideas platónica. Platón, al proponerse

²¹⁴ Estrictamente hablando la palabra *ciencia*, tal como la conocemos, no existe antes de 1830. No era una categoría operativa en la Europa preindustrial. Su surgimiento coincidió con la emergencia de una profesionalización del movimiento científico en la época victoriana inglesa.

²¹⁵ De esto se ocupaba Ptolomeo en el *Tetrabiblos*.

²¹⁶ Puede saltar a la vista el cuestionamiento del lugar que compete a la filosofía en esta clasificación. A este respecto, se puede decir que en nada se opone a la ciencia de las estrellas. Antes bien, puesto que esta clasificación (del siglo XIII) es debida a Campanus de Novara modelada de acuerdo a la distinción de disciplinas establecida por Aristóteles, se puede observar que la Filosofía precede a la ciencia de las estrellas en el sentido en el que la distinción entre disciplinas se refiere a una división de labor en el siglo XV y no como se entiende en el siglo XIX, como ciencia pura o práctica. Para más detalles sobre el camino por el que transitaron tanto la astrología como la astronomía véase el apartado que a este asunto dedica Robert WESTMAN 2011, pp. 34-43.

²¹⁷ Alberto ELENA 1985, p. 46.

²¹⁸ Metafísica, matemática y física.

²¹⁹ Ética y política.

explicar todos los fenómenos astronómicos con un sistema matemático *a priori* en el que cupiese la totalidad de lo acaecido en el cielo, consideraba que la ciencia (*sophia*) debía versar sólo sobre las ideas, pues era el único conocimiento posible del mundo sensible. De esta manera, la geometría (que si se consideraba ciencia matemática, conocimiento inteligible, *episteme*) dotó de un soporte teórico a la astronomía.

Pero también es evidente que para el tiempo de Ptolomeo, la parte astrológica²²⁰ gozaba de una enorme simpatía y dedicación. Esta fue la razón por la que el texto principal para el establecimiento de la autoridad de la astrología fue el *Tetrabiblos*, especialmente cuando las obras de la astrología árabe comenzaron a entrar en el occidente latino en el siglo XII.

Cuando Copérnico se incorporaba a la universidad a finales del siglo XV, la ciencia de las estrellas había evolucionado y la distinción entre teoría y práctica representaba una división no sólo de labor, sino que se había convertido en un modo de organización pedagógico y llegaba a una convención un poco más general en la organización del conocimiento.²²¹ Los pronosticadores o fabricantes de “prácticas” de finales del siglo XV y principios del XVI podían realizar almanaques, calendarios, pronósticos entre otras cosas, y al mismo tiempo, podían guardar silencio respecto a los principios “teóricos”.²²² Pues los

²²⁰ Resultaba importante, por ejemplo, tener un registro fiable de los diversos fenómenos celestes (eclipses, fases lunares, etc.) que podían señalar acontecimientos futuros en la vida de los hombres, especialmente en la de los gobernantes y sus familias. O bien, ayudar a la base económica de los pueblos, como en el caso de la agricultura: recoger y sembrar cosechas.

²²¹ Más allá de la medicina, astronomía y astrología, encontramos otras disciplinas tan variadas como geometría, aritmética, cosmografía, leyes, música, escritura, quiromancia (adivinación a través de la lectura de las líneas de la mano), pintura, guerra, mecánica, navegación o danza. Sin embargo, una muy diferente clasificación se presenta hasta el siglo XVII con Bacon. Resultado de su teoría de las facultades del intelecto: la imaginación, la memoria y la razón, se pueden resumir las siguientes. De la memoria deriva la historia (civil y natural: de la humanidad, de la naturaleza, de la Iglesia, de las instituciones); de la imaginación deriva la poesía (narrativa, dramática y parabólica); y de la razón, la filosofía que tiene un triple objeto: Dios (una teología que estudia a Dios, a los ángeles y a los demonios), la naturaleza (una filosofía natural que estudia la metafísica, física y matemática) y el hombre (una filosofía humana o antropología que estudia la medicina o la psicología).

²²² Por ejemplo, dentro de los estatutos específicos de la Universidad de Bolonia, un profesor de astronomía además de enseñar teoría astronómica, contaba con la habilidad de preparar almanaques entre otras cosas. Johannes Paulus de Fundis en el siglo XV además de elaborar *Nueva teoría de los planetas*, un comentario sobre *La esfera del mundo* de Sacrobosco, preparó una

“principios” que necesitaban en realidad estaban incrustados en los instrumentos que se utilizaban para preparar sus pronósticos o en textos previamente diseñados para proporcionar razones de sus quehaceres.

Diferentes datos históricos muestran gran efervescencia en las actividades relacionadas el asunto de las ciencias de las estrellas. Se tiene conocimiento de que desde 1480 las predicciones eran compuestas en latín y aparecían cada vez más ediciones latinas de textos árabes y judíos (investigaciones teóricas sobre pronósticos). Dichas predicciones se movían en los terrenos de la alarma y el consuelo no sólo para la gente informada en los menesteres del cielo, sino también para la gente común que se encontraba a expensas de lo que los astrólogos enunciaran de sus localidades o de sus gobernantes. Se sabe que las universidades y las Cortes imperiales fueron los sitios donde proliferó la actividad de predicción. Eran los principales lugares de “intercambio de ideas” –no como en el siglo XXI lo son las “comunidades científicas”– en la que la estructura paternalista de “relación maestro-discípulo” estaba fuertemente arraigada en la cultura de valores universitarios. Bolonia²²³ y Ferrara fueron las ciudades italianas de mayor actividad astrológica, lo mismo que las ciudades universitarias de Cracovia y Viena, situadas muy al norte de los Alpes.

Bajo el amparo del minucioso estudio bio-bibliográfico denominado *Copernicus and the Aristotelian Tradition* de Goddu, parece viable admitir que todos aquellos maestros de astronomía que Copérnico tuvo en la Universidad de Cracovia²²⁴ al ser estudiantes de Brudzewo²²⁵ y Glogovia,²²⁶ le permitieron

defensa de la astrología contra Nicolás de Oresme y una *Pregunta concerniente sobre la edad del mundo*.

²²³ Los pronosticadores boloñeses fueron parte del sistema privilegiado de información e inteligencia política en Bolonia que circulaba a través de notarios, profesores y miembros del senado, por lo que la calidad de los consejos que ofrecieran debía estar avalada al menos por estas personas y no solo por lo que decían los manuales astrológicos.

²²⁴ Capítulos II y III, André GODDU 2010.

²²⁵ Alberto de Brudzewo (1445-1497). Su importancia en Cracovia radica en que publicó el más importante trabajo de astronomía de la segunda mitad del siglo XV, el *Commentariolum super Theoricis novas planetarum Giorgii Peurbachi* en 1495. No es seguro que Copérnico haya tomado clase con él, pero es probable que Brudzewo haya enseñado a los que fueron maestros del

conocer perfectamente las diferencias de opinión que había entre astrónomos y filósofos en torno a la realidad de los modelos astronómicos, o los problemas al interior del modelo lunar y del ecuante ptolemaico. También lo pusieron al tanto de las diferencias existentes en cuanto al orden de los planetas (principalmente de Mercurio y Venus), y de las problemáticas relacionadas con el cálculo de las tablas y del calendario.

En vista de que muchos de sus maestros cracovianos estudiaron o fueron profesores en Bolonia, donde copiaron importantes trabajos matemáticos que llevaron a Cracovia, por ejemplo, el de Beldemandis²²⁷ y de Giovanni Bianchini, lo debieron poner al día acerca de la especial conexión que existía entre las novedades astronómicas y el humanismo renacentista.²²⁸ Fueron también esos maestros de Cracovia de quienes aprendió a construir argumentos basados en tópicos dialécticos que lo condujeron a desarrollar un particular punto de vista acerca de la relación entre hipótesis y conclusiones.

Conviene aquí exponer a grandes rasgos lo que se entendía por argumentos dialécticos. Para Aristóteles, un argumento dialéctico principalmente proveía razones que apoyaban una conclusión, y un argumento retórico tenía como principal objetivo lograr un acuerdo para aceptar una conclusión. Ambos tipos de argumentos perseguían como objetivo la *persuasión* aunque por caminos diferentes: el argumento dialéctico basándose principalmente en la lógica y en la autoridad de los expertos en un campo, mientras que el retórico en el lenguaje emotivo y el carácter moral o la reputación del hablante.

Posteriormente el término “dialéctico” tuvo muchas connotaciones. En la Edad Media era usado intercambiabilmente con el de “lógica”. Luego, cuando

polaco. Hay quien sugiere que fue una consideración de ese autor la que impactara más de la cuenta a Copérnico.

²²⁶ Juan de Glogovia (1445-1507). Enseñó Gramática, Lógica, Filosofía natural, Metafísica, Astronomía y Geografía en la Universidad de Cracovia. Quizá Copérnico asistió a una de sus clases, pero si no, es posible que Glogovia haya enseñado a los que fueron sus profesores.

²²⁷ Véase más de Beldemandis (1370-1428) en <http://www.asu.cas.cz/~had/prosdoc.html#life>

²²⁸ El humanismo renacentista de Platón y el neoplatonismo en la re-evaluación del lugar y el rol de las matemáticas en el orden de las disciplinas.

se consideró como una parte distinta de ésta, dialéctica se refería a toda la parte de la lógica que no era estricta demostración. Algunas veces se refirió a todo razonamiento que comenzaba con premisas que no eran “necesariamente” verdaderas sino sólo “probables”, aunque la mayor parte (de estas premisas) fueran verdaderas o las más aceptadas por los expertos en sus campos. Los conceptos de “necesariamente” y “probable” introdujeron más complicaciones. Por ejemplo, si se tomaba lógicamente “necesidad”, entonces se refería a “inferencias válidas formalmente” y podía aparecer en lo que se denominó “consecuencias formales”. Si se tomaba metafísicamente, “necesidad”, se refería a “relaciones esenciales” donde tenían cabida consideraciones semánticas; las premisas de necesidad metafísica podían aparecer en lo que se denominó “consecuencias materiales” y usualmente eran usadas para juzgar inferencias válidas materialmente que podían ser o no “epistemológicamente” necesarias, porque lo que los filósofos tomaban como necesariamente verdadero, otros individuos educados podían juzgarlo como un asunto de opinión.

Así, aunque desde la perspectiva teórica, Aristóteles dio prioridad a la demostración formal entre los tipos de razonamiento y los argumentos, y los comentaristas escolásticos siguieron y extendieron este proceder, para finales de la Edad Media todo tema se podía juzgar desde varios ángulos, incluso desde el lenguaje ordinario. Ante tales circunstancias emerge el planteamiento heliocéntrico del astrónomo polaco.

En cuanto a su argumentación, la *relevancia* fue el criterio más sobresaliente en la elección de hipótesis que empleó Copérnico. Comprendía que donde una conexión causal estaba involucrada, no era posible, para una conclusión verdadera, seguirse válidamente de una premisa falsa. Aprendió con toda probabilidad que una conexión más débil, como lo es la *relevancia*²²⁹ de una

²²⁹ A ésta forma de argumentar la escuela de París en el siglo XIV le denominó *probabile*. *Probabile* era la actitud mediante la cual, eruditos parisinos trataban las ideas aristotélicas, es decir, de manera crítica, pero sin la intención de transgredir o suprimir del todo su orden conceptual. Un proceder muy destacado en la metafísica y en la filosofía natural. En este sentido, *probabile* fue un género de certidumbre en el que era posible alcanzar verdades (enseñanza y demostración) sustituyendo la "necesidad" de las razones a exponer, por la verosimilitud, la imaginación, la

hipótesis para llegar a una conclusión importante podía ser usada como criterio para preferir una hipótesis sobre otra.²³⁰

El uso de este proceder se debe al carácter del que gozó la lógica como disciplina en Cracovia, el empleo más práctico que especulativo hizo posible alcanzar conclusiones probables en muchos campos del saber. Así, no era extraño que Copérnico tuviera una postura singular acerca de la relación causal. Sabemos que el astrónomo polaco no fue un lógico escolástico pero sin duda estuvo entrenado en el uso de tópicos y formas lógicas de la argumentación. La instrucción recibida en Cracovia durante los años 90's del siglo XV en la construcción de argumentos, consecuencias y proposiciones hipotéticas, le permitió aprender cómo usar tópicos para construir argumentos. También aprendió filosofía natural de autores y escuelas escolásticas que habían modificado los principios aristotélicos y que los habían adaptado a problemas y a cuestiones que muchas veces eran periféricos en el proyecto aristotélico. De igual manera, desarrolló suficiente competencia y entrenamiento en el trabajo con tablas y cánones²³¹ y con el uso de instrumentos para realizar observaciones.²³² Pero lo más relevante fue el participar del manejo de hipótesis de la filosofía natural y de la astronomía en la construcción de argumentos.

Copérnico usó la palabra “hipótesis” para referirse a las suyas o a las de los antiguos. En su opinión, algunas hipótesis eran fundamentales como

posibilidad, la hipótesis. El procedimiento típico, consistía en oponer dos tesis y desarrollar de una manera imparcial las razones en que cada una descansaba. La prueba decisiva era la discusión, cuyo veredicto, determinaba el grado de probabilidad de una y otra opinión. Erigido sobre la convicción de que sus verdades no entraban en competencia con las de la fe, el *probabile* tenía un valor transitorio y no sustituía a las demostraciones aceptadas por la tradición en el campo de la ciencia natural, aunque sí ofrecía nuevas soluciones a problemas determinados. Alejandra VELÁZQUEZ 1997, pp. 16-18.

²³⁰ A este respecto, hay un excelente trabajo a cargo de J. Enrique GÓMEZ ÁLVAREZ del año 2009 que compara algunos de los argumentos que emplearon tanto Ptolomeo como Copérnico para sostener sus respectivos sistemas astronómicos y que aquí puede ser usado para tener una idea más clara de cómo ambos astrónomos evaluaban los fenómenos observados.

²³¹ Las tablas más importantes desde el siglo XIV fueron las *Tablas alfonsinas*. Y los cánones eran las instrucciones para calcular la ecuación del centro (la diferencia entre el Sol verdadero y el que se utilizaba para los cálculos).

²³² No parece haber existido una tradición enseñanza para la construcción y uso de instrumentos astronómicos, pero si hay descripciones con instrucciones a lo largo del siglo XV en Cracovia. Copérnico pudo haber escuchado descripciones acerca del astrolabio esférico, del *equatorium* o albión, el *triquetum* y el cuadrante gnomónico. Véase algunas imágenes al final del capítulo.

proposiciones, principios, suposiciones o axiomas de la filosofía natural que eran tomadas como verdaderas. Otras hipótesis eran solo modelos geométricos que consistían en combinaciones de círculos. Había también hipótesis derivadas asumidas para construir demostraciones de cómo las apariencias se seguían de los modelos en conformidad con los principios fundamentales.

Para él, las hipótesis natural-filosóficas eran verdaderas o falsas y las hipótesis geométricas -en contraste- eran suficientes o adecuadas. Cuando crítica las hipótesis geométricas, lo hacía porque ellas le resultaban “extrañas” o “irrelevantes”. Copérnico creía que la verdad de las hipótesis natural-filosóficas podría explicar las no-uniformidades, pero la tarea del mecanismo geométrico recaía en deducir demostraciones adecuadas de las apariencias en conformidad con las hipótesis natural-filosóficas. La justificación de Copérnico para la verdad de sus hipótesis natural-filosóficas apelaba a la estructura del universo y a las explicaciones de las no-uniformidades.

Es decir, al criticar a los astrónomos ptolemaicos por partir de hipótesis falsas, refiriéndose con ellas a las hipótesis tomadas de la filosofía natural, y no a aquellas estrictamente astronómicas,²³³ le fue más fácil admitir las del movimiento circular y uniforme y las que derivaban de la geometría, pero nunca la del ecuante porque ésta violaba una proposición fundamental²³⁴ y no porque –en su opinión–, fuera falsa.

En otras palabras, las hipótesis falsas en su concepción se referían a proposiciones cosmológicas o de la filosofía natural como la relacionada con la posición y el movimiento del Sol, la estabilidad y posición de la Tierra, la suposición de un centro único de todos los movimientos celestes, el movimiento de las estrellas fijas o el movimiento de los cuerpos celestes que pudieran explicar las irregularidades observadas o las no-uniformidades. Y como prueba de las que denominó hipótesis falsas, sugirió los desacuerdos sobre el orden de las esferas y

²³³ Por ejemplo, la explicación del problema con Mercurio, no correspondía con el movimiento aparente del mismo.

²³⁴ El centro único de todos los movimientos celestes.

los planetas o el fracaso de sus predecesores para dar una explicación genuina a la elongación²³⁵ y al movimiento retrógrado.²³⁶ Por eso, cuando el polaco habla en su magna obra de que debería ser claro, no se refería a otra cosa que a sus propias hipótesis fundamentales sobre el Sol, la Tierra, el orden de los planetas, y la “explicación natural” de la elongación y del movimiento retrógrado. Una promesa que para algunos autores como Goddu fue cumplida parcialmente, por ejemplo, la satisfizo sólo cualitativamente en el libro I, Cap. 4, 8, 9, y cuantitativamente en los libros II-VI del *De revolutionibus*.

No hay duda de que entre las más importantes influencias que Aristóteles ejerció en Copérnico fue la de cuestionar la “verdad” de las hipótesis cosmológicas. La creencia de que los fenómenos astronómicos (hechos observacionales) pueden seguirse sólo de hipótesis verdaderas (Aristóteles = conexiones causales y demostraciones *propter quid*²³⁷) condujo a Copérnico a estipular la *relevancia* como una condición de validez y la *irrelevancia* (u omisión) como criterio de invalidez en la evaluación de la conexión entre el antecedente y el consecuente en una proposición hipotética.

La prueba para toda hipótesis *relevante* era considerarla tanto afirmativa como negativamente, y el que se adoptara una tenía que ver con que su contraria fuera considerada absurda.²³⁸ Así, distinguiendo entre hipótesis cosmológicas y geométricas, pensando exhaustivamente todas las alternativas

²³⁵ La elongación es la distancia angular entre dos astros medida desde la Tierra, en particular, entre un planeta y el Sol.

²³⁶ El movimiento retrógrado es el movimiento orbital de un cuerpo en dirección opuesta a la normal en otros cuerpos espaciales de su mismo sistema. Por ejemplo, cuando observamos el cielo, esperamos que la mayoría de los objetos parezcan moverse en una dirección con el paso del tiempo. El aparente movimiento de la mayoría de los cuerpos es de este a oeste. Sin embargo, es posible observar a un cuerpo moverse de oeste a este. Este desplazamiento se denomina movimiento retrógrado. [Aquí](#) puede verse una animación.

²³⁷ *Quia* y *propter quia* son expresiones propias de la filosofía escolástica que usan, respectivamente, la preposición “por causa de” o la conjunción causal “porque” para traducir dos tipos de demostración distinguidas por Aristóteles: la que demuestra lo que una cosa es (*quia*), y la que demuestra por qué una cosa es lo que es (*propter quia*).

²³⁸ Por ejemplo, comparar el movimiento uniforme con el no-uniforme, el movimiento circular con el no-circular, el modelo excéntrico con el concéntrico, el modelo excéntrico con el modelo de epiciclos, los modelos concéntricos con los de doble epiciclo, los concéntricos con epiciclo con los modelos de ecuantes, los modelos geocéntricos con los heliocéntricos, el modelo geostático con el geocinético.

matemáticas, a la vez que adoptaba un más pragmático y tentativo punto de vista acerca de la verdad de las hipótesis y modelos geocéntricos, no le quedó más que admitir una. Viéndose entonces en la necesidad de afirmar la que debería –en su opinión– ser la "verdadera".²³⁹ La conclusión de que la Tierra se mueve y el Sol está en el centro del universo fue resultado de esta manera de razonar.

Cuando Copérnico estaba en Italia por allá del año 1496, y comenzaba a trabajar con Domenico María de Novara, había cobrado gran fuerza el platonismo,²⁴⁰ pero lo relevante de esta época fue que aunque haya ido a estudiar leyes con el fin de obtener un título para la administración eclesiástica en Varmia, y estar al tanto no sólo de lo teórico y práctico de esta disciplina, había recibido instrucción adicional relacionada con *técnicas didácticas* que si bien le servían en comparaciones rigurosas de códigos y textos de leyes o en la práctica para las relaciones problemáticas entre el derecho romano y feudal, sus estudios de leyes en Bolonia lo pusieron al alcance de la *dialéctica* legal, es decir, de la modificación o interpretación de reglas de la lógica clásica formal que había estado ensayando desde su estancia en Cracovia y que posteriormente, le serviría como estrategia metodológica para elaborar su argumento heliocéntrico.

Por otro lado, resulta peculiar la opinión que Ben-Zaken²⁴¹ observa de la lógica como herramienta metodológica entre el trabajo de Shihab al-Din Suhrawardi (muerto en 1191) y el de Copérnico. En el análisis que realiza de los factores que involucran la traducción de textos árabes²⁴² observa una peculiar tendencia musulmana por las traducciones de carácter empírico.

²³⁹ Copérnico creyó que podía adaptar los principios escolásticos de filosofía natural (aristotélicos y no-aristotélicos) al heliocentrismo geocinético.

²⁴⁰ La introducción en occidente de las ideas de Platón es atribuido a los esfuerzos de Gemisto Pletón (1355-1452) que es quien impulsa Cósimo de Medici a fundar la Academia platónica de Corregí (Florencia) y a Besarión (1403-1472) cardenal de Nicea y patriarca de Constantinopla, quien redactó *In calumniatorem Platonis* (entre 1458 y 1469) con la intención de defender a Platón de la crítica de Jorge de Trebizonda (1395-1486) y para demostrar la semejanza entre las ideas de Platón y las doctrinas judeo-cristianas. Trebizonda atribuía la superioridad de Aristóteles a la teología cristiana. Es posible que Copérnico leyera el libro de Besarión.

²⁴¹ Avner BEN-ZAKEN 2004, p. 13.

²⁴² El traductor, la lengua, la disciplina del libro a traducir.

Para el filósofo de la corte de la dinastía Ayubide del siglo XI, Suhrawardi, la total comprensión de la naturaleza involucraba entidades mentales y entidades sensibles, pero él favorecía la experiencia sensible-intuitiva de la naturaleza. Por ello, su estrategia metodológica consistía en suponer una estructura racional en la que tuviera cabida el registro de la experiencia, las observaciones, las características sensibles de las cosas, sus estados, etc. La astronomía –en su opinión–, aportaba pruebas racionales para la experiencia y la observación.²⁴³

El trabajo de Suhrawardi constituyó una nueva especie de filosofía natural en la que el concepto de percepción intuitiva *Idrak* unificaba la práctica de adquirir conocimiento en diversas disciplinas (por ejemplo, misticismo, astrología, astronomía). El *Idrak* fue el concepto que sirvió para indicar algo que estaba detrás de nuestra percepción del mundo físico. Ibn al-Haytham fue el principal autor árabe en el siglo XI que habló desde la óptica de este concepto y de la relación entre percepción y sensación. Fue también uno de los primeros críticos del modelo ptolemaico y, especialmente, del fracaso del ecuante para reconciliar el mundo físico con el modelo planetario. Para Ibn al-Haytham el origen de la inconsistencia ptolemaica fue metodológica y podía resolverse considerando la existencia de una "verdad" natural de los cielos por encima de cualquier construcción planetaria de los mismos. Para el siglo XVI, seguidores de Suhrawardi e Ibn al-Haytham como al-Tusi, Qutb al-Din Shirazi, Taqi al-Din (m. 1585) usaban el *Idrak* -metodológicamente hablando-, para relacionar los datos observados con sus modelos físicos y matemáticos.

Al parecer, varios autores contemporáneos de Copérnico eran conocedores de estas técnicas de argumentación, y al haber estado entrenados también en sus disciplinas especializadas, usaron y desarrollaron hipótesis con una metodología completamente diferente a la de los escolásticos tradicionales. Tal es el caso de Rodolfo Agrícola (1443-1485):

²⁴³ *Ibidem*. pp. 13-15.

En su obra *De inventione dialéctica libri tres*, Rodolfo Agrícola (1443/4 -1485/6) [...] planteó un método de argumentación basado en los tópicos que, visto a la luz de nuestros días, puede ser entendido e incluso postulado como una forma de investigación humanística dado que se configuró como una propuesta distinta al modelo de educación escolástica que se practicaba en las Universidades de raigambre medieval, en donde se llegó a tal desarrollo de esta disciplina que fue preciso simplificarla. La propuesta de Agrícola parte del principio de simplificación de los procedimientos lógicos con el propósito de que la multitud, a quien está dirigida su obra (*meae turbae*), desarrolle las habilidades derivadas de la ejercitación en las cuestiones de la compleja vida en sociedad.²⁴⁴

Se trataba –como bien dijo Mañas Nuñez– de la búsqueda de un método dialéctico como fuente de investigación y no solo como instrumento de disputa.²⁴⁵ Pues como sabemos, la dialéctica escolástica que se desarrolló de manera notable, sobre todo, en las Facultades de Artes de París y de Oxford y que recibió el nombre de lógica moderna, en clara oposición a la lógica antigua, no se refería a una lógica discursiva o dialéctica, sino más bien a una ciencia de la lengua, que crecía independientemente de las otras dos artes del *trivium* (gramática y retórica) y que aspiraba a formular en un "lenguaje" propio de la estructura lógica del latín escolástico en su uso exacto y "científico". Es decir, la creación de un lenguaje artificial (metalenguaje con un vocabulario propio) que permitiera formular reglas para establecer y fijar el uso de los términos y la formación de los enunciados.

Con el advenimiento del Humanismo en el siglo XV [...] se pretende [...] que las artes del discurso estén al servicio del hombre como miembro de la sociedad civil, adaptándose a un nuevo tipo de cultura. Por ello, la lógica escolástica tan técnica y "científica", separada de la gramática y de la retórica y sin ninguna

²⁴⁴ María Leticia LÓPEZ SERRATOS 2016, pp. 225-226.

²⁴⁵ Manuel MAÑAS NÚÑEZ 1997, pp. 282.

utilidad práctica, debe, según los humanistas, ceder paso a la virtud persuasiva de la elocuencia, en el sentido ciceroniano del término. Esta elocuencia es inseparable de la dialéctica, pero no de una dialéctica como la escolástica de la última fase, reducida a un puro ejercicio técnico e implicando una separación entre palabra y realidad, sino de una dialéctica en contacto con los problemas reales de la experiencia humana, entendida como un instrumento práctico y útil en los dominios político, jurídico, moral y pedagógico.²⁴⁶

Ésa es la razón de que la dialéctica humanista se conozca con el nombre de "lógica inventiva", pues está orientada esencialmente a proporcionar los argumentos necesarios para la construcción del discurso y para la investigación filosófica. Los fundadores de esta orientación humanista en el campo de la dialéctica fueron Lorenzo Valla y Rodolfo Agrícola.²⁴⁷

Otro ejemplo de este proceder metodológico novedoso fue, como se ha mencionado, el de Lorenzo Valla (1407-1457). Mañas Núñez sugiere que Valla en su obra conocida como *Dialecticae disputationes* de 1439 sostiene que,

si la competencia propia de la dialéctica es enseñar a usar el silogismo, éste debe aplicarse sólo a cuestiones prácticas, de interés público sobre todo, para lo cual se hace indispensable revestirlo de argumentos y de adornos, con el fin de deleitar, de excitar pasiones y de enseñar. Se trata, pues, de incluir la lógica en la retórica. Por otro lado, es importante recalcar que el orador no tiene que limitarse a deducciones silogísticas, sino que también debe formar juicios generales con base en casos concretos (inducción).²⁴⁸

La concepción de la dialéctica aplicada a la universalidad del saber, al proponerse discurrir sobre cualquier tema propuesto, es fundamentalmente aristotélica en la medida en que involucra la lógica del silogismo dialéctico y

²⁴⁶ *Ibidem.* p. 283.

²⁴⁷ *Ibidem.* p. 284.

²⁴⁸ *Ídem.*

también en la medida de la propia lógica demostrativa. Para estos autores (Agrícola, Valla), la dialéctica significó que a partir de un conjunto de preceptos se exponga lo que se ha ido aprendido (según los procesos de la invención y el juicio). La dialéctica se convirtió en el "arte de discurrir con probabilidad" sobre un tema propuesto y de "enseñar algo al que escucha". Este tipo de dialéctica fue una disciplina que privilegió las cuestiones prácticas sobre las preocupaciones teóricas en la investigación científica, es decir, una disciplina al servicio de la existencia humana, con el objetivo de resolver cuestiones controvertidas cuando no se encontraba solución de manera categórica. Su naturaleza era meramente pedagógica.

Juan Luis Vives en el siglo XVI lleva a su últimas consecuencias la concepción de Agrícola y Valla sobre la dialéctica al afirmar que la persuasión práctica podía ser aplicable en el dominio pedagógico, político o jurídico. Para él, la dialéctica, a diferencia de la opinión escolástica, no era un arte independiente, autosuficiente y encerrada en sí misma, sino aquella que tenía la posibilidad de acceder a todas las demás artes por encontrarse en estrecha relación con el lenguaje. Al dividirse la dialéctica en invención y juicio, postulaba un método de examen de lo verdadero y de lo falso por medio de enunciados simples y complejos. Así, esta disciplina le significó una investigación sobre el lenguaje y no sobre las reglas gramaticales, retóricas o dialécticas que daban lugar a las lenguas.

Como consecuencia de esta concepción dialéctica emerge una voluntad de restituir el lenguaje con mayor claridad y comprensión para todos; un anhelo por determinar la insuficiencia de los procedimientos silogísticos en el terreno de la invención. Con el valenciano, la dialéctica desarrolla la necesidad de clasificación rigurosa de las diferentes ramas del saber y de determinar sus campos de investigación a partir de una metódica ordenación en clases definidas y escogidas de las nociones que enseñan: resulta necesario utilizar todo lo que se conoce para nuevas investigaciones y para nuevas direcciones por las que habría de conducir las. La orientación práctica del saber, del conocimiento profundo de los problemas del método y de las exigencias pedagógicas en sentido lato, apoya la

idea de que no es posible separar el proceso de la investigación del progreso de la humanidad, uno y otro están unidos por la realización concreta de la antigua sentencia según la cual la verdad es hija de su tiempo.

La dialéctica de Vives duda del carácter de necesidad de los primeros principios, de los cuales, según Aristóteles, procede la demostración. Por lo que en su opinión, en el silogismo aristotélico, la demostración resulta vana y sin aplicación práctica, y el conocimiento, algo desprovisto de un fin en sí mismo, y sólo es un instrumento para la acción (con cierto relativismo y escepticismo). Al negar la posibilidad de alcanzar la verdad mediante la lógica demostrativa, implícitamente negaba la "ciencia" y concebía a la filosofía como un saber basado en opiniones y conjeturas verosímiles.

La dialéctica humanística de la que Copérnico se empapa enseña a disponer los argumentos para resolver un problema y tiene su origen en las doctrinas clásicas, fundamentalmente en la propuesta de Aristóteles, Cicerón y Quintiliano. Se vuelve un instrumento que reacciona contra las especulaciones abstractas de los escolásticos e intenta aproximarse a la realidad humana a través de la comunicación y del lenguaje, a través de un peculiar discurso.

No se puede pasar por alto algo que viene bien aquí: se trata de un detalle en el análisis que Fernand Halryn realiza a la hora de abordar el proyecto copernicano. Cuando Halryn habla de *absurdum ἀκρόαμα*, encuentra que Copérnico desarrolló una particular manera de apoyar "una hipótesis insostenible" que al mismo tiempo parecía contradecir las bases de la tradición, de lo sostenido por las autoridades. Tal estrategia la denominó ironía reflexiva: una especie de juego en el que está inserta una seria intención, que bien puede significar algo más de lo dicho o lo contrario de lo que se afirma:

En un primer nivel, el correspondiente a la forma de lectura que Copérnico proyecta en el espíritu de sus futuros oponentes, el *absurdum ἀκρόαμα* designa un trabajo cuya dificultad se desarrolla innecesariamente para apoyar una hipótesis insostenible, que va en contra de los fundamentos mismos de la autoridad de la tradición.

En este sentido, los dos términos corresponden claramente a una forma de ironía reflexiva. Pero la ironía a menudo consiste, como sabemos, en significar algo más, incluso lo contrario de lo que dice. Si se trata de un juego, puede contener una intención seria.²⁴⁹

Es decir, para Hallyn la estrategia copernicana al plantear la invitación a pensar un discurso de manera seria y de forma irónica, se lanzaba a la búsqueda de verdades en el conocimiento de la naturaleza y del mundo. Una idea muy empleada en la enseñanza oral de ciertos neoplatónicos durante el Renacimiento.²⁵⁰

Lo anterior muestra cómo la relación entre lógica e hipótesis astronómicas influyó las estrategias retóricas y los argumentos dialécticos de Copérnico: en la relación antecedente-consecuente bastaba con estipular la *relevancia* como criterio adecuado para refutar la interpretación estándar de las hipótesis astronómicas. De acuerdo con este análisis, las hipótesis o antecedentes no necesitaban ser verdaderas (a diferencia de las que se empleaban en la relación causal) siempre y cuando “salvaran los fenómenos”. Por ejemplo, si tomamos su primer postulado, en el que afirma que “no hay un centro de todos los movimientos”. Esta afirmación se derivó no de su heliocentrismo, sino de la revisión realizada al geocentrismo de Ptolomeo. En este sistema los cuerpos celestes giran alrededor de la Tierra, pero con excepción del Sol, ellos lo hacen en

²⁴⁹ "A un premier niveau, correspondant à la forme de lecture que Copernic projette dans l'esprit de ses opposants futurs, *absurdum* ἀκρόαμα désigne donc un ouvrage dont la difficulté se déploie inutilement à soutenir une hypothèse indéfendable, allant à l'encontre des fondements mêmes de l'autorité de la tradition. Dans cette signification, les deux termes correspondent nettement à une forme d'ironie réflexive. Mais l'ironie consiste le plus souvent, on le sait, à signifier autre chose, voire le contraire de ce qu'on dit. Si elle correspond à un jeu, celui-ci peut contenir une intention sérieuse." Fernand HALLYN 2000. p. 14. [La traducción es mía].

²⁵⁰ Esto tiene estrecha relación con el criterio de clasificación de las obras de Aristóteles y la diferencia entre la enseñanza acromática y la esotérica que desde antaño suscitó un gran interés por parte de los comentaristas neoplatónicos de Alejandría (Ammonius y sus discípulos, Simplicio, Juan Filoponio y Olimpíodoro –conocido como David o Elías–). El criterio señalaba que los textos esotéricos estaban asociados a la forma del diálogo (conforme a la opinión común), mientras que los acromáticos se referían a los textos en los que Aristóteles hablaba en su propio nombre contemplando demostraciones apodícticas que alcanzaban profundas verdades. Una enseñanza que comportaba tres dominios: lo verdadero y lo falso, la bondad y la maldad, y la cuestión del método. Ésta era la razón por la que el discurso acromático estaba reservado a un público más estrecho que buscaba verdades necesarias.

epiciclos, y en cada modelo hay excéntricas y ecuanes que sirven como centros de círculos. A partir de esto Copérnico pudo concluir que *era obvio* que no había un centro de todos los movimientos, y sólo hizo falta persuadir a sus lectores de comenzar con ese hecho obvio y proceder a otras afirmaciones o supuestos semejantes.

Este proceder *dialéctico* lo condujo a un análisis crítico del geocentrismo, es decir, a la revisión de principios más que a su refutación.²⁵¹ Copérnico rechazó algunos supuestos, pero su rechazo lo condujo a revisar, no a refutar principios, resultando con ello una adaptación al sistema heliocéntrico, anticipándose con esto a las reacciones de teólogos y filósofos. La estrategia en su fundamentación filosófica fue su tipo de argumentación, que no fue deductiva, sino dialéctica, al estilo socrático: primero, asumir las tesis del adversario, luego mostrar sus contradicciones y eventualmente, abandonarlas.

Tal manera o estrategia de proceder resulta muy significativa si se contrastan con algunos detalles de la descripción de Madrid en el caso del juicio de Galileo en el siglo XVI.²⁵² Sugiere que hasta el siglo XVI las proposiciones (de lo que ahora se denominan "científicas") se presentaban fundamentalmente con la literalidad de las Escrituras y no era posible distinguir con claridad el aspecto epistemológico de ellas en las "ciencias" particulares respecto de la Teología. En el proceso y condena de Galileo (que es el que analiza particularmente el ensayo que aquí se cita) sirve a nuestro razonamiento el que Madrid sugiera que una cosa era "sostener" y otra "defender" afirmaciones de carácter absoluto o hipotético. Y además, que la delimitación y conformación de criterios de razonabilidad requirió de un largo proceso de ajustes entre el riguroso análisis llevado a cabo por la academia y el horizonte de significado dialéctico que otorgaba la Revelación (obviamente durante toda la Edad Media).

²⁵¹ Alberto ELENA1985, p. 119 sugiere que el argumento del navío de Oresme lo condujo a pensar en la relatividad óptica y por tanto, en la posibilidad lógica del movimiento de la Tierra y en descartar por físicamente imposible el que la Tierra esté quieta.

²⁵² Raúl MADRID 2014. Este ensayo se ocupa principalmente de los criterios para la razonabilidad científica y académica dentro del mundo universitario en la época de Galileo.

En este sentido, el proceso de Galileo –le parece a Madrid– fue en realidad parte de una modificación general de perspectiva en los criterios para definir las artes y las técnicas. Por lo que resulta sensato admitir – como él también afirma– que el juicio a Galileo no fue la causa de tales variaciones, sino más bien un ejemplo de lo que estaba ocurriendo de un modo general. El juicio de Galileo fue la ocasión en la que se hicieron manifiestas dos tendencias irreconciliables.

1) La *vía antigua* del razonamiento práctico aplicado a las ciencias (de modalidad teórica). Como la formulación de proposiciones astronómicas en las que se cuidaba de no violentar el sentido literal de las enseñanzas de la Iglesia, pero que de manera inconsciente proponían modelos cuya base axiomática carecía de contraste con la realidad de la cual pretendían predicar. Al modo del arte médico que tenía que ver con el antiguo sistema y la división estructural de profesionales de la medicina:

a) En la parte superior estaban los médicos. Preparados en las teorías médicas, escasos y muy exclusivos. Eran siempre varones. La educación universitaria los distinguía de los otros profesionales de la medicina. En el siglo XIV, se estudiaba siguiendo el método escolástico popularizado cerca del año 1100 por Pedro Abelardo. Su sistema se basaba en la dialéctica, defendiendo unos las tesis de Galeno (por ejemplo) y otros las de Avicena. El estudio no residía en una base clínica, sino en el análisis minucioso de textos anteriores. Las proposiciones nuevas solían ser modificaciones de ideas antiguas, y los estudiantes de medicina no investigaban, observaban muy poco, y por tanto eran incapaces de dar un tratamiento eficaz a las nuevas enfermedades. La base era la teoría de los humores, al modo hipocrático. Todo se basaba en la teoría, más que en la observación clínica y la experiencia. Su instrumento era el silogismo antes que la experimentación.

b) El segundo nivel estaba ocupado por los cirujanos. Se les consideraba hábiles artesanos, expertos en sangrar y cerrar heridas. Muchos de ellos sabían leer y tenían cierta preparación

gracias a los libros de texto, pero la mayor parte de su conocimiento se basaba en la experiencia. A diferencia de los médicos, que casi nunca tocaban a sus pacientes, los cirujanos efectuaban operaciones, incluyendo la trepanación, la flebotomía y la cauterización. Si los médicos ocupaban el mismo nivel social que los mercaderes más ricos y los abogados, los cirujanos estaban a la altura de los notarios y los orfebres.

c) El tercer nivel era ocupado por los cirujanos-barberos. Mayoritariamente eran analfabetos y no habían ido a la universidad. Su preparación se debía enteramente a la práctica. Lo normal era que desempeñaran tareas manuales, como escarificaciones, fracturas sencillas y aplicación de cataplasmas.²⁵³

2) la *vía moderna* de razonamiento, cuyas premisas se encontraban no en una proposición abstracta, sino más bien en experiencias.

El proceso a Galileo, casi un siglo después de ser expuestas las ideas de Copérnico, en este sentido representa (como fue en su momento la argumentación copernicana) una de las últimas ocasiones en que el mundo occidental apelaba a una interpretación de estructura abstracta para explicar verdades que, más que sustentadas en una deducción, se asentaban en verificaciones.

En conclusión, tomando en cuenta las sugerencias que Goddu realiza, en su *Copernicus and the aristotelican tradition*, tiene sentido admitir que para el año de 1496, todo el conocimiento que conformó el punto de vista de Copérnico tuvo de fondo la filosofía aristotélica que encontró en Polonia e Italia. La lectura y relectura de otros autores antiguos que modificaron ese primer punto de vista posiblemente se llevó a cabo entre este año y 1510, cuando él se entera de los problemas con la astronomía medieval antigua. Pero, a partir de 1503, Copérnico

²⁵³ *Ibíd.* p. 113-4.

comenzó a desarrollar con maestría el uso de sus propias herramientas técnicas,²⁵⁴ y entre 1503 y 1510 llegó a considerar una variedad de aproximaciones y soluciones. Entonces, las conclusiones tempranas alcanzadas por Copérnico y situadas por Goddu alrededor de 1508 (el *Commentariolus* se sitúa por ahí de 1510) se traducen en que, después de 1510, Copérnico había desarrollado su propia filosofía: su cosmología era clara y decididamente no-aristotélica y no-escolástica, pero claramente subordinada a estrategias retóricas y dialécticas con el fin de persuadir tanto a aristotélicos como a escolásticos a adaptar una cosmología heliocéntrica y geocéntrica²⁵⁵ bajo principios aristotélicos modificados por otros comentadores árabes medievales.

En terminología orteguiana, los datos históricos del profesor André Goddu, presentan a un Copérnico transcurriendo en los años treinta de su vida, en la edad madura denominada de gestación: una etapa en la que normalmente el hombre encuentra todas sus nuevas ideas; o al menos, los matices de su original ideología.²⁵⁶ Por eso es que la relación de Copérnico con la tradición aristotélica – como bien señala Goddu – era una relación del astrónomo con sus maestros, y de

²⁵⁴ La lógica y las conclusiones positivas que tuvo acerca de Platón y con aquellos intérpretes que admiraban tanto a Platón como a Aristóteles, lo mismo que aquellos otros que intentaban armonizar sus doctrinas.

²⁵⁵ Al respecto de la doctrina geocéntrica y la posibilidad filosófica del movimiento terrestre anterior a Copérnico, véase Dilwyn KNOX 2005, p. 180.

²⁵⁶ Es en *Entorno a Galileo* donde Ortega y Gasset explícitamente expone su teoría de las generaciones como modelo conceptual para interpretar la historia. En esta obra, señala que tener la misma edad (un cierto modo de vivir) y participar de algún contacto vital (estar inmerso en un mismo sistema de creencias) son las condiciones para definir a las generaciones. Así, en términos generales, Ortega divide la vida del hombre en cinco edades de a quince años: niñez, juventud, iniciación, predominio y vejez, en donde el trozo verdaderamente histórico es de las edades maduras: la de iniciación y la de predominio. Es decir, en su opinión, un hombre adquiere sus propias ideas entre los treinta y los cuarenta años (edad madura denominada de gestación, creación y polémica) y las desarrolla entre los cuarenta y cinco y sesenta años (edad madura, llamada de gestión, predominio o mando). El mejor ejemplo que tuvo para teorizar este asunto fue tomar una fecha “decisiva” como fecha de una generación. El año de 1626 es donde sitúa a la generación en la que coinciden los fundadores de la modernidad (Galileo, Descartes por mencionar solo dos). La elección de este año como fecha de una generación se debió a que un determinado hombre cumplía treinta años y era la figura que mejor representaba los caracteres decisivos de un periodo: Descartes. De esta forma, a una generación “decisiva” pertenecerán los que hayan cumplido 30 años, siete años antes o siete después de esa fecha. Y las fechas para situar a uno u otro lado las generaciones anteriores o posteriores, se fijarían tan solo añadiendo o restando grupos de quince años a 1626 (1641, 1656, 1671... o 1611, 1596, 1581...). Cabe señalar que el automatismo matemático no decide la realidad histórica, sólo sirve como mecanismo para acercarse a los hechos históricos, y ver si toleran el ser ajuntados y ordenados por ella. Véase José ORTEGA y GASSET 1985.

estos con las escuelas y los textos en los que –ambos, tanto maestros como escuelas– dibujaban sus interpretaciones de la filosofía natural.²⁵⁷

La idea novedosa de centro estaba en Copérnico desde que llevó a cabo un detallado análisis de la filosofía natural aristotélica y al momento en que decidió transformar, modificar y adaptarla a la cosmología heliocéntrica. Este proceder hizo posible la construcción de una filosofía natural consistente con un heliocentrismo que no podía llevarse a cabo sin las críticas de los antiguos, de los escolásticos y de los árabes a la doctrina aristotélica y ptolemaica. El universo copernicano tendía a ser un sistema abierto aún si se presentara como un sistema cerrado. Aunque el polaco pensó que modificando los principios antiguos y escolásticos podría construir el bosquejo de una filosofía natural compatible con una cosmología aristotélica, sus modificaciones terminaron siendo no-aristotélicas (algunas incluso anti-aristotélicas), y acabó encajándolas con las transformaciones que proponía sin refutar explícitamente la filosofía natural de Aristóteles o la descripción matemática ptolemaica.²⁵⁸

La educación que recibió, lo preparó (al mismo tiempo que a sus coetáneos y contemporáneos) para cambiar la astronomía en el sentido de que lo proveyó de la fundamentación lógica para una lectura dialéctica de los principios. Ésta, posteriormente, contribuiría a la presentación de sus argumentos con el objetivo de persuadir a sus lectores para adoptar un punto de vista que contradecía al sentido común, a la entonces dominante filosofía natural de su época y a la interpretación literal de las Escrituras. La nueva noción respondió a una diferente disposición del ser según los modelos explicativos vigentes y según un discurso descriptivo particular, el del sistema heliocéntrico.

²⁵⁷ André GODDU 2010, p. 226.

²⁵⁸ *Ibidem.* p. 331.

*Astrolabio*²⁵⁹

El astrolabio consiste, básicamente, en una circunferencia graduada (placa madre) sobre cuyo eje gira una aguja con un punto de mira que se apunta a la estrella elegida. El borde de limbo, muestra una escala graduada en grados y a menudo también otra en horas y minutos. En la parte superior se encuentra una argolla de la que se suspende el instrumento en posición vertical para realizar las mediciones.



Fig. 1. Parte delantera del astrolabio



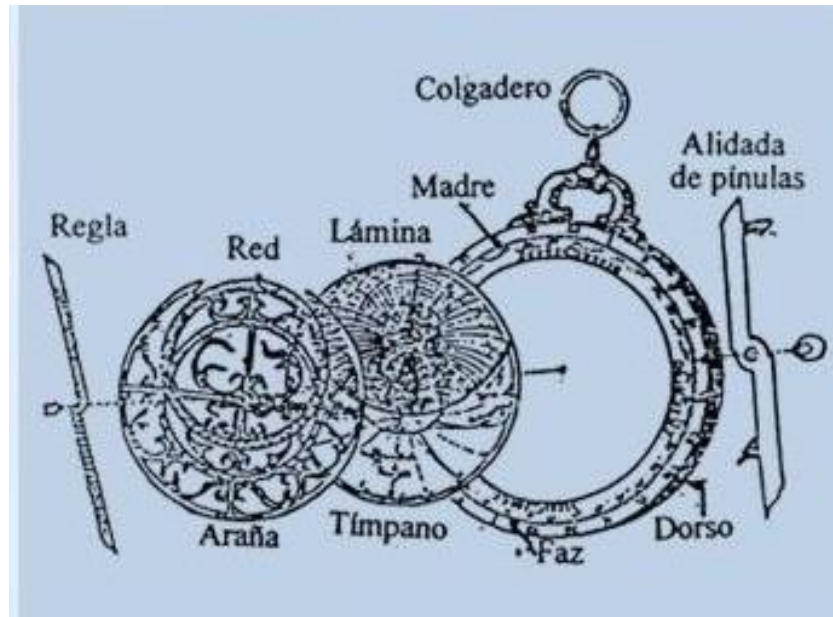
Fig. 2. Parte trasera del astrolabio

La parte delantera del instrumento es ligeramente cóncava y en ella se insertan otros dos discos. El interno, llamado tímpano, es una placa fija grabada con las coordenadas de la esfera celeste correspondientes a una latitud concreta, incluyendo el cénit, el horizonte, líneas de altitud, acimut, el ecuador celeste, la eclíptica y los trópicos de Cáncer y Capricornio. El externo, llamado araña es giratorio y representa un planisferio transparente con las posiciones del Sol, la Luna y las estrellas más brillantes del lugar. Sobre la araña, una aguja con visor, la regla se apunta al astro buscado. Dirigiéndola al Sol indica, por el lado del observador, la hora local.

La parte trasera sirve para saber la altura de una torre, la distancia a esa torre y el símbolo del zodiaco que está ocupado por el Sol. Encima de esta parte sólo gira una aguja, la alidada con dos pínulas o visores para las lecturas.

²⁵⁹ Las imágenes pueden ser consultadas en [Astrolabio](#),

*Partes del astrolabio*²⁶⁰



Partes del astrolabio:

1. Madre. Parte ahuecada para la colocación del tímpano y la araña.
2. Tímpano. Placa grabada con las coordenadas de la esfera celeste; incluye el cénit, el horizonte, líneas de altitud, acimut, ecuador y los círculos de Cáncer y Capricornio.
3. Araña. Es un mapa Astral donde el eje central marca la posición de la Estrella polar; la trayectoria del Sol se muestra sobre el círculo eclíptico, el cual está dividido en doce signos zodiacales.
4. Regla. Está situada sobre la araña y se usa para alinear la fecha sobre el círculo eclíptico con la hora correcta sobre el círculo horario.
5. Aliada. Se usa para enfilar mediante las pínulas con las graduaciones en el dorso del -astrolabio o dorso de la Madre.
6. Dorso de la madre. Es donde se realizan todas las observaciones y medidas
7. Limbo. Es el círculo graduado que rodea al dorso de la madre.

*Equatorium*²⁶¹

²⁶⁰ La imagen puede consultarse en [partes elementales del astrolabio](#),

Instrumento astronómico empleado para encontrar las posiciones del Sol, la Luna y los planetas en el horizonte sin el empleo explícito de extensos cálculos astronómicos, sólo mediante el uso de geometría. Probablemente Proclo en el siglo V lo utilizó para establecer la posición del Sol. Los árabes refieren sobre él desde el siglo XI, mientras que los europeos lo hacen a partir del siglo XIII. Novara fue uno de los primeros que describió la construcción del *equatorium* en este siglo. Otro fue Richard Wallingford, aunque este denomina albién a un mecanismo más complejo de *equatorium* que le permitía medir eclipses.



Equatorium

²⁶¹ La imagen puede ser consultada en [equatorium](#).

*Esfera armilar*²⁶²

También conocido como astrolabio esférico. Se trata de un aparato compuesto de varios círculos que representan los de la esfera celeste, en cuyo centro se coloca un pequeño globo que figura la Tierra y que servía para leer las coordenadas celestes sobre unas escalas graduadas.

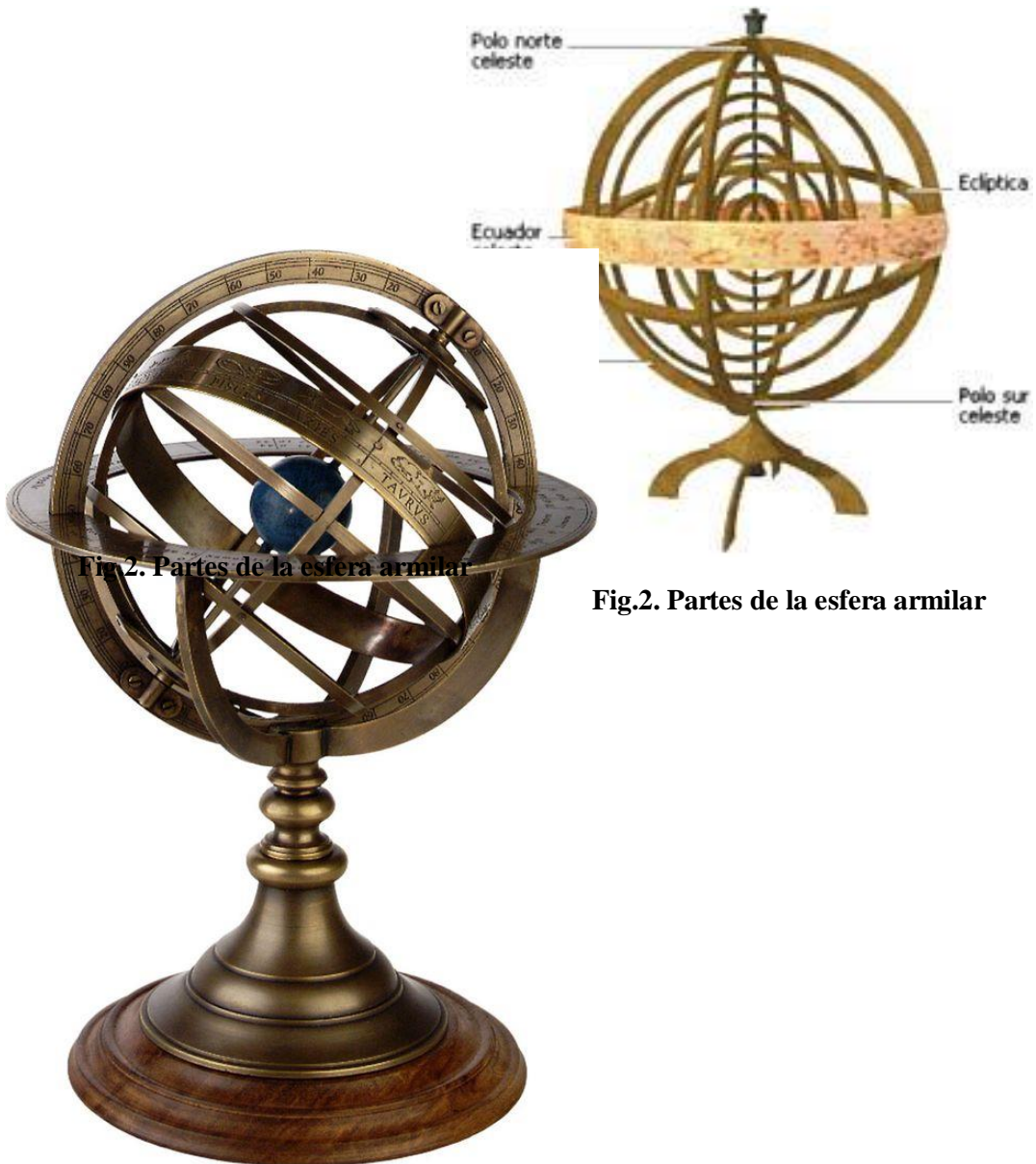


Fig.2. Partes de la esfera armilar

Fig.2. Partes de la esfera armilar

Fig. 1. Esfera armilar

²⁶² Las imágenes pueden ser consultadas en [Fig.1 esfera armilar](#), [Fig.2 partes de la esfera armilar](#).

*Cuadrante*²⁶³

Consiste en un cuarto de circunferencia (90°) habitualmente fabricado en latón o madera. Pero existían muchos de tipos con específicas aplicaciones, en un principio fue para medir ángulos o alturas de astros, edificios, montañas. Iban equipados con dos visores a lo largo de uno de sus bordes, una pesa sujeta a una cuerda y una escala grabada de 0 a 90° con la que realizar las medidas. Con el ángulo obtenido una vez realizada la medición del objeto se resolvían cuestiones específicas de navegación, artillería, arquitectura etc..



Cuadrante vetus
(vista delantera)

²⁶³ Las imágenes pueden ser consultadas en [cuadrante vetus](#).



Cuadrante vetus
(vista trasera)

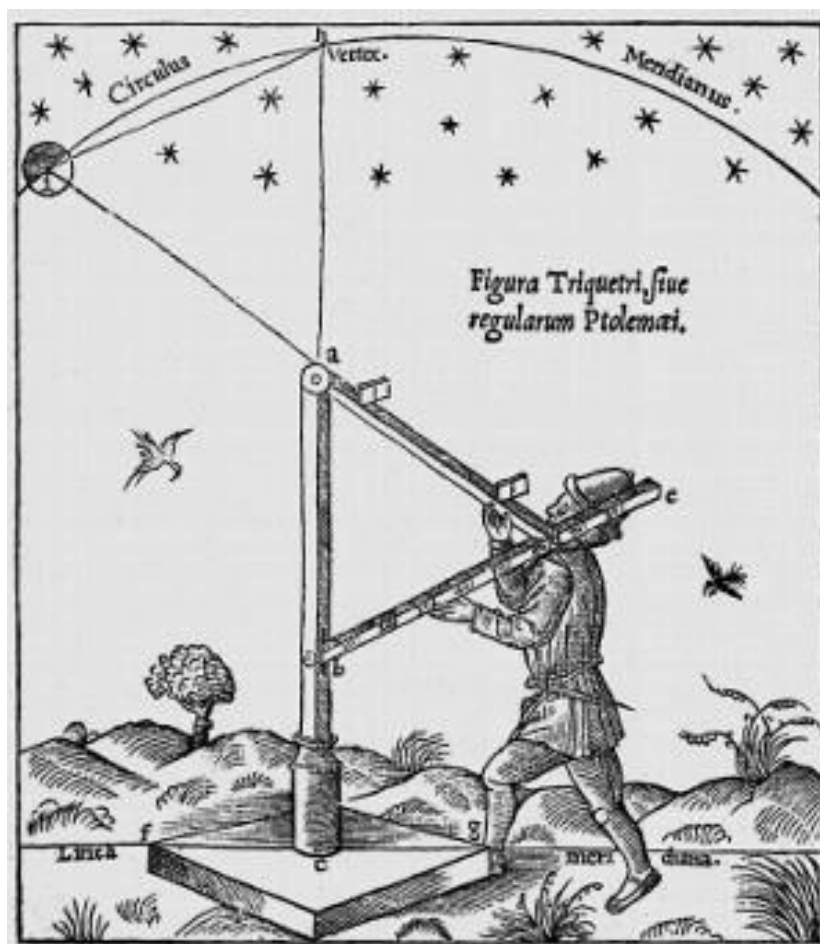
El cuadrante *vetus* es de los denominados horarios y se utilizaba principalmente para averiguar la hora (horas desiguales) usando la posición del Sol, aunque tenía otras aplicaciones como por ejemplo, conocer la declinación solar para un día determinado, la altura máxima que alcanzará el Sol ese mismo día, la latitud del lugar donde nos hallamos. E incluso tenía una aplicación topográfica gracias al uso del cuadrado de la sombra.

Este tipo de cuadrante denominado “cuadrante *vetus*” (cuadrante viejo) es de origen Islámico y fue introducido en Europa en la baja Edad Media, alcanzando una gran popularidad durante varios siglos. En su parte posterior está dotado de un convertidor de horas universal original del siglo XVI. Una cuerda sostiene una pesa que actuará a modo de plomada, suspendida desde un orificio situado en el ángulo superior del instrumento. Una pequeña pieza denominada perla, se desliza a lo largo de la cuerda. El calendario se desplaza a lo largo del arco del instrumento con el fin de ubicarlo en la latitud exacta del observador, es por lo tanto un instrumento que si bien no es universal, si recoge una amplia gama de latitudes correspondientes al hemisferio norte.

En el lado izquierdo va inscrita la escala con la declinación solar a lo largo de un año completo. Regularmente estaba fabricado en metal bañado en latón viejo y madera.

*Triquetrum*²⁶⁴

Instrumento empleado para determinar la altura de los cuerpos celestes. Por ejemplo, servía para determinar la distancia cenital y el paralaje de la Luna. Realizaba la misma función que el astrolabio pero fue diseñado para dar los grados con mayor exactitud.



Triquetrum

Consistía en un poste vertical con una regla graduada y dos brazos pivotantes unidos por bisagras en ambos extremos, el brazo de arriba con mirilla. Los dos brazos estaban unidos entre sus extremos de manera que estos se pudieran deslizar. Cuando el observador alineaba el objeto celeste con la mira del brazo superior, el brazo inferior cambiaba su ángulo. La lectura de la medida de la regla en combinación con la altura vertical, daba la distancia acimutal, o la altitud del objeto celeste.

²⁶⁴ La imagen puede consultarse en [triquetrum](#).

Conclusión

La reconstrucción histórica de la noción de centro que aquí se desarrolla, estructuró por cerca de quince siglos (los anteriores al Renacimiento), una peculiar manera de ver el mundo, a la vez que gestó sobre las mismas bases teóricas, otra novedosa configuración, permitiendo con esto no sólo subsanar problemas que (por ejemplo, en la ciencia de las estrellas) apremiaban soluciones, sino que modificaron poco a poco el sistema de creencias establecido, y crearon nuevas condiciones para la explicación de los fenómenos, de lo real.

Esto quiere decir que hubo dos nociones de centro, una que tuvo vigencia hasta la segunda mitad del siglo XV y otra, que emergió después de la primera mitad del siglo XVI.²⁶⁵ Las nociones de centro antigua y moderna fueron gestadas al amparo de la filosofía aristotélica y de la astronomía ptolemaica. Sin embargo, los principios aristotélicos del movimiento (regular y uniforme) que en un primer momento condicionaron religiosamente las explicaciones sobre la naturaleza del mismo, con el paso de los siglos y bajo determinadas circunstancias, dejaron de gobernar las descripciones cinemáticas²⁶⁶ y conformaron otro entramado conceptual de explicación del universo.

Los problemas al interior de las ciencias de las estrellas como el ecuante, las explicaciones filosóficas respecto a la naturaleza de los movimientos celestes y el empleo de figuras geométricas correspondientes al mundo supralunar para describir trayectorias del mundo sublunar (como aquí se señala en algunos estudios de balística), comprometieron plenamente la noción de *centro* antigua entendida como *esa enorme disposición del Ser en la que el hombre encontraba*

²⁶⁵ En otros términos, se puede decir que hubo una conceptualización de centro antes de Copérnico, y otra después de él.

²⁶⁶ Al grado de robustecer los estudios mecánicos.

su límite y su más profundo acuerdo, e implicaron un cambio en la manera tradicional de dar cuenta de los fenómenos. Si bien, estas implicaciones desde el punto de vista matemático facilitaron los cálculos y no causaron mayores problemas, fueron totalmente devastadoras desde el punto de vista metafísico.

Para finales de la Edad Media, estos desacuerdos dieron lugar a un considerable desarrollo del pensamiento científico y filosófico por parte de las mentes más brillantes del mundo de medio oriente²⁶⁷ y de occidente.²⁶⁸ En el terreno de la ciencia de las estrellas, por ejemplo, destacó el esfuerzo por parte de los astrónomos árabes en la elaboración de mecanismos matemáticos para la construcción de sistemas astronómicos no ptolemaicos. En la esfera filosófica, las reflexiones del cardenal de Cusa en torno al conocimiento, al hombre y al universo, favorecieron la transición a un nuevo sistema de creencias. También, el impulso de la lógica escolástica en la construcción de argumentos permitió un peculiar tipo de crítica y evaluación del conocimiento en general (al hacer del ejercicio dialéctico una práctica habitual de discusión, la relevancia como criterio de validez entre hipótesis aquí tuvo un papel importantísimo). De igual manera, el recorrido por los usos (comunes) de palabra centro en la antigüedad y durante la edad Media, tuvo una relevancia suprema porque mostró que las ideas establecidas y arraigadas en un determinado momento, en otro, pueden ser desplazadas, sin mayor cuestionamiento o con mucha resistencia.

Así, ante tales circunstancias, se fue configurando una nueva visión del mundo completamente diferente. Para la segunda mitad del siglo XVI, el centro denotaba una novedosa *disposición del ser en la que el hombre, de acuerdo a ciertos modelos explicativos, discursos y marcos conceptuales propios, entendía el límite y establecía sus propios acuerdos*. La centralidad se relativizaba.

Como puede verse, en el desarrollo de la historia de esta transición entre conceptualizaciones no solo tuvieron que ver las circunstancias geográficas,

²⁶⁷ Tusi, Urdi, Al-shatir, al-Haytham, entre otros.

²⁶⁸ Por ejemplo, los aportes en materia metafísica del cardenal de Cusa, o las herramientas lógico-matemáticas desarrollados por los italianos pre y renacentistas principalmente.

políticas, sociales y culturales, sino principalmente las ideas religiosas, científicas y filosóficas en grandes periodos históricos. En esta complejidad de hechos, Copérnico y sus ideas figuran no en virtud de un aporte original, pues como se ha visto, personajes de mayor envergadura le antecedieron, sino en calidad de mero cisma:

Copérnico no debe ser juzgado como un descubridor pionero en los reinos de la ciencia, no más que un poeta debe ser juzgado como descubridor pionero cuando él da la expresión fantástica y atractiva a los sentimientos que son conocidos por cada pecho humano. Copérnico no descubrió nada. Él formuló solamente, en la forma de una construcción mental fantástica, una masa de hechos que eran ya sabidos. No agregó nada a la tienda de conocimiento científico que ya existía. Una tremenda revolución mental fue causada por su teoría y se libraron batallas amargas alrededor de ella. La consecuencia lógica de esto era dar un relato completamente diferente del lugar del hombre en el universo de aquel generalmente sostenido en ese entonces por la religión y la filosofía de Europa.²⁶⁹

A pesar de que existan quienes asuman lo contrario,²⁷⁰ aquí se participa del pensamiento de que sería imposible que su teoría, modelo y en general, sus ideas estuvieran ahí, sin lo que se ha enunciado. También se sostiene que el desarrollo de un cambio de visión del mundo a otro a partir de la noción de centro, fue resultado de prolongados periodos históricos y de un largo proceso en el que estuvieron involucrados diversos grupos de trabajo, tendencias de pensamiento y de tradiciones científicas y filosóficas.

²⁶⁹ "Copernicus is not to be judged as a pioneer discoverer in the realms of science, no more than a poet is to be judged as a pioneer discoverer when he gives fanciful and attractive expression to sentiments that are known to every human breast. Copernicus discovered nothing. He only formulated, in the shape of a fanciful mental construction, a mass of facts that were already known. He did not add anything to the store of scientific knowledge already in existence. A tremendous mental revolution was caused by his theory and bitter battles were waged around it. For the logical consequence of it was to give an entirely different account of man's place in the universe from that generally held at the time by the religion and philosophy of Europe". Max PLANCK 1932, p. 71-2.

²⁷⁰ Pierre DUHEM 1913

Bibliografía

ADAMCZEWSKI Jan. [1973]. *Nicolás Copérnico y su época*. Venezuela, Monte Ávila.

AGUIRRE ANAYA Carmen. [2007]. *Trayectorias vitales: Ensayando la aplicación del método de las generaciones*. Puebla, BUAP.

ÁLABA BEAMONT Diego. [1590]. *El perfecto capitán instruido en la disciplina militar y nueva ciencia de la artillería*. Madrid, Pedro Madrigal. Disponible en http://documentomovil.usal.es/visor.php?v=dicter&f=militar_bg_AlabaViamont#1

----- [1993]. *El perfecto capitán instruido en la disciplina militar y nueva ciencia de la artillería*. Valencia, Universidad de Valencia.

ALTIERI MEGALE Angelo. [1993]. *Los presocráticos*. (2ª Ed.). Puebla, BUAP.

ÁLVAREZ SALAS. [2008] “Alma, cosmos e intelecto en el pensamiento presocrático: de Tales a Heráclito” en *Nova Tellus. Anuario del Centro de Estudios Clásicos*. No.26-1. México, UNAM-Instituto de Investigaciones Filológicas. pp. 19-54.

ARISTÓTELES. [2001]. *Física* (Trad. de Ute Schmidt Osmanczik). México, UNAM.

ARMITAGE Angus. [1952]. *Copérnico*. [Trad. de Santiago Ferrati]. Buenos Aires. Ediciones Peuser.

BENOÎT Paul, “Algebra, Commerce and Calculation” en SERRES Michel (Edit.). [1995]. *A History of Scientific Thought. Elements of a History of Science*. Oxford, Blackwell Publishers. pp. 246-279.

BEN-ZAKEN Avner. [2004]. “The Heavens of the Sky and the Heavens of the Heart: The Ottoman Culture Context for the Introduction of Post-Copernican Astronomy” en *The British Journal for the History of Science*, Vol. 38, No.1. (March). Cambridge University Press. pp.1-28.

BOAS Marie. [1962]. *The Scientific Renaissance 1450-1630*, Nueva York, Harper & Brother.

BOTTERI Gerardo y CASAZZA Roberto. [2015]. *El sistema astronómico de Aristóteles*. Buenos Aires, Biblioteca Nacional.

BRANDMÜLLER Walter y GREIPL Egon Johannes. [1992]. *Copernico, Galilei e la chiesa. Fine della controversia (1820). Gli atti del Sant'Uffizio*. Florencia, Leo S. Olschki editore.

BRIENT Elizabeth. [2010]. “How can the Infinite be the Measure of the Finite? Three Mathematical Metaphors from *De Docta Ignorantia*” en CASARELLA Peter J. (Editor). *Cusanus. The Legacy of Learned Ignorance*. Washington, D.C., Catholic University of America Press.

BRUN Jean. [1995]. *Los presocráticos*. México, CONACULTA - Publicaciones Cruz.

BRUNSCHWING Jacques y LLOYD Geoffrey E. R. (Editores). [2000]. *Greek Thought. A Guide to Classical Knowledge*. Massachusset, The Belknap Press of Harvard University Press.

BURNETT Charles Agnes. [2009]. *The Translators and their Intellectual and Social Context*. Farnham, Surrey: Ashgate (Variorum).

CARDINI Franco. [1989]. *Europa 1492. Retrato de un continente hace quinientos años*. Milán, Fenice 2000.

CARDANO, Girolamo. [2013]. *De subtilitate of Girolamo Cardano*, editado por Forrester John M. Tempe, Arizona. Arizona Center for Medieval and Renaissance Studies (ACMRS).

----- [2004]. *De subtilitate. Edizione critica libri I-VIII*, editado por E. Nenci, Milán, FrancoAngeli.

CASSIRER Ernest. [1951]. *Individuo y cosmos en la filosofía del Renacimiento*. Buenos Aires, Emecé editores.

----- [2013]. *Filosofía de las formas simbólicas II: el pensamiento mítico*. México, F.C.E.

COPENHAVER Brian P. & SCHMITT Charles B. [1992]. *A History of Western Philosophy: 3. Renaissance Philosophy*. Oxford, Oxford University Press.

COPÉRNICO Nicolás. [1543. 1982]. *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*. Madrid. Editora Nacional.

----- [1514]. *Commentariolus*. Disponible en http://www.hs-augsburg.de/~harsch/Chronologia/Lspost16/Copernicus/kop_c00.html (Latín), y,

<http://copernicus.torun.pl/en/archives/astronomical/1/?view=transkrypcja&>

(Traducido al inglés por Edward Rosen).

COROMIDAS Joan. [1987]. *Breve Diccionario etimológico de la lengua castellana*. (3ª Ed.). Madrid, Gredos.

CORONES Anthony, “Copernicus, Printing and the Politics of Knowledge” en FREELAND Guy y CORONES Anthony (Editores). [2000]. *1543 and All That. Image and Word, Change and Continuity in the Proto-Scientific Revolution*. The Netherlands, Kluwer Academic Publisher. pp. 271- 290.

CROMBIE A.C. [1983]. *Historia de la ciencia de San Agustín a Galileo. Vol. 1. Siglos V-XIII*. Madrid, Alianza.

CROWTHER Kathleen M. & BARKER Peter. [2013]. “Training the Intelligent Eye: Understanding Illustrations in Early Modern Astronomy Texts” in *Isis*. Vol. 104, No. 3, September. pp. 429-470.

CUSA Nicolás. [2005]. “Compendio” (Trad. de Daniel González García) en *El enigma en el espejo; claves para una lectura del compendio de Nicolás de Cusa*. Tesis de licenciatura en Filosofía. México, UNAM, FFyL.

----- a) [2000]. *The Bowling-Game*. (Trad. de Jasper Hopkins). Minneapolis, A. J. Banning Press.

----- b) [2000]. *On Surmises*. (Trad. de Jasper Hopkins). Minneapolis, A. J. Banning Press.

----- [1998]. *On Intellectual Eyeglasses*. (Trad. de Jasper Hopkins). Minneapolis, A. J. Banning Press.

----- [1996]. *Compendium sive Compendiosissima Directio*. (Trad. de Jasper Hopkins). Minneapolis, A. J. Banning Press.

----- [1994]. *El juego de las esferas*. (Trad. de J. Rafael Martínez E.). México, UNAM.

----- [1985]. *On Learned Ignorance*. (Trad. de Jasper Hopkins). Minneapolis, A. J. Banning Press (2a ed.).

----- [1984]. *Docta Ignorancia*. (Trad. de Manuel Fuentes Benot). Argentina, Orbis.

D'AMICO Claudia y VELÁZQUEZ DELGADO Jorge (coords). [2007]. *Metafísica de la unidad: Fragmentos sobre la filosofía de Nicolás de Cusa*. México, Editorial Torres Asociados.

DE PACE Anna. [2009]. *Niccolò Copernico e la Fondazione del Cosmo Eliocentrico, con testo, traduzione e commentario del Libro I de Le Rivoluzioni Celesti*. Milán, Bruno Mondadori.

DI BONO Mario. [1995]. "Copernicus, Amico, Fracastoro and Tūsi's Device: Observations on the Use and Transmission of a Model" en *Journal for the History of Astronomy*. Vol. 26. Issue 2. pp. 133-154.

DOUGLAS J.D. y TENNEY Merrill C. (et al.). [2003]. *Diccionario Bíblico Mundo Hispano*. Tomo I. Ed. Mundo Hispano. Disponible en <https://www.yumpu.com/es/document/view/57999755/jd-douglas-merrill-c-tenney-diccionario-biblico-tomo-i>

DREYER J.L.E. [1953]. *A History of Astronomy from Thales to Kepler*. Cambridge, Dover Publications.

DUHEM Pierre Maurice Marie. [1996]. *Essays in the History and Philosophy of Science*. (Trad. Roger Ariew y Meter Barrer). Indianápolis, Indiana, H.W. Sams.

----- [1985]. *Medieval Cosmology: Theories of Infinity, Place, Time, Void, and the Plurality of Worlds*. (Trad. Roger Andrew). Chicago, University of Chicago.

----- [1913]. *Le Systeme du Monde: Histoire des Doctrines Cosmologiques de Platon a Copernic*. (2 Tomos). París, Hermann.

----- [1905]. *Les origines de la statique*. Vol. I. París, Hermann.

DUSSEL Enrique. [2004]. *La China (1421-1800). Razones para cuestionar el eurocentrismo*. México, UAM-Iztapalapa.

ELENA Alberto. [1985]. *Las quimeras de los cielos. Aspectos epistemológicos de la revolución copernicana*. Madrid. Siglo XXI.

FARRINGTON Benjamin. [1964]. *Storia della scienza greca*. (Trad. del inglés por Giulio Gnoli). Milán, Mondadori Editore.

FERRATER MORA José. [1964]. *Diccionario de filosofía*. 2 Tomos.(5ª Ed.). Buenos Aires, Editorial sudamericana.

FLASCH Kurt. [2003]. *Nicolás de Cusa*. (Trad. de Constantino Ruiz-Garrido). España, Herder.

GAMINI Amir Mohammad y HAMEDANI Hossein Masoumi. [2013]. “Al-Shīrāzī and the Empirical Origin of Ptolemy’s Equant in his Model of the Superior Planets” en *Arabic Sciences and Philosophy*, vol. 23. Cambridge University Press. pp. 47–67.

GARCÍA BACCA Juan David. [1963]. *Historia Filosófica de la ciencia*. México, UNAM.

----- [1939]. *Invitación a filosofar*. Disponible en <http://www.biblioteca.org.ar/libros/89300.pdf>

GARÍN Eugenio. [1987]. *La educación en Europa 1400-1600*. Barcelona, Crítica.

----- [1986]. *El renacimiento italiano*. Barcelona, Ariel.

----- [1984]. *La revolución cultural del renacimiento*. Barcelona, Crítica-Grijalbo.

GASSENDI Pierre & THILL Olivier. [2002]. *The life of Copernicus (1473-1543)*. Virginia, Xulon Press.

GEYMONANT Ludovico. [1979]. *Storia del pensiero filosofico e scientifico. Volume Primo: L'antichità – Il medioevo*. Milán, Garzanti Editore.

GINGERICH Owen. [1973]. “From Copernicus to Kepler: Heliocentrism as Model and as Reality” en *Proceeding of the American Philosophical Society, Vol. 117, No. 6, Symposium on Copernicus* (dic, 31). pp. 513-522.

----- [2002]. *An annotated census of Copernicus' De revolutionibus (Nuremberg, 1543 and Basel, 1566)*. Leiden, Brill.

GODDU André. [2010]. *Copernicus and the Aristotelian Tradition*. Leiden-Boston, Brill.

GOLDSTEIN Bernard R. [1986]. “The Making of Astronomy in Early Islam” en *Nuncius: Journal of the History of Astronomy*. No. 1. pp. 799–92.

----- [1994]. “Historical Perspectives on Copernicus's Account of Precession” en *Journal for the History of Astronomy*. XXV. pp. 189–197.

----- [2002]. “Copernicus and the Origins of His Heliocentric System” en *Journal for the History of Astronomy*. No. 33. pp. 219–235.

GOODMAN David & RUSSELL Colin A. (Editores). [1991]. *The Rise of Scientific Europe. 1500-1800*. Great Britain, Odder & Stoughton Educational.

GÓMEZ ÁLVAREZ J. Enrique. [2009]. “Los argumentos y principios racionales en la defensa y posición del movimiento de la Tierra en Ptolomeo y Copérnico. Un comentario sobre la racionalidad en la historia de la ciencia” en *Revista de Filosofía*. México, Universidad Iberoamericana, 124-125. pp. 91-116.

GRANADA Miguel Ángel. [1988]. *Cosmología, religión y política en el renacimiento: Ficino, Savonarola, Pomponazzi, Maquiavelo*. Barcelona, Anthropos.

GRANT Edward. [2007]. *A History of Natural Philosophy from the Ancient World to the Nineteenth Century*. New York, Cambridge University Press.

----- [1994]. *Planets, Stars, and Orbs. The Medieval Cosmos 1200-1687*. New York, Cambridge University Press.

GRENDLER P. [2002]. *The Universities of the Italian Renaissance*. Baltimore, The Johns Hopkins University Press.

GUSDORF Georges. [2014]. *Les sciences humaines et la pensée occidentale. III La révolition galiléenne*. Tomo I. Chicoutimi. Universidad de Quebec.

HARRIES Karsten. [2001]. *Infinity and Perspective*. Massachusset, MIT.

HARTNER Willy. [1973]. “Copernicus, the Man, the Work, and its History” en *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol.117, pp. 413-422.

----- [1939]. "The Principle and Use of the Astrolabe" en *Survey of Persian Art* III, 1939, pp. 2530-2554. Idem, "Aṣṭurlāb," *EI2*, I, pp. 722-28.

----- [1938]. "The Pseudoplanetary Nodes of the Moon's Orbit in Hindu and Islamic Iconographies" en *Ars Islamica* 5, pp. 113-54.

HALLYN Fernand. [2000]. "L'absurdum ἀκρόαμα de Copernic" en *Bibliothèque d'Humanisme et Renaissance*, T. 62, No. 1, Librairie Droz. pp. 7-24. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/20678640>.

HESS Catherine (Ed.). [2004]. *The Art of Fire: Islamic Influence on Glass and Ceramic of the Italian Renaissance*. Los Ángeles CA., Getty Trusts Publications.

HOURANI Albert. [2008]. *La historia de los árabes*. Barcelona, Zeta Bolsillo.

IOMMI ECHEVERRÍA Virginia. [2011]. "El movimiento de proyectiles en la mecánica de Diego Hurtado de Mendoza y la nueva dinámica renacentista" en *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*. Vol. LXIII, no 1, enero-junio, pp.179-192.

IWANOWSKA Wilhelmina. [1973]. "Nicolaus Copernicus and Modern Science" en *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*. Vol.67. No.3. pp.105-114.

JASPER Karl. [1966]. *The Great Philosophers*. New York, Harcourt, Brace & World, Inc.

y Victor Roberts. [1959] "The Planetary Theory of Ibn al-Shāṭir" en *Isis* 50, no. 3 (Sep.) pp. 227-235.

KENNEDY Edward Steward. [1985]. "Arabic Astronomy and Copernicus" en *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaft*. . Vol. 1. pp. 225-229.

----- [1983]. *Studies in the Islamic Exact Sciences*. Beirut, American University of Beirut. pp. 50-107.

----- y GHANEM. [1976]. *The Life and Works of Ibn al-Shatir, an Arab Astronomer of the Fourteenth Century*. Aleppo: History of Arabic Science Institute, University of Aleppo.

----- [1966]. "Late Medieval Planetary Theory" en *Isis* 57, no. 3. (Otoño), pp. 365-378.

----- y Victor ROBERTS. [1959] "The Planetary Theory of Ibn al-Shāṭir" en *Isis* 50, no. 3 (Sep.) pp. 227-235.

KNOX Dilwyn. [2005]. "Copernicus's Doctrine of Gravity and the Natural Circular Motion of the Elements" en *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, Vol. 68. The Warburg Institute. pp. 157-211
<http://www.jstor.org/stable/40026197>.

KEMP Martin, "Vision and Visualisation in the Illustration of Anatomy and Astronomy from Leonardo to Galileo" en FREELAND Guy y CORONES Anthony (Editores). [2000]. *1543 and All That. Image and Word, Change and Continuity in the Proto-Scientific Revolution*. The Netherlands, Kluwer Academic Publisher. pp. 17-52.

KOESTLER Arthur. [1959]. *The Sleepwalkers. A History of man's changing vision of the Universe*. (Trad. al español por Luis Alberto Brixio en 1981. *Los sonámbulos. Historia de la cambiante cosmovisión del hombre*. México, CONACYT).

KOYRÉ Alexander. [1992]. *The Astronomical Revolution: Copernicus, Kepler, Borelli*. (Trad. R.E.W. Maddison). New York, Dover.

----- [1981]. *Estudios Galileanos*. (Trad. Mariano González Ambou). México, Siglo XXI.

----- [1979]. *Del mundo cerrado al universo infinito*. (Trad. Carlos Solís Santos). México, Siglo XXI.

KRAGH Helge S. [2007]. *Conceptions of Cosmos. From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology*. Oxford, Oxford University Press.

KREMER Richard L. [1996]. “Peurbach and Maragha Astronomy? The Ephemerides of Johannes Angelus and their implications” (with Jerzy Dobrzycki) en *Journal for the History of Astronomy*, 27. pp. 187- 237.

KUHN Thomas. [2006]. *La estructura de las revoluciones científicas*. (Trad. Carlos Solís Santos). México, F.C.E.

LAIRD, W. R. y ROUX, S (coord.). [2008]. *Mechanics and Natural Philosophy Before the Scientific Revolution*. Dordrecht, The Netherlands. Springer.

LATTIS James M. [1994]. *Between Copernicus and Galileo: Christoph Clavius and the Collapse of Ptolemaic Cosmology*. Chicago, The University of Chicago Press.

LEGORBURO IBARRA Yunersy. [2006]. “Espacios del conocimiento, muros del silencio: Fundamentos arquitectónicos de la madrasa en el Islam oriental. Siglos XIV–XVI” en *Estudios de Asia y África*. Vol. 41, No. 3 (131), sep-dic. México, COLMEX. pp. 405-438.

LEVY Ian Christopher, GEORGE-TVRTKOVIĆ Rita y DUCLOW Donald F. (Editores). [2014]. *Nicholas of Cusa and Islam. Polemic and Dialogue in the Late Middle Ages*. Leiden, Brill.

LLOYD Geoffrey E. R. [1979]. *Magic, Reason and Experience. Studies in the Origin and Development of Greek Science*. Massachusset, Cambridge University Press.

LÓPEZ SERRATOS María Leticia. [2016]. "Los tópicos de Rodolfo Agrícola: una forma de investigación humanística". pp. 225-235. Disponible en https://asociamecdotmx.files.wordpress.com/2016/02/iii_17-los-toccc81picos-de-r-agricc81cola.pdf.

----- [2008]. *El humanismo de Rodolfo Agrícola: los lugares y su utilidad en la argumentación*. México, UNAM-CONACYT.

MADRID Raúl. [2014]. "Ley y razón práctica en el pensamiento medieval y renacentista" en CORSO DE ESTRADA Laura E., SOTO-BRUNA Ma. Jesús y IDOTA ZORROZA Ma. (Edit.). *Colección de pensamiento medieval y renacentista*. Pamplona, Ediciones Universidad de Navarra S.A. (EUNSA).

MAÑAS NÚÑEZ Manuel. [1997]. "Antecedentes y desarrollo de la dialéctica humanista: de Aristóteles al Brocense" en *Flor*. 11. 8, pp. 275-299.

MARDIA K.V. [2000]. "Omar Kayyam, René Descartes and Solutions to Algebraic Equations" en *International Congress in Commemorating Hakim Omar Khayyam Neyshabuouri* (900th death anniversary). Neyshabour, Iran, 17-19 May.

MARÍAS AGUILERA Julián. [1949]. *El método de las generaciones*. Madrid, Revista de Occidente.

MARTÍNEZ GÁZQUEZ José. [2005]. "Los árabes y el paso de la ciencia griega al occidente medieval" en *Revista Internacional d'Humanitats*, 8. pp. 5-12. Disponible en <http://www.hottopos.com/rih8/martinez.htm>.

MATAIX LOMA Carmen. [2001]. "Galileo: la actualidad de un renacentista" en MONTESINOS José y SOLÍS SANTOS Carlos (coord.). *Largo campo de filosofare. Eurosimposium Galileo*. España. Santa Cruz Tenerife. pp. 131-138 . Disponible en

http://fundacionorotava.org/archivos%20adjuntos/publicaciones/largo_campo/cap_01_07_Mataix.pdf.

MORA BURGOS Gerardo. [1999]. "Nicolás de Cusa y los orígenes de la modernidad" en *Revista de Filosofía*. Vol. XXXVII. No. 91. Noviembre. pp.61-68. Universidad de Costa Rica, Instituto de Investigaciones Filosóficas. Disponible en <http://www.inif.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista%20de%20Filosof%C3%ADa%20UCR/Vol.XXXVII/No.%2091/>.

MORA PIRIS Pedro. "Tratados y tratadistas de fortificación: siglos XVI al XVIII". Sevilla, Universidad de Sevilla. Disponible en <http://expobus.us.es/cartografia/salas/sala07/s07e00i01.pdf>.

NEIL THOMASON, "1543. The Year that Copernicus Didn't Predict the Phases of Venus" en FREELAND Guy y CORONES Anthony (Editores). [2000]. *1543 and All That. Image and Word, Change and Continuity in the Proto-Scientific Revolution*. The Netherlands, Kluwer Academic Publisher. pp. 291-332.

NEYMAN Jerzy. [1974]. *The Heritage of Copernicus: Theories "Pleasing to the Mind"*. Massachusetts, MIT.

ORTEGA y GASSET José. [1985]. *En torno a Galileo*. México, Porrúa.

NEUGEBAUER Otto. [1983]. *Astronomy and History: Selected Essays*, Nueva York, Springer.

PALANCO LÓPEZ Francisco Javier. [Dic. 2009]. "Evolución histórica de la relación fuerza-movimiento" en *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*. Málaga, Universidad de Málaga, EUMEDNET. Disponible en www.eumed.net/rev/cccss/06/fjpl4.htm.

----- [Dic. 2009]. "El problema de la posición de la tierra en el universo. Sistemas geocéntrico y heliocéntrico" en *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*. Málaga, Universidad de Málaga, EUMEDNET. Disponible en <http://www.eumed.net/rev/ccss/06/fjpl3.htm>.

PANTIN Isabelle. [2010]. "El papel de las traducciones en los intercambios científicos europeos de los siglos XVI y XVII" en BURKE Peter y R. PO-Chia Hsia (Ed). *La traducción cultural en la Europa moderna*, Madrid, Akal S.A.

PAPP Desiderio. [1975]. *Ideas revolucionarias en la ciencia. Su historia desde el renacimiento hasta promediar el siglo XX. Tomo I. La ciencia de Leonardo a Volta*. Santiago de Chile, Editorial Universitaria.

PEREZ OCA, Miguel Ángel. [2000]. *El libro secreto del doctor Copérnico*. Madrid, Equipo Sirius.

PICCOLOMINI Alessandro. [1565]. *In mechanicas quaestiones Aristotelis paraphrasis paulo quidem plenior*. Disponible en <http://fondosdigitales.us.es/fondos/libros/999/10/alexandri-piccolominei-in-mechanicas-quaestiones-aristotelis/>.

PLANCK Max. [1932]. *Where is Science Going?*. (5a ed.). New York, W.W. Norton & Company. Disponible en https://archive.org/stream/whereissciencego00plan_0/whereissciencego00plan_0_djvu.txt.

PLATÓN. *Epínomis*.

----- *Timeo*.

PÉREZ RANSANZ Ana Rosa (Editora). [2005]. *Perspectivas y horizontes de la filosofía de la ciencia a la vuelta del tercer milenio*. Vol. II. México, UNAM.

PTOLOMEO. *Almagest*. (Trad. G.J. Toomer). Disponible en <http://es.booksc.org/ireader/2326672>.

----- . *Las hipótesis de los planetas*. Madrid, Alianza. 1987.

----- . *Tetrabiblos*. Disponible en [http://dlx.b-ok.org/genesis/414000/761ce7f79c946ad3500d4f179130195f/_as/\[Claudius_Ptolemy\]_Tetrabiblos\(b-ok.org\).pdf](http://dlx.b-ok.org/genesis/414000/761ce7f79c946ad3500d4f179130195f/_as/[Claudius_Ptolemy]_Tetrabiblos(b-ok.org).pdf).

RAGEP F. Jamil. [2014]. "From Tūn to Turun: The Twists and Turns of the Ṭūsī-Couple" Volume 457. Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte. Disponible en <https://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Preprints/P457.PDF>.

----- . [2010]. "Islamic Reactions to Ptolemy's Imprecisions" en JONES Alexander (ed.). *Ptolemy in Perspective*. Dordrecht New York: Springer-Verlag pp. 121-134.

----- . [2007]. Ṭūsī: Abū Ja'far Muḥammad ibn Muḥammad ibn al - Ḥasan Naṣīr al - Dīn al - Ṭūsī en HOCKEY Thomas y et. al. (eds.). *The Biographical Encyclopedia of Astronomers, Springer Reference*. New York: Springer. pp. 1153-1155.

----- . [2004]. "Copernicus and his Islamic Predecessors: some Historical Remarks" en *Filozofski vestnik*. Vol Letnil XXV, No. Stevilka 2. pp.125-142.

----- . [2001]. "Ṭūsī and Copernicus: The Earth's Motion in Context". *Science in Context*, 14 (1-2), pp.145-163.

RELANCIO Alberto. [2007]. "Las universidades medievales" en *Actas del Seminario Orotava de Historia de la Ciencia*. Años VIII y X, Noviembre. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. pp. 327-353.

RIDPATH Ian. [1997]. *Dictionary of Astronomy*. Oxford, Oxford University Press.

ROSEN Edward. [1983]. "Was Copernicus A Neoplatonist?" en *Journal of the History of Ideas*. University of Pennsylvania Press. Vol.44, No.4, (oct-dec). pp.667-669. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/2709222>.

ROSHDI Rashed (editor). [1996]. *Encyclopedia of the History of Arabic Science. Vol.1. Astronomy Theoretical and Applied*. London-New York, Routledge.

ROY LAIRD Walter y ROUX Sophie (ed.). [2008]. *Mechanics and Natural Philosophy Before the Scientific Revolution*. Dordrecht, The Netherlands. Springer.

s/a. [2010]. *Selected Readings from The Works of Aristotle and from Ptolemy's Almagest Book I & III*. Santa Fe. St. John's Collage.

SALIBA George. [2011]. *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*. Massachusetts, MIT.

----- . [2004]. "Aristotelian Cosmology and Arabic Astronomy" en *De Zenon d'Élée à Poincaré. Recueil d'étudies en hommage à Roshdi Rashed*. Lovain-París, Éditions Peeters.

----- . [2001]. "Science before Islam" en al-Hasan (ed.). *The Different Aspect of Islamic Culture*. Vol. 4. Science and Technology in Islam, Part.1. The Exact and Natural Sciences. UNESCO Publishing.

----- . [2000]. "Arabic versus Greek Astronomy: A Debate over the Foundations of Science" en *Perspectivas on Science*, vol.8, no.4. The Massachusetts Institute of Technology. pp.238-341.

----- [1996]. "Arabic Planetary Theories After the Eleventh Century A.D." en *Enciclopedia of History of Arabic Science*. Vol.1. (ed. Roshdi Rashed). London-New York, Roudlegde.

----- [1994]. *A History of Arabic Astronomy: Planetary Theories during the Golden Age of Islam*. New York, New York University Press.

SABRA A.I. [1994]. *Optics, Astronomy and Logic. Studies in Arabic Science and Philosophy*. Hampshire (Great Britain). Variorum.

----- [1987]. "The Appropriation and Subsequent Naturalization of Greek Science in Medieval Islam: A Preliminary Statement" en *History of Science*, 25. London: Science History Publications Ltd. pp. 223-243.

----- [1978]. "An eleventh-century refutation of Ptolomy's planetary theory" en *Science and History: Studies in Honor of Edwards Rosen, Studia Copernicana 16*. Wroclaw: Ossolineum, pp. 117-131.

SAMSÓ MOYA Julio. [2008]. *Astrometereología y astrología medievales*. Vol 31. Colección Homenatges. Barcelona, Universidad de Barcelona. Disponible en https://books.google.com.mx/books?id=i9MwhU2oFKYC&pg=PR37&lpg=PR37&dq=trigonometr%C3%ADa+que+conocieron+copernico&source=bl&ots=KwIXrqWqAz&sig=fl_f4tDvRCf6lcHC-VzH7CPv488&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiq15iGvdHWAhUDOCYKHdEFC6cQ6AEIJjAA#v=onepage&q=trigonometr%C3%ADa%20que%20conocieron%20copernico&f=false

----- [2003]. "La ciencia árabe-islámica y su papel" en *Revista de libros. Segunda época*. no.75. marzo. pp.12-16.

SARTON George. [1965]. *Historia de la ciencia. La ciencia antigua durante la edad de oro griega.* (trad. del inglés por José Babini). Buenos Aires, Editorial Universitaria de Buenos Aires.

SENSENEY John R. [2011]. *The Art of Building Classical World. Vision, Craftsmanship, and Linear Perspective in Greek and Roman Architecture.* Cambridge, Cambridge University Press.

SERRES Michel. [1996]. *Los orígenes de la Geometría. Tercer libro de las fundaciones.* México, Siglo XXI.

----- (Ed.). [1995]. *A History of Scientific Thought. Elements of a History of Science.* Oxford, Blackwell Publishers.

SOBEL Dava. [2012] *Un cielo pluscuamperfecto. Copérnico y la revolución del cosmos.* [Trad. de Antonio Iriarte]. Madrid, Turner Publicaciones.

SORABJI Richard. [1988]. *Matter, Space, and Motion: Theories in Antiquity and Their Sequel.* London, Duckworth.

STROBL Wolfgang. [1970]. "Orígenes filosóficos de la ciencia moderna" en *Anuario filosófico.* III, pp.329-350. Navarra, Universidad de Navarra.

SWERDLOW Noel. [1996]. "Astronomy in the Renaissance" en *Astronomy Before the Telescope*, editado por Christopher Walter. London: British Museum Press. pp.187-230.

----- y NEUGEBAUER O. [1984]. "Mathematical Astronomy in Copernicus' De Revolutionibus" (2 vol.). en *Studies in the history of Mathematical Sciences*, 10. New York -Berlín, Springer Verlag.

TARTAGLIA Nicolo. [1554]. *Quesiti et Inventioni Diverse*. Disponible en <http://www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-9183>

TITULI EX CORPORE CODICI THEODOSIANI. Disponible en <http://ancientrome.ru/ius/library/codex/theod/tituli.htm>

VELASCO GÓMEZ Ambrosio (Ed.). [2002]. *Perspectivas y horizontes de la filosofía de la ciencia a la vuelta del tercer milenio*. México, UNAM

VELÁZQUEZ ZARAGOZA Alejandra "Eternidad, duración, infinito y mundo en Nicole de Oresme" en GROBET Laura y ROBLES José Antonio (compiladores). [1997]. *El problema del Infinito: filosofía y matemáticas*. México, UNAM.

VERNET, Juan. [2000]. *Astrología y astronomía en el Renacimiento. La revolución copernicana*. Barcelona, El acantilado.

WATCHTOWER. [2017]. *Perspicacia para comprender las escrituras*. (2 vols.) Pensilvania, Watch Tower Bible and Tract Society of Pennsylvania. Disponible en <https://wol.jw.org/es/wol/1v/r4/lp-s/0/2>.

WESTMAN Robert S. [2013]. "The Copernican Question Revisited: A Reply to Noel Swerdlow and John Heilbron" en *Perspectives on Science*. vol. 21, no.1. Cambridge, MA. The Massachusetts Institute of Technology pp. 100-136.

----- [2011]. *The Copernican Question: Prognostication, Skepticism, and Celestial Order*. San Diego, University of California Press.

WUSSING H. [1998]. (1ª Ed. en alemán 1979). *Lecciones de historia de las matemáticas*. Madrid, Siglo XXI.