

El Modelo Copernicano del Universo y su Impacto: Contexto Histórico Cultural

**David Alejandro Ibarra Parada
2012146038**

**Trabajo de Grado Presentado Para Optar al Título de
Licenciado en Física**

**Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Física**

Línea de Investigación: Enseñanza de las Ciencias desde una Perspectiva Cultural

Bogotá D.C

2021

El Modelo Copernicano del Universo y su Impacto: Contexto Histórico Cultural

**David Alejandro Ibarra Parada
2012146038**

**Trabajo de Grado Presentado Para Optar al Título de
Licenciado en Física**

Asesor:

Giovanny Sierra Vargas

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Línea de Investigación: Enseñanza de las Ciencias desde una Perspectiva Cultural

Bogotá D.C

2021

Agradecimientos

A Dios que me ha dado la oportunidad de crecer y culminar una nueva etapa de mi vida.

*A mi familia que siempre creyó en mi.
Especialmente a mi Mamá Marina que me enseñó a ser mas humano.*

A Tatiana que me inspira a ser cada vez mejor.

A Andresito que siempre me apoyo y creyó en mi.

*A Charlie por guiarme y motivarme a crecer.
A mi Madre y mis hermanas que son mi motor para seguir creciendo.*

A Sandrita que siempre estuvo pendiente de mi proceso de formación y siempre estuvo cuando mas la necesite.

Y al profesor Giovanni por su dedicación, paciencia y tiempo.

Tabla de Contenido

Introducción.....	1
Capítulo I.....	4
1. Planteamiento de Problema.....	4
1.1. Descripción del Problema.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Diseño Metodológico.....	6
1.4. Antecedentes.....	9
Capítulo II.....	11
2. La Teoría Heliocéntrica.....	11
2.1. Preámbulo.....	11
2.2. Los Pitagóricos.....	13
2.3. Aristarco de Samos.....	17
2.3.1. La Relación Entre las Distancias de la Tierra a la Luna y de la Luna al Sol.....	20
2.3.2. Relación Entre los Tamaños de la Luna al Sol.....	21
2.4. El Modelo Copernicano.....	23
Capítulo III.....	32

3.1. Preámbulo	32
3.2. Nicolás Copérnico y el Renacimiento	32
3.3. El Renacimiento.....	38
Capitulo VI.....	42
4.1. El Impacto de la Teoría Copernicana	42
4.2. La Revolución Copernicana	45
Conclusiones.....	49
Bibliografía.....	53

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Universo de Filolao de Tarento	15
Ilustración 2: Medición de la Luna a la tierra según Aristarco de Samos	19
Ilustración 3: Medidas de la distancia.....	20
Ilustración 4: Diámetro del Sol a la Luna	22
Ilustración 5: Sistema heliocéntrico de Copernico	24
Ilustración 6: Teoría de Claudio Ptolomeo	29
Ilustración 7: Europa Renacentista.	37
Ilustración 8: Línea de tiempo - Renacimiento.....	41

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1: Medición del Circulo del Zodiaco	19
Ecuación 2: Distancia de la Tierra a la Luna.....	20
Ecuación 3: Angulo de visibilidad de la tierra al sol y la luna.	20
Ecuación 4: Relación de fracciones.....	20
Ecuación 5: Distancia tierra al sol.	20
Ecuación 6: Diámetro aparente del sol.	21

Resumen

En la astronomía medieval la entrada de la Edad Moderna surgió el modelo ptolemaico del Universo que consideraba a la Tierra en el centro e inmóvil, fue el esquema predominante en el entorno cultural y científico de la Europa occidental.

Esta cosmovisión fue paulatinamente cambiando hacia un modelo heliocentrista que consideraba al Sol en el centro del sistema y los demás planetas girando alrededor de él, incluida la Tierra. El inicio de este cambio estuvo en los trabajos de Nicolás Copérnico, quien postuló un modelo heliocéntrico del Universo. Lo anterior es objeto de análisis de este trabajo, bajo una perspectiva histórico-cultural, en donde se abordarán los influjos que recibió Copérnico para formular su planteamiento cosmológico, como también un abordaje del momento y ambiente en el que vivió Copérnico y la proyección de su legado.

En síntesis, es un análisis de los postulados copernicanos del universo, en clave histórico-cultural, y de las repercusiones que tuvo su revolucionaria obra.

Con lo anterior, el escrito presentado a continuación busca generar una ampliación en los temas que pueden ser incluidos en la temática que se plantea como referente dando paso a la enseñanza de la física en donde se contemplan a lo largo de la investigación conociendo los aspectos más relevantes que llevaron a Copérnico a plantear su teoría sobre el universo, tomándolo desde un contexto histórico y cultural recalcando los factores que influyeron en el desarrollo de la obra de Copérnico y su posterior impacto.

Palabras Clave: Astronomía, Cultura, Nicolás Copérnico, Modelo cosmológico, Heliocentrismo.

Abstract

In medieval astronomy, the entry of the Modern Age emerged the Ptolemaic model of the Universe that considered the Earth in the center and immobile, it was the predominant scheme in the cultural and scientific environment of Western Europe.

This worldview was gradually changing towards a heliocentric model that considered the Sun at the center of the system and the other planets revolving around it, including the Earth. The beginning of this change was in the works of Nicolás Copernicus, who postulated a heliocentric model of the Universe. The foregoing is the object of analysis of this work, from a historical-cultural perspective, where the influences that Copernicus received to formulate his cosmological approach will be addressed, as well as an approach to the moment and environment in which Copernicus lived and the projection of the legacy of him.

In short, it is an analysis of the Copernican postulates of the universe, in a historical-cultural key, and of the repercussions that his revolutionary work had.

With the above, the writing presented below seeks to generate an expansion in the topics that can be included in the theme that is raised as a reference, giving way to the teaching of physics where they are contemplated throughout the investigation knowing the most important aspects relevant factors that led Copernicus to propose his theory about the universe, taking it from a historical and cultural context, emphasizing the factors that influenced the development of Copernicus's work and its subsequent impact.

Key Words: Science, Physics, Nicolas Copernicus, Revolution, Universe.

Introducción

La irrupción de un nuevo planteamiento científico está determinada, tanto por la parte de genio del científico, así mismo por aquellas circunstancias que propiciaron el nacimiento de la respectiva teoría en base a la composición del Universo. De esta manera se puede evidenciar que la ciencia puede entenderse como una compleja red en la que cada novedad es el resultado de una tradición anterior, en la que el pensador o científico de cada época, supo trabajar sobre lo anterior y cuya consecuencia es el surgimiento de una nueva comprensión científica y, con ello un cambio de visión para la humanidad.

Esta es la intención se orienta en las siguientes paginas donde se utilizará como ejemplo, el caso de la ciencia moderna, el impacto que significó la aparición de la teoría heliocéntrica copernicana, abordado desde los contextos histórico-culturales que propiciaron la creación del modelo astronómico de Nicolás Copérnico.

En este orden de ideas, con base al estudio de la formulación astronómica que se encuentra propuesto por Copérnico en donde describe su teoría Heliocéntrica la cual se encuentra fundamentada por medio de observaciones y cálculos matemáticos. Por ejemplo, el uso frecuente de fuentes antiguas, en el ámbito renacentista constituyó circunstancias especialmente significativas para la astronomía copernicana como una manera de revolucionar el estudio de la ciencia.

La importancia de este abordaje radica en estudiar las diferentes teorías que indicaban que el universo estaba conformado como Copérnico indicaba en sus investigaciones, pues de aquellos contextos, sin negar, desde luego, la genialidad del creador de la hipótesis. Esto en cuanto entendamos la ciencia no sólo como un cuerpo objetivo de postulados, sino también

como un desarrollo discontinuado que no sólo a nivel epistemológico, sino también histórico (Méndez, 2000 p. 528). En consecuencia, los conceptos científicos también obedecen a unos contextos histórico-culturales que propician su surgimiento y que, al abordarlos, permiten una mejor comprensión de las teorías científicas.

De ahí entonces este trabajo, buscar señalar de una manera adecuada el contexto histórico-cultural que permitió el surgimiento de la concepción astronómica de Copérnico. En este sentido, consideraremos como contexto histórico, al ambiente renacentista de la Europa del siglo XVI que fue la época en que Nicolás Copérnico produjo su obra científica, pues allí veremos cuestiones como la interacción de la ciencia con los valores y teorías dominantes de la época, que eran contrarias al nuevo modelo copernicano.

El presente trabajo a partir del primer capítulo resaltaré la importancia acerca del desarrollo del modelo heliocéntrico desde la antigüedad hasta la teorización propuesta por Copérnico, pues de manera se hará énfasis en el contexto histórico-cultural que permitió la aparición del modelo astronómico copernicano. Con el estudio de herramientas científicas dedicaremos unas páginas al impacto que tuvo el modelo astronómico copernicano en posteriores autores como Galileo, Kepler e inclusive Kant que a través de sus indagaciones vinieron a consolidar la formulación heliocéntrica de Copérnico desde el momento de su aparición. Finalmente, queremos mencionar que este trabajo además de inscribirse en los estudios que se han hecho respecto de la obra científica de Copérnico, también es un aporte para realzar la importancia de utilizar los contextos histórico-culturales para empoderar el conocimiento respecto de los conceptos científicos, en este caso, los de la física y la astronomía que se encarga de estudiar la estructura, composición y movimientos de los cuerpos celestes y fenómenos estelares del universo.

Con esto, en el segundo capítulo se contemplan los principales hallazgos acerca de la teoría

heliocéntrica que desarrolla un modelo astronómico en el cual la Tierra y los planetas se mueven alrededor de un Sol relativamente estacionario y que está al centro del Sistema Solar, a partir de esta afirmación se busca identificar la manera en cómo fue ejecutada desde su aparición y que importancia muestra actualmente para la enseñanza de esta ciencia dado que, a nivel histórico, el heliocentrismo se oponía al geocentrismo, que colocaba en el centro a la Tierra.

En el tercer capítulo se revelan los aspectos históricos más importantes acerca de la teoría copernicana desde un contexto histórico, es decir, como brindar un conocimiento de los referentes, los cuales se fundamentan en:

- (i) La Tierra se mueve y gira, junto a los demás planetas, alrededor del Sol pues la Tierra ya no era de total forma singular dado que pasó a ocupar un segundo plano.
- (ii) El Sol se rige gracias al Cosmos, ocupando la posición central como una antesala para hacer comprensible la valoración de los conocimientos físicos en el modelo copernicano desde la época del Renacimiento, con énfasis en sus modelos explicativos del mismo permitiendo dar una mirada analítica en su actuación.

Capítulo I

1. Planteamiento de Problema

1.1.Descripción del Problema

El modelo cosmológico heliocéntrico de Copérnico, revisado y mejorado por la ciencia actual, surgió en una época que propiciaba el auge por la investigación científica. No es que antes de Copérnico, el interés por la ciencia fuera menor, sino que el ambiente cultural y renacentista en la Europa del siglo XVI publicó un modelo del Universo en el que el Sol y no precisamente la Tierra se encontraba en el centro. Las anteriores indagaciones acerca de cómo estaba compuesto el universo se mantenían desde el siglo II, cuando Claudio Tolomeo plantea un modelo geocéntrico que fue utilizado por astrónomos y pensadores religiosos durante mucho siglos, con base a esto Nicolás Copérnico formuló y defendió en que se fundamentaba el modelo heliocéntrico en su obra "*De revolutionibus orbium caelestium*" obra que se publicó tiempo antes de su muerte en año 1543, obra que se constituye como un marco el cual permite el surgimiento de una visión audaz, como fue el modelo cosmológico copernicano.

Este es el problema al que nos enfrentamos en este trabajo, en el sentido de indicar el influjo histórico-cultural en la cosmovisión heliocéntrica de Copérnico. Por lo anterior, es importante resaltar la importancia del análisis del contexto histórico-cultural. De esta investigación, puede observarse qué fuentes fueron utilizadas y como las utilizó. Este acercamiento al modelo heliocéntrico, nos permite ver, por ejemplo, como también

participa el ideal perfeccionista pitagórico del cosmos en donde relata que:

“Para Pitágoras la visión fundamental consistió en que el universo es un *cosmos*, un todo ordenado y armoniosamente conjuntado. El destino del hombre consiste en considerarse a sí mismo como una pieza de este cosmos, descubrir el lugar propio que le está asignado y mantener en sí y en su entorno, en lo que está de su parte, la armonía que es debida de acuerdo con el orden natural de las cosas” (Miguel de Guzmán, 2019)

En virtud de lo anterior, esta tendencia soporta su modelo para lograr la perfección. Ahora bien, en este contexto, el tipo de afirmaciones son las que pueden extraerse cuando se aborda un estudio del contexto histórico cultural de una teoría y, con ello, se podría abrir la puerta a una más amplia comprensión de las nociones de la física o de la astronomía. A lo expuesto anteriormente, como preámbulo se hace necesario formular la siguiente pregunta:

¿Cuáles fueron las características que permitieron la difusión de la teoría heliocéntrica copernicana y el contexto histórico-cultural a la cual se enfrentó?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar un estudio del modelo heliocéntrico copernicano por medio de un análisis de contexto histórico-cultural en el que se formula el modelo heliocéntrico copernicano, en el sentido de señalar la manera en la que influye este contexto en la producción de la teorización astronómica de Copérnico y su posterior impacto.

1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Describir las aproximaciones al desarrollo del modelo heliocéntrico del Universo con anterioridad al postulado por Nicolás Copérnico.
- Describir las razones que permitieron a la teoría heliocentrista copernicana consolidarse como influencia en los estudios astronómicos del siglo XVI más reconocidos en la Europa occidental.

1.3. **Diseño Metodológico**

La metodología del trabajo comprendió tres fases que involucraron la revisión bibliográfica de algunas publicaciones de mayor relevancia para este trabajo.

FASE I (Indagación): publicaciones de mayor relevancia para este trabajo, donde se encontró, por ejemplo, obras por parte de María José Martínez Benavides quien da a conocer los diferentes diálogos con base a la vida y obra de Platón con referente a los estudios que determinaron la teoría de Copérnico. Igualmente, para esta primera fase indagatoria se utilizaron, entre otros, textos de Thomas Kuhn y de Bertrand Russell en lo referente a los entornos de la teoría copernicana.

Tabla 1: *La teoría heliocéntrica.*

Muchos de estos autores relatan la manera en la que surgió la teoría Heliocéntrica y como dio paso a una discusión acerca de como se encontraba compuesto el universo, con la teoría heliocéntrica de Nicolás Copérnico se abre paso a un debate en la Teoría geocéntrica que proponía que los planetas eran epiciclos y los estudios realizados por Aristóteles quien da una perspectiva sobre la Tierra que se encontraba inmóvil.

Se sabe que la teoría geocéntrica (también llamada modelo geocéntrico, geocentrismo o modelo ptolemaico) es una teoría astronómica que sitúa a la Tierra en el centro del universo, y a los astros, incluido el Sol, girando alrededor de la Tierra (geo: Tierra; centrismo: agrupado o de centro).

La teoría heliocéntrica fue propuesta en la antigüedad por el griego Aristarco de Samos, quien se basó en medidas sencillas de la distancia entre la Tierra y el Sol, determinando un tamaño mucho mayor para el Sol que para la Tierra.

Fuente: El autor.

La tabla 1 muestra la manera en la que se describe la teoría heliocéntrica y desde ese punto dicha teoría tuvo una gran importancia desde el mismo momento en que fue concebida pues revolucionó la manera en la que el universo era percibido y como este se encontraba conformado. Se sabe que esta visión rompió con el modelo que reinaba en la sociedad de entonces y fue recibido como un ataque a la Iglesia católica.

FASE II (Interpretación): Una vez encontrados textos, libros de investigaciones, críticas y artículos, procede a una segunda fase que contempla el estudio documental, en donde se centra la comprensión y análisis de cada indagación, dando a conocer diferentes puntos de vista enmarcados siempre en donde procede la comprensión de los estudios impartidos por Nicolás Copérnico. Una vez analizado el material bibliográfico, nos adentramos en la fase de Análisis interpretativo.

Tabla 2: *Contexto histórico cultural de la teoría copernicana.*

Mientras que el geocentrismo afirma que la Tierra es el centro del universo, el heliocentrismo afirma que es el Sol el que tiene una posición fija y el resto de los planetas, incluyendo el nuestro, está girando a su alrededor.	El heliocentrismo fue propuesto en la antigüedad por el griego Aristarco de Samos, quien se basó en medidas sencillas de la distancia entre la Tierra y el Sol, determinando un tamaño mucho mayor para el Sol que para la Tierra.
Históricamente, el heliocentrismo se oponía al geocentrismo, que colocaba en el centro a la Tierra.	El heliocentrismo ya fue formulado en la antigüedad por Heráclides de Ponto y Aristarco de Samos, pero sería Copérnico quien lo sacaría definitivamente a la luz.

Fuente: El autor.

La tabla 2 Muestra el contexto histórico en el que vivió Nicolás Copérnico y la manera en la que revolucionó con su teoría pues no está sólo en sus escritos sino en poner en marcha unos caminos que romperán las barreras del pensamiento y la racionalidad filosófica de las cosas. Con esto, que la vida y obra de Copérnico sigue anexada a lo que se conoció como el mundo antiguo, puesto que ciertas premisas cosmológicas siguen estando vigentes desde la perspectiva de su pensamiento como los dos grandes principios de uniformidad y circularidad.

FASE III (Análisis interpretativo): Esta fase nos permitimos denotar las principales circunstancias en las cuales se desarrolla el modelo heliocéntrico copernicano del Universo y como este impactó en la comunidad científica que estudia estos avances en la actualidad.

Tabla 3: *La revolución copernicana.*

La teoría copernicana eliminaba la perspectiva de que los planetas eran epiciclos.	Esta teoría iba en contra de los principios de la iglesia, pues la curia se encargaba de gobernar Europa para aquella época.
La vida y obra de Nicolás Copérnico salió a la luz una vez este científico fallece, lo que deja de cierta manera en un interrogante como podría estar conformado el universo,	Científicos como Kepler y Newton potencializaron la discusión acerca de los orígenes y conformación del universo gracias a la teoría copernicana.

si detrás hay teorías que dicen lo contrario.

Fuente: El autor.

La tabla 3 muestra los estigmas más importantes acerca de la teoría copernicana como una revolución dado que, Copérnico da pie a un cambio en la mentalidad de los individuos de aquella época que dan paso a conocer lo que es la modernidad también significó una deferencia de la naturaleza desde un nuevo pensamiento científico desde la racionalidad filosófica que implicaba estudiar la ciencia, permitido por el uso de la razón humana sin sujeción al principio de autoridad.

1.4. Antecedentes

El trabajo realizado por el científico Nicolás Copérnico marca un hito en la historia de la ciencia. Sus aportes científicos, además de su genialidad, también fueron propiciados en el ambiente renacentista propio de la época en la que vivió. Sobre ello, Blanco (2008) nos ofrece un panorama muy completo del trasfondo histórico-cultural de la obra copernicana. En tal sentido, describe las características del modelo heliocéntrico de Copérnico el cual fue uno de los astrónomos más importantes de la historia, dado que su teoría proponía: "El modelo cosmológico que sitúa al Sol en el centro del universo y hace girar a la Tierra en torno a él" (p. 6), desde la antigüedad astrónomos como Aristarco de Samos tenían esta visión del universo, dando apertura a una revolución astronómica se conoce que el modelo copernicano se regía por una serie de hipótesis las cuales eran: el universo y la tierra son esféricos lo que genera un movimiento circular, se conoce que el movimiento de los cuerpos celestes en regular, circular y se encuentra compuesto por movimientos circulares en donde se distingue gracias a una serie de movimientos que son diurno causado por la

rotación de la Tierra en veinticuatro horas que atraviesa todo el universo, esto indica que esta también el movimiento anual del Sol que es causado por la traslación de la Tierra alrededor del Sol en un año.

Continuo a esto se encuentra un movimiento mensual que va desde la Luna y pasa por alrededor de la tierra, como movimiento planetario se encuentra que, la composición del movimiento propio y el de la tierra, generando una retrogradación sobre el movimiento de los planetas al ser aparente y no ser un movimiento verdadero debido al movimiento de traslación de la Tierra alrededor del sol. En referencia al tamaño del cielo es claro decir que con respecto a la magnitud de la tierra es realmente inmenso, pues el orden de las orbitas celestes puede llegar a criticar el orden en que la astronomía ptolemaica asignaba a los planetas dado que se genera un orden correcto de su alejamiento del Sol.

Los postulados descritos anteriormente, cambiaron la manera de ver el universo. La Tierra ya no ocupaba el lugar preponderante y enfáticamente:

“Las consecuencias de la revolución copernicana, se dice, consistió en desplazar a la Tierra de su lugar anteriormente aceptado como centro del universo, situándola en un lugar subordinado como un planeta más que gira alrededor del Sol Según las afirmaciones de la teoría copernicana” (Ayala, 2009 p. 9).

Ahora bien, la teoría heliocéntrica copernicana surge, entonces, en el contexto histórico-cultural del Renacimiento. Época esta que aún vivía en las fundaciones de la tradición cristiana y que veía el heliocentrismo copernicano una doctrina peligrosa (Espinosa, 2014: 67). Ahora bien, cuando se habla de la obra de Copérnico, siempre se la vincula a la época en la que vivió. Se ha considerado que la adquisición de todos los conocimientos en el estilo del “ideal renacentista” fue importante en la construcción del sistema heliocéntrico copernicano (Brieva, 1974: 40). Es decir, en general, el estudio de la obra de Copérnico

que, al fin de cuentas, en astronomía, fue el texto llamado *De revolutionibus orbium coelestium* (Sobre las revoluciones de los orbes celestes), se hace en el contexto en el que fue elaborado. De hecho, Hawking (2004) en el estudio de la obra, recoge el marco histórico-cultural para abordar la formulación del universo copernicano. En este sentido histórico-cultural, se emprende, entonces, el estudio del sistema heliocéntrico de Copérnico. A nivel institucional se encontraron unos documentos que hablan acerca del tema sobre Nicolás Copérnico y como su influencia abre paso a estudios más allá del pensamiento filosófico y matemático de este científico pues es necesario indicar que las ciencias han permeado en estudios que fundamentan de mejor manera la existencia y orden de las cosas. Por ende, (Costa Gomes, 2014) realiza el estudio “*Copérnico vs Ptolomeu: Discutindo a natureza da ciência no ensino médio*” Trabajo el cual describe la planificación y ejecución de un plan de lecciones para el segundo año en Brasil, o cuyo objetivo conducirá a una discusión sobre aspectos de la Naturaleza de la Ciencia en el aula. Para ello, se utilizó en la discusión histórica, en los siglos XV y XVI, de los modelos copernicano y ptolemaico del sistema solar. Se observaron cambios en los perfiles conceptuales sobre dos estudiantes o realizando un trabajo científico.

Capítulo II

2. La Teoría Heliocéntrica

2.1. Preámbulo

Como se plantea metodológicamente por medio de la Fase I que corresponde a la Indagación se analizarán los principales manuscritos que dan apertura al estudio de la teoría de Nicolás Copérnico y como ha permeado sus avances en las demás indagaciones que

relatan el origen y conformación del universo. Ahora bien, la teoría heliocéntrica es una concepción acerca del cosmos y que, generalmente, se entiende como un modelo en el que el Sol está en el centro y la Tierra y los demás planetas giran alrededor del mismo. Esta concepción ha tenido un particular trasegar en la historia de la humanidad, su impacto aún es vigente y nuestra concepción del mundo depende en buena parte de dicho esfuerzo teórico-experimental que consiste en la observación, manipulación y registro de una serie de variables las cuales pueden llegar a afectar un objeto, bajo esta premisa se establece una observación detallada de aquellos fenómenos físicos que se evalúan en base a una teoría que brinda una explicación lógica acerca del comportamiento físico de la naturaleza con esto se puede decir que sus orígenes son bastante antiguos y en las siguientes páginas veremos cómo ha sido su evolución en la historia pues Copérnico desde sus saberes se basaba en observaciones y cálculos matemáticos, pero también en ideas filosóficas que tenían la oportunidad de darle un sentido de existencia a las cosas, como que el círculo “es la forma más perfecta de todas”, por ende se creía en un universo finito en donde el universo de cierta manera es grande y se encuentra formado por ocho esferas que estaban girando en torno al sol. (Kowalczyk, 2019).

La importancia de este abordaje radica en estudiar las teorías como un desarrollo de un concepto que poco a poco fue evolucionando, para que el discente, observe que las formulaciones teóricas sean originales aun cuando apalean el rasgo de genialidad, también es claro que surgen en un contexto histórico-cultural que propicia su surgimiento. Esta entrada nos prepara entonces para que, más adelante, entremos a fondo con la propuesta de usar los contextos como mediadores en el proceso de aprendizaje para los estudiantes de física y también de poder revitalizar las sabidurías de la astronomía en la educación secundaria. Veamos, entonces, como se fue presentando la discusión alrededor del modelo

heliocéntrico.

El Sol en el centro en del universo y la Tierra girando alrededor del Sol, como los demás planetas, es lo que se conoce como teoría heliocéntrica (Calderón, 2017 p. 86). Esta concepción quedó confirmada por las exploraciones espaciales de nuestra época en donde se han realizado estudios con referencia a la existencia y origen del universo que son liderados principalmente por la NASA en donde se realizan exploraciones de los componentes de la galaxia. Con lo anterior se da apertura a como son sus orígenes datan de la época antigua y retomó impulso en la formulación copernicana. Veamos cómo fue este desarrollo.

2.2. Los Pitagóricos

Pitágoras es el personaje central de una escuela de pensamiento, originada en el siglo V a. C, que se estableció en el sur de Italia y cuyos temas eran tanto de cosmología como de metafísica o de ontología (Beauchot, 2004 p. 28). Sus influjos son todavía vigentes en la moderna ciencia. Para comprender esta influencia en el campo de la física y la astronomía es necesario detenernos en el pensamiento pitagórico.

De acuerdo con, Pitágoras, se instaure la matemática como forma válida de demostración (Russell, 1903) y ello condujo a entender muchas cosas en clave de número en donde se ofrece un estudio exacto y de operaciones matemáticas por ende esta noción se establece a partir de:

“Dada cualquier serie de nociones, un término es definible mediante ellas cuando, y solo cuando, es el único término que tiene con alguna de ellas una cierta relación que por sí misma es una de las citadas nociones que definen el origen de la

matemática”. (p. 111)

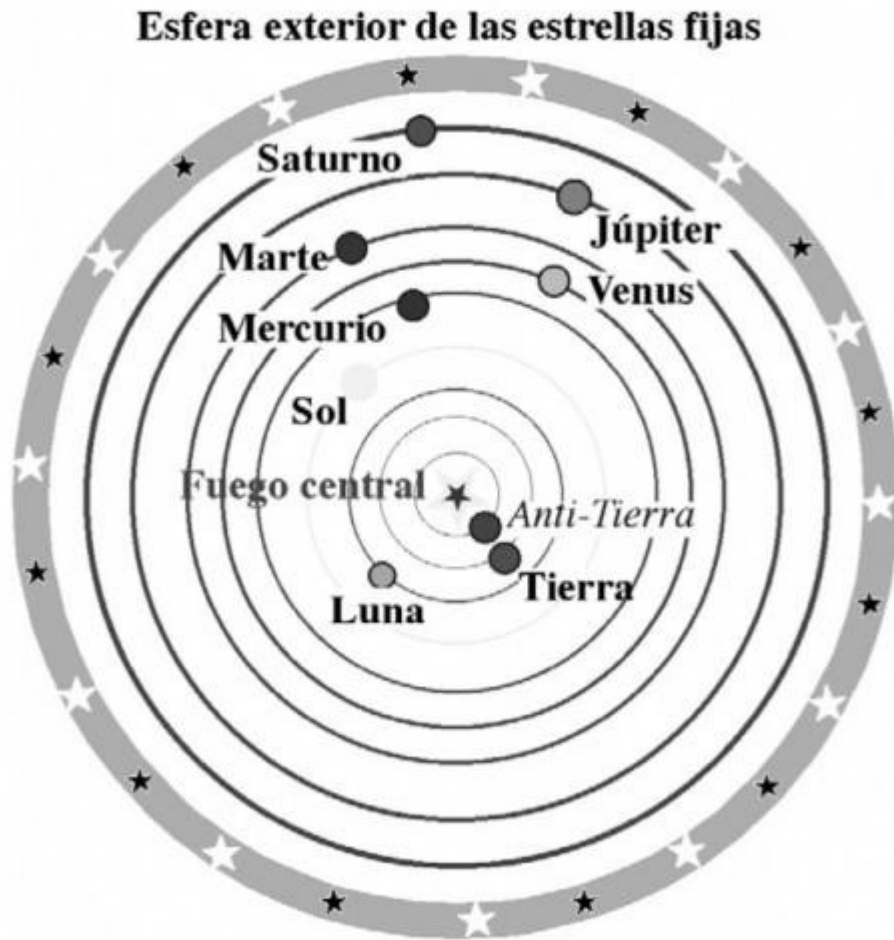
Interpretar lo que ocurre en el mundo físico por medio de números fue una invención pitagórica y a ellos debemos que la manera de conocer la naturaleza la conozcamos mediante las fórmulas matemáticas (Gutiérrez, 2008 p. 7). Este mismo autor enfatiza lo siguiente:

“De esta forma enunciaron que los números son el origen de todo y constituyen la sustancia de las cosas, y cada cosa tiene un número o relación numérica que la hace diferente a las demás.” (Gutiérrez, 2008 p. 7).

En efecto, la aritmética, la geometría y la música que eran la matemática de aquella época, constituyeron un objeto de estudio muy apreciado por los pitagóricos (Beauchot, 2004 p. 29). Ahora bien, dichos estudios se realizan, en números. Pero en los pitagóricos, el número, además de expresar la geometría o la aritmética también ostentaban un concepto ontológico importante. De hecho, el número era la causa de las cosas, en cuanto son los límites que definen las cosas, al igual que los puntos también determinan las figuras (Beauchot, 2004 p. 30).

Por consecuencia, la física y la astronomía se expresan desde esa época en números. Ahora bien, igualmente, en esta misma manera fue formulado el esquema del universo. Correspondió, según las investigaciones históricas, plantear el esquema del universo a Filolao de Tarento, quien fuera discípulo de Pitágoras, quien vivió hacia el siglo V a. C. Según este autor, el universo era de forma esférica con un gran “fuego central” respecto del cual giraban los otros cuerpos celestes conocidos en la época, es decir, la Tierra, el Sol, la Luna y los pocos planetas que se podían divisar en ese momento histórico (Koestler, 1981 p. 37). Cabe aclarar que aquí, el centro del universo correspondía al gran “fuego central” que era distinto al Sol.

Ilustración 1: *Universo de Filolao de Tarento*



Fuente: (Liern, 2014 p. 20)

La relación numérica se observa en que todos los cuerpos celestes conocidos giran alrededor del fuego central en su propia esfera, teniendo de momento nueve cuerpos, pero Filolao firme continuador de la tradición pitagórica introdujo otro planeta denominado Anti-tierra, pues el número diez, era un numero altamente apreciado por el pitagorismo, pues era el resultante de la suma de los cuatro primeros números eran importantes (Liern, 2014 p. 20). Además, de esta sumatoria perfecta en la que su simbolismo generaba orden y

armonía, también se identificaba con la escala musical que también sumaba diez descrito de la siguiente manera: “ $1+2+3+4=10$ ” (Liern, 2014: 20). En general, desde lo perfecto de los números, los pitagóricos pensaron que así debía regirse el orden de la naturaleza, de hecho, a partir del número, pensaron en configurar el entendimiento de los fenómenos físicos.

Además, dicho fuego en interacción con otros elementos era el creador de los cuerpos celestes, que se encuentran dentro del planeta tierra o del agua. Desde luego, que esta concepción está invadida de misticismo que consistía en una corriente religiosa, pues los temas de la unidad, la armonía o el mismo “fuego central” implican una concepción mística de las cosas. Pero también implica una mirada audaz, pues ya se pensaba que la Tierra no era un elemento central dentro del gran cosmos, pues existe una fuerza cosmológica superior, mística para los pitagóricos, alrededor de la cual dependían los demás cuerpos del cosmos.

Pero además de eso, uno de los legados imperecederos de la escuela pitagórica fue haber intentado traducir las cosas en números (Copleston, 2001 p. 48). Esto se reflejó en la concepción del universo y tanto más en las nociones de la física. Expresaron también en números, el volumen del sonido y la magnitud con la que se produce o que el conocimiento de la distancia podía servir para medir la velocidad de los cuerpos celestes.

Así pues, toda la naturaleza se podía entender en números, fuera una figura geométrica o un sonido, lo que quiere decir en una forma singular de expresar en números, de ahí se creaba la velocidad del sonido y así con las demás magnitudes y propiedades físicas (Copleston, 2001 p. 48).

Por lo anterior, con los pitagóricos, la física y la astronomía encontraron su expresión numérica dado que de esta manera se hallaron las numerosas contribuciones matemáticas que fueron atribuidas gracias a los estudios impartidos por los pitagóricos en donde

destacan por su importancia mediante las diferentes fórmulas de carácter algebraico y geométrico. Pero, además con ellos inicia el camino la teoría heliocéntrica que siglos más adelante traería el surgimiento de una segunda propuesta heliocéntrica. Con lo anterior se hace un énfasis a la vida y obra de Kepler en donde se revelan hallazgos impresionantes dado que plasmo su forma de pensar en diferentes manuscritos en donde gracias a sus aportes la perspectiva acerca de la física y astronomía cambiaron la perspectiva sobre la manera en la que es ejecutada la óptica, la física celeste y la filosofía de la ciencia según el estudio de las ciencias y sus componentes. Así mismo (Castilleja, 2006):

Una de sus mayores aportaciones fue romper con la representación de los movimientos por medio de círculos. Antes de la obra de Kepler no había ninguna razón para sospechar que los movimientos planetarios no fueran circulares. Se creía que al ser los cielos el reino de la perfección, y por ser el círculo y la esfera las figuras más perfectas geoméricamente, éstos representaban el movimiento natural para los cuerpos celestes. La idea de un movimiento circular perfecto era tan bella que era imposible considerar ningún otro tipo de figura geométrica al construir modelos planetarios (p. 50).

2.3. Aristarco de Samos

La propuesta heliocéntrica que fue elaborada por Aristarco de Samos, científico quien vivió hacia el siglo III A.C reafirmaba en su teoría que, los planetas se mueven únicamente en alrededor del Sol, con esta premisa se llega a la consumación de como se viene observando la sombra del Planeta Tierra que se desplazaba sobre el disco de la Luna al momento de aparecer un eclipse.

De esa teoría se ha dicho que es, propiamente, heliocéntrica, pues entendió que las estrellas permanecen fijas y los planetas giran en torno de ellas en orbitas circulares, siendo el Sol, el centro del cosmos y alrededor giran las estrellas y la Tierra (Galindo, 2010 p. 110). Aristarco, llegó a estas conclusiones con base en observaciones y cálculos, de donde surgió la magnitud más grande del Sol basado en los diámetros que podía verse en los eclipses y, también de ahí, señaló las distancias de los planetas conocidos hasta el momento (Galindo, 2010 p. 110).

Estas mediciones que se realizaban desde la teoría heliocéntrica, principalmente se fundamentaba en la observación, sin utilizar como instrumentos como los que se ven en la actualidad. De hecho, puede considerarse un error de cálculo, pero dejó planteado el esquema general de cómo funciona nuestro sistema solar.

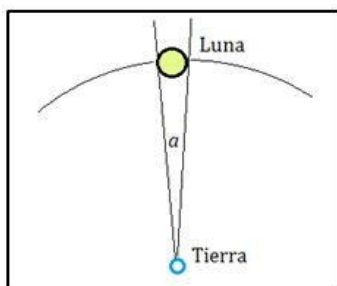
Claro es que la teoría heliocéntrica formulada por Aristarco tenía rendimientos propios en el campo de la astronomía así mismo establece la medición de los ángulos entre el Sol y la Luna, así mismo continuó con el método numérico e introdujo el uso de la geometría para esquematizar el cosmos.

Esta teoría fue duramente criticada por sus contemporáneos. Pues, en el tiempo de Aristarco, el geocentrismo dominaba en el campo científico, donde la influencia de Platón y fundamentalmente la de Aristóteles, en el sentido de ser la Tierra el centro del universo en una perfecta armonía de los cuerpos celestes hizo que los métodos de observación de Aristarco fueran catalogados incluso como “impíos”. En un escenario ideal, paradójicamente, heredado de la tradición pitagórica, la uniformidad es el fundamento para explicar el universo y para ello se utilizaron modelos matemáticos que describieran ese orden. Por esto, las observaciones que descubrieran las anomalías en ese orden perfecto fueron descalificadas, tal y como ocurrió con la posición heliocéntrica de Aristarco de

Samos. Habría que esperar una irrupción decisiva en los métodos e instrumentos de observación para que renaciera la teoría heliocéntrica impuesta por Copérnico para que los demás científicos pusieran a prueba su teoría.

(Arenzana, 2018) Muestra que la teoría de Aristarco de Samos toma como referente las relaciones entre medidas astronómicas entre el Sol y la Luna y la Tierra a la Luna, pues dedicó su vida a ejecutar y observar la Luna sobre el fondo de las estrellas fijas del Zodiaco. También se analizó este fenómeno sin ningún tipo de instrumento, de ahí se obtuvo que el diámetro aparente de la Luna ocupa la quinceava parte de un signo del Zodiaco. Lo que significaba que el diámetro aparente de la Luna, en la Ilustración 2 el ángulo α , era de 2° , valor muy diferente del real y sorprendente porque Arquímedes (287-212) en el Arenario¹ afirmaba que Aristarco encontró que el diámetro aparente del Sol, que era parecido al de la Luna, era unas setecientas veinteavas parte de circunferencia, es decir de $0^\circ 30'$.

Ilustración 2: *Medición de la Luna a la tierra según Aristarco de Samos*



Fuente: Arenzana, (2018)

Dentro de la (Colección matemática, s.f p. 340) que el círculo del Zodiaco es seiscientas cincuenta veces el diámetro de la Luna, lo que quiere decir que el diámetro de la Luna se

¹ ARENARIO: Este término etimológicamente es de procedencia latina bajo denominación «arenario» que quiere decir arenales. El arenario se da gracias a Arquímedes calculó un límite superior para el número de granos de arena necesarios para llenar el universo

veía bajo un ángulo de:

Ecuación 1: *Medición del Círculo del Zodíaco*

$$\frac{360^\circ}{650} = 0^\circ 32' 16''$$

De esta observación podemos obtener una relación entre la distancia de la Tierra a la Luna (DL) (que es el radio de la órbita de la Luna alrededor de la Tierra) y el radio de esta (RL)

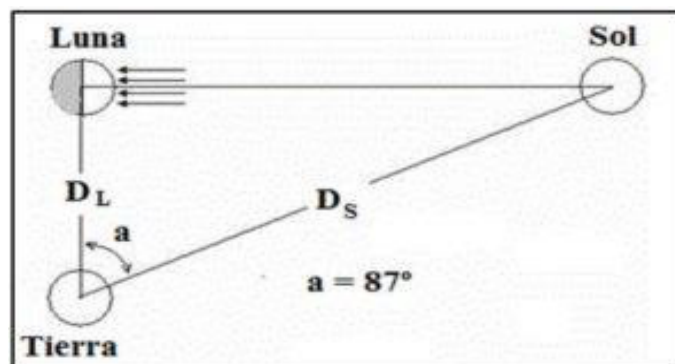
Ecuación 2: *Distancia de la Tierra a la Luna*

$$2R_l = \frac{2 \cdot \pi \cdot DL}{650} \rightarrow R_l = \frac{\pi \cdot DL}{650}$$

2.3.1. La Relación Entre las Distancias de la Tierra a la Luna y de la Luna al Sol

Aristarco estableció una relación entre las distancias de la Tierra al Sol y a la Luna mediante una idea ingeniosa, que tomó como punto de partida de sus razonamientos.

Ilustración 3: *Medidas de la distancia*



Fuente: Arenzana, (2018)

Supuso que cuando un observador veía iluminada exactamente la mitad del disco Lunar, los rayos de la luz emitidos por Sol que iluminaban la Luna formaban con la visual Tierra-

Luna un ángulo de 90° . En ese momento, Aristarco realizó la medida del ángulo que formaban las visuales desde la Tierra al Sol y a la Luna que era una trigésima parte menor que un cuadrante. Lo que significaba que formaban un ángulo de 87° . Y calculó:

Ecuación 3: *Angulo de visibilidad de la tierra al sol y la luna.*

$$\text{sen}3^\circ = \frac{D_L}{D_S}$$

Como Aristarco no tenía tablas trigonométricas, aproximó la relación mediante fracciones:

Ecuación 4: *Relación de fracciones.*

$$\frac{1}{20} < \text{sen}3^\circ = \frac{D_L}{D_S} < \frac{1}{18}$$

La medida de Aristarco no era buena, en realidad el ángulo a era, aproximadamente, $89^\circ 50'$ y se obtendría:

Ecuación 5: *Distancia tierra al sol.*

$$\text{sen}10' = \frac{D_L}{D_S} = \frac{29}{10000}$$

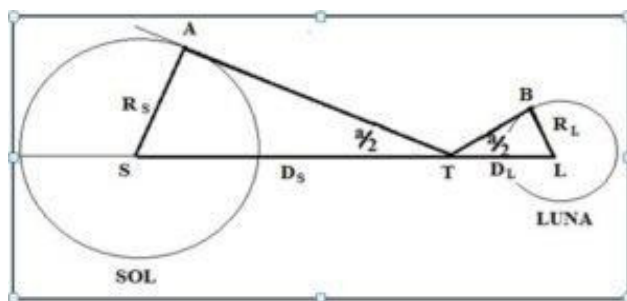
Lo que significaba que la distancia de la Tierra al Sol debía ser casi trescientas cincuenta veces mayor que la distancia de la Tierra a la Luna.

2.3.2. *Relación Entre los Tamaños de la Luna al Sol*

Aristarco había observado también que el diámetro aparente del Sol era aproximadamente el mismo que el de la Luna. Nosotros consideraremos la relación mejorada que nos ha dado

Pappus que decía que era la seiscientos cincuentava parte de la circunferencia. Arenzana, (2018).

Ilustración 4: *Diámetro del Sol a la Luna*



Fuente: (Arenzana, 2018)

Si el diámetro aparente del Sol era igual al diámetro aparente de la Luna. El ángulo bajo el que se ven los radios del sol y la Luna será $a/2$ y los triángulos TAS y TBL de la figura serán semejantes, por lo que se verifica que:

Ecuación 6: *Diámetro aparente del sol.*

$$\frac{D_L}{D_S} = \frac{R_L}{R_S} = \frac{29}{10000}$$

Esta relación indica que distancias y los radios son directamente proporcionales. Pero, en ese momento histórico exactamente en el siglo III A.C no se disponía de la medida de ninguna de las magnitudes que intervenían en las relaciones dadas por Aristarco. Por ello, la medida del radio de la Tierra para ese momento histórico era inexacto. Con lo anterior, el gran mérito de Aristarco fue desarrollar un método para medir el tamaño de la Luna y el Sol, a partir del radio de la Tierra, aunque para esa época este último dato fuera una incógnita (Galán Adamuz, 2012 p. 76). Finalmente, Aristarco en su formulación heliocéntrica propuso que los planetas, la Tierra incluida, se movían alrededor del Sol (Ruiz, 2012 p. 122). En este sentido, existe una similitud, en lo atinente a la concepción

cosmológica, con Copérnico.

2.4. El Modelo Copernicano

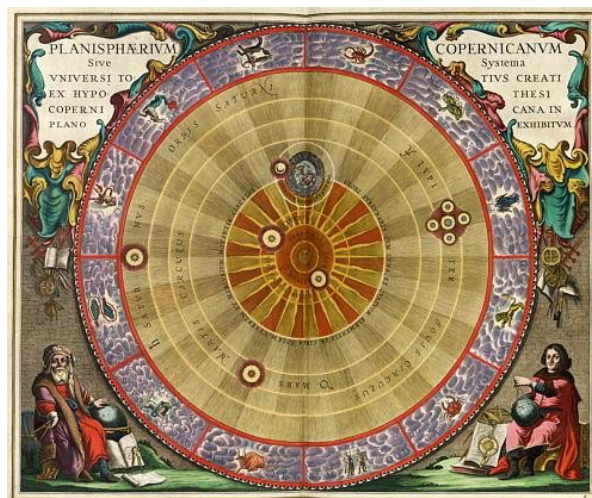
Alrededor del siglo XVI d.C Nicolás Copérnico (1473-1543), un canónigo de origen polaco hace una publicación acerca de un modelo que se fundamenta en el Universo, indicando que el Sol y no la Tierra estaba en el centro. Esto sin duda fue un impulso para evaluar diferentes hipótesis acerca de cómo estaba compuesto el universo, que como se menciona con anterioridad, fue en las fundamentaciones de Ptolomeo, que más o menos hacia el siglo II planea un modelo geocéntrico que fue utilizado por astrónomos y pensadores religiosos durante muchos siglos.

Apoiado en los descubrimientos que habían hecho los antiguos, como lo fue la teoría Aristarco de Samos, Nicolás Copérnico esbozó y discutió el modelo heliocéntrico en su obra "*De revolutionibus orbium caelestium*" que se publicó justo antes de su muerte en 1543. Allí planteó una nueva teoría que rompía con la tradición científica y abrió la era para la modernidad. El modelo propuesto por Copérnico tuvo una considerable repercusión en la astronomía, y en general aportó una nueva manera de entender el cosmos pues, fundamentalmente, su teoría establecía que la Tierra giraba sobre sí misma una vez al día, y que una vez al año daba una vuelta completa alrededor del Sol, aparte de esto aseveraba que la Tierra, en su corriente rotatorio, se inclinaba sobre su eje (como un trompo). Sin embargo, aún mantenía algunos principios de la antigua cosmología, como la idea de las esferas dentro de las cuales se encontraban los planetas y la esfera exterior donde estaban inmóviles las estrellas.

En este sentido, el modelo copernicano, seguía ligado a la antigüedad. Pues, también pretendía mostrar una descripción precisa del cosmos, recurriendo al ideal platónico acerca

de los movimientos armónicos simples para explicar la complejidad del movimiento celeste y, por otro lado, de interpretar de manera realista las hipótesis matemáticas para que, con esto, se pudieran denotar los fenómenos físicos realmente existentes (Santos, 1974 p. 37). Es decir, buscar explicaciones precisas y verdaderas y que también fueran exactas (Santos, 1974 p. 38). Se puede observar, entonces, que, en principio, el modelo copernicano es una explicación matemática del universo, al igual sus antecesores. El modelo de Nicolas Copérnico afirmaba claramente que todo se entendía mejor manera si los cuerpos objeto de estudio y la Tierra giraban en torno al Sol pues de no ser de esta manera dichos cuerpos y el Sol giraban en torno a la Tierra, de acuerdo con el sistema de Ptolomeo y fundamentación.

Ilustración 5: *Sistema heliocéntrico de Copérnico*



Fuente: RMN-Grand Palais /National Geographic (Kowalczyk)

La diferencia con los antiguos es que Copérnico En el siglo XVI, realizo la publicación de un modelo del Universo en el que el Sol (y no la Tierra) estaba en el centro de ahí sustituyó

la inmovilidad de la Tierra por la idea nueva del movimiento de la tierra y debido a ello propuso unos postulados en los que se apoyó su modelo del cosmos y que son los siguientes:

- No hay un centro común a todos los astros.
- La Tierra es el centro de la Luna y de la gravedad (peso):
- El Sol es el centro del sistema planetario: Pues es el centro del sistema solar en donde orbitan los planetas.
- La distancia al Sol es infinitamente pequeña comparada con la que hay en las estrellas fijas
- La Tierra gira diariamente sobre su eje, dando así la impresión de que éste tiene un movimiento anual.
- Las detenciones y retrocesos aparentes de los planetas se deben a la misma causa Santos, (1974: 39).

Además de indicar que los planetas giran alrededor del Sol, también postuló que toda materia posee gravedad o “tendencia a caer”, y por ello los cuerpos grandes atraen materias más pequeñas, por eso los objetos solares tenían tendencia a caer en el Sol (Giban, 2006 p. 24). Igualmente, explicó los movimientos de traslación de la Tierra, el de rotación sobre su propio eje y uno de oscilación que explicaría los cambios estacionales en diferentes épocas del año (Guerrero, 2004 p. 108).

Por otra parte, la similitud que guarda el modelo copernicano con sus predecesores es la utilización de las matemáticas como fundamento para explicar el universo, cuestión heredada del antiguo pitagorismo. Así, por ejemplo, el mismo Copérnico, también estaba convencido de un pilar teórico de los pitagóricos y era que todo el universo estaba hecho de

números, por ende, aquello que fuera matemáticamente verdadero era real y, por supuesto, podía ser astronómicamente verdadero (Burt, 1980 p.57).

En este sentido, puede decirse, entonces que Copérnico era seguidor del pitagorismo y de ahí que su formulación de la teoría heliocéntrica sea continuadora de la antigua tradición pitagórica.

Específicamente, Copérnico organizó la visión de universo en términos objetivos provenientes de la matemática en cuanto el número es una expresión objetiva de la realidad, cuestión esta netamente pitagórica (Arbaizar, 1992 p. 32). Siguiendo esta línea, pretendió ofrecer una visión armónica del universo. Para ello era necesario instalar al Sol en el centro en un estado de reposo y que los demás planetas giraran alrededor para que se obviaran los movimientos irregulares de los cielos (Mínguez, 2008 p. 62). En efecto, una constante irregular en la visión cosmológica antigua era que desde la Tierra se observaba que los planetas iban en retroceso, aquí Copérnico, señaló que esto era solo una apariencia causada por que nuestro planeta también está en movimiento y que, además, todos los planetas giran en torno al Sol en una órbita circular (Valencia, 1989 p. 41).

Es decir, en apariencia vemos los planetas retroceder y, la órbita circular es la que permitía explicar de manera clara esto, pues la vista desde un planeta en movimiento en torno a un centro conlleva a entender que los otros también están en movimiento en orbitas circulares. Sobre esta claridad y sencillez del planteamiento copernicano, Valencia se expresa del siguiente modo que Copérnico hace una exclusión de las grandes irregularidades planetarias en cuanto a la manera en la que se conforman pues el universo logra establecer un límite de simplicidad y armonía que es difícil de hallar en las astronomías estudiadas con anterioridad.

Incluso, algunos han señalado que el objetivo de la formulación heliocéntrica de Copérnico

era “dar con un modo más estético de presentar la tradición pitagórica y no ir contra ella” (Casas, 1993:10). De ahí, como se viene diciendo, con insistencia, que Copérnico como buen pitagórico hizo su teoría, estableciendo una armonía para el orden y la uniformidad escrita en clave numérica.

2.5. La diferencia entre el modelo de Claudio Ptolomeo y el modelo de Nicolás Copérnico

La importancia en cuanto al modelo de Claudio Ptolomeo puede establecerse como una generalidad de la Tierra en el centro y los planetas ubicados en epiciclo dado que realizó un compendio de estudios astronómicos que había para la época, bajo el título de “*Megale Mathematike Syntaxis*” que en la traducción árabe se conoce como Almagesto. (Jiménez, 1992 p. 180).

En este compendio, Ptolomeo presentó los principios de la teoría geocéntrica. Allí señaló, entonces, que la Tierra está en medio del cielo en el centro, que además es esférica, como también lo es el cielo y que no tiene rotación, ni movimiento de traslación (Jiménez, 1992 p.180).

Ptolomeo también pretendía explicar, desde la matemática, que la trayectoria aparente de los astros es el movimiento circular y uniforme, un modelo que permitiera predecir la posición de los astros en el cielo. Y en este sentido, es importante enfatizar que el modelo ptolemaico era, principalmente, para saber la posición de los astros y no era para medir sus distancias (Recio, 2017 p. 264).

Pero también aquí, Ptolomeo enlaza también en cierta idea de uniformidad y de propósito metafísico. En efecto, Ptolomeo era de la opinión, según la cual, no existe nada en la naturaleza que exista en vano, ni siquiera un espacio físico (Recio, 2017 p. 262).

Así, teniendo la convicción de la existencia de la Tierra ocupando el centro del universo se podía calcular el orden de los demás cuerpos celestes en tanto debían necesariamente ocupar un espacio y por ende conocer el espacio en el que se encuentra y las distancias entre sí.

Desde luego que, en un sistema estático, la exigencia para medir las distancias era enorme, pero como ya arriba se dijo, la preocupación de Ptolomeo era predecir y conocer la posición de los planetas. Por eso, en este modelo, el movimiento debía ser aparente y las distancias respondían al modelo diagramado. Este modelo astronómico, como todos los de la antigüedad griega, estaban basados en la medición matemática y ahí estuvo su éxito. De hecho, se ha dicho que el desarrollo de la astronomía griega se debió a la matemática y no a la física (Aguilar, 1995 p. 3).

Esto último es un dato importante en nuestro recorrido, pues ello nos dice que las concepciones del cosmos, bien sea geocéntrica o heliocéntrica, fueron construidas desde las matemáticas. No fue hasta la época contemporánea más reciente que en términos experimentales, se pudo constatar la posición central del Sol en nuestro sistema solar. Pero antes, toda la teorización del cosmos dependía del abordaje matemático.

A lo anterior, cabe añadir, que la concepción geocéntrica y geo estática de Ptolomeo se correspondía bien con la tradición aristotélica. Para Aristóteles la Tierra se encontraba inmóvil en el centro del universo, rodeada de diferentes esferas concéntricas entre las que se encuentran los planetas y, finalmente, la lejana esfera de las estrellas fijas (Jiménez, 2015 p. 234).

Esta teorización fue la que se conoció y defendió en los espacios académicos en la antigüedad y en el medioevo en la Europa occidental. Y así, la formulación geocéntrica de Ptolomeo fue la que estuvo vigente entonces. De una parte, debido al fuerte influjo de

Aristóteles en la época medioeval y, de otra, a que Ptolomeo realizó un completo trabajo de las matemáticas que había en la antigüedad que fue tomado como manual de enseñanza, incluyendo su teoría geocéntrica que también era derivada de la matemática y que, para la época, fue bien recibida por su exactitud.

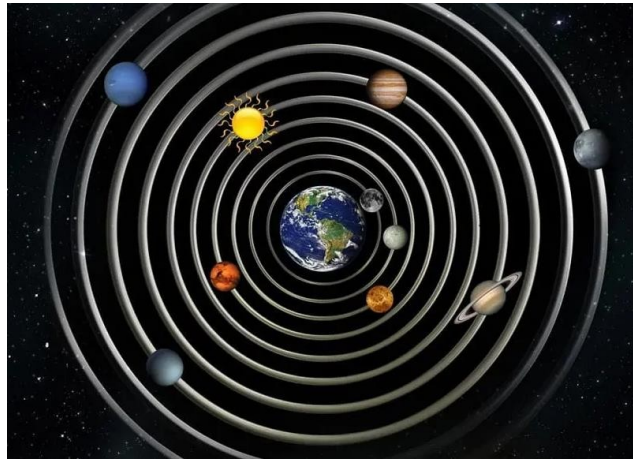
Por ejemplo, los rendimientos que la utilización de esferas para representar la Tierra supuso una ayuda importante para elaborar los puntos de referencia en el mundo conocido de esa época y así ubicar los lugares con longitud y latitud (Uruaña, 2014 p. 159).

De esta manera Ptolomeo desde su teoría geocéntrica propone que la Tierra era el único centro del universo, de esta premisa lo que giraba alrededor era un compendio de cuerpos celestes, de esta manera los planetas giraban alrededor de una especie de esferas, las cuales a su vez giran alrededor de nuestro planeta, causando que todos los cuerpos celestes realizaran una serie de giros perfectos alrededor de la Tierra.

Por lo tanto, podemos decir que cada cuerpo celeste giraba alrededor de un pequeño círculo llamado epiciclo, y este a su vez giraba sobre otro círculo mayor el cual estaba centrado en la Tierra. Estos logros de Ptolomeo, derivados de la matemática y de la autoridad de Aristóteles hicieron que la teoría geocéntrica llegara hasta la modernidad.

Sin embargo, la misma tendencia a utilizar la matemática, fue aquello que, de manera paradójica, determinaría lo errado de la teoría geocéntrica y también señalaría el camino para una nueva concepción heliocéntrica.

Ilustración 6: *Teoría de Claudio Ptolomeo*



Fuente: (Portillo, 2020)

De lo expuesto surge, entonces, el punto de disputa entre la teoría geocéntrica y el heliocentrismo que será definitivo. Se trata del movimiento. Concretamente, si estamos en un planeta que se mueve, o si es un objeto inmóvil en el universo. Recordemos que, desde la postura de Ptolomeo, se adoptó en el mundo antiguo y medieval, una concepción de una Tierra inmóvil que, en un esquema de esferas permitía explicar desde nuestro planeta la posición de los astros. Por el contrario, el heliocentrismo exige movimiento en cuanto la Tierra, al igual que los demás planetas, gira alrededor del Sol.

En este sentido, Copérnico, revisando las teorías antiguas indico la posibilidad de hallar una explicación al “movimiento aparente de los planetas” que pudiera solucionar las aparentes irregularidades de las anteriores concepciones, usando como referencia “lo que se ve” (Coronado, 1991 p. 24). Específicamente, las referencias era el movimiento diurno del cielo, el movimiento de los planetas, el movimiento retrogrado, el cambio de brillo de los planetas y el subgrupo de cuerpos celestes formado por Mercurio, Venus y el Sol. (Coronado, 1991 p. 24).

Quizá esta manera de abordar la formulación copernicana pudiera hacer pensar que estamos

en frente de un empirista, en cuanto, desde la observación de los planetas y del cielo en general se pretendía explicar el universo. Sin embargo, Copérnico era un continuador de la tradición pitagórica-matemática y al igual que sus predecesores explicó el universo en este mismo esquema y allí fue donde triunfó su planteamiento.

En efecto, Copérnico lo que hizo fue una revitalización del heliocentrismo de Aristarco de Samos, cuyo núcleo firme es que las estrellas constituyen el marco de referencia primario para la física (Lakatos 1989 p. 234). Guiado en este punto por la tradición platónica que confería a las estrellas la idealización de ser cuerpos perfectos y, por esta razón, deberían tener un movimiento igualmente perfecto, identificándose, entonces, con la rotación uniforme única en torno a un eje (Lakatos, 1989 p.234).

Notemos, pues, que Copérnico en este plano se sitúa dentro de lo estrictamente matemático, ello también significó un avance para la astronomía y para la física. De hecho, el modelo copernicano facilitó la labor de los astrónomos, pues ahora sí podían calcular las apariencias e irregularidades del modelo ptolemaico, por cuanto el movimiento ya podía explicar en qué posición estaban los planetas (Granada, 2017 p, 370).

Por otra parte, se encuentra que (Koyre y Solís, 1979), realiza un debate en donde define: “Durante los siglos XVI y XVII, dado que el pensamiento humano, o al menos el europeo, sufrió una profunda convulsión que transformó el marco y los patrones de nuestro pensamiento, una revolución de la que la ciencia y la filosofía modernas constituyen a la vez raíz y fruto. Esta revolución, o como también se la ha llamado esta «crisis de la conciencia europea», se ha descrito y explicado de distintos modos, pero es algo comúnmente admitido que el desarrollo de la nueva cosmología, que sustituyó al mundo geocéntrico e incluso antropocéntrico de la astronomía griega y medieval por el heliocéntrico y, más tarde por el universo sin centro de la astronomía moderna, desempeñó

una función suprema en este proceso”.

Capítulo III

3. El Contexto Histórico Cultural de la Teoría Copernicana

3.1. Preámbulo

En este trabajo se ha adoptado el término “contexto” como el conjunto de circunstancias que permiten la construcción de ideas y avances científicos, por ende, el diseño metodológico en la Fase II especifica la ampliación de una Interpretación la cual permite conocer como es el contexto histórico de la teoría copernicana pues las diferentes ideas expuestas a continuación son el resultado de un análisis documental en donde se va a analizar la indagación de diferentes puntos de vista.

Algunos han optado por llamarlo entornos. La cuestión es resaltar que en ese conjunto de circunstancias nacen los conceptos. Así, en este aparte abordaremos el contexto histórico-cultural en la que germinó el modelo copernicano. Por consiguiente, abordaremos el entorno del renacimiento europeo en el siglo XVI, en cuanto favoreció la teorización copernicana, pero también, por otro lado, abordaremos como era la relación con la Iglesia, que como veremos fue más una disputa por el poder que estaba perdiendo la fe católica y no, como se ha querido ver como un tradicional conflicto ciencia-religión. Esto es, entonces, el contexto histórico-cultural en que se movió la obra de Copérnico.

3.2. Nicolás Copérnico y el Renacimiento

Durante la época del Renacimiento Copérnico a través de la teoría heliocéntrica realiza sus estudios por medio de una retórica en cuanto a la existencia de la Tierra puesto que, la tierra según Dios es elegida el centro del universo el cual se fundamenta bajo la teoría de Ptolomeo. Esta doctrina indica de una manera directa las creencias religiosas dado que, el mundo inicialmente fue creado por Dios por eso los estudios fundamentados impartidos por Aristóteles, pues el indica que los movimientos terrestres se encontraban opuestos a los movimientos celestes, por tal motivo las teorías fundamentadas en la composición del universo eran objeto de estudio de Nicolás Copernico que, ejerció una gran influencia en el desarrollo de la filosofía y de las ciencias de la naturaleza y como estaban compuestas el entorno para aquel entonces, y más tarde en toda la ciencia mundial que se encarga de encontrar la verdad acerca de la existencia de las cosas.

En síntesis, la Europa del renacimiento fue una época de un cambio en las ciencias, en las artes y en general un cambio de visión del mundo esto se debe al impulso que los nuevos métodos en astronomía y física que se estaban imponiendo y que cambiaron la mentalidad de los hombres de aquella época (Russell, 1984 p. 146).

En esta atmosfera intelectual, Polonia en la época de Copérnico, estaba viviendo el ambiente renacentista caracterizado por la influencia italiana (Saransk, Forycky y Zwierzykowsky, 2003 p. 199). Esta circunstancia hizo que Cracovia como capital del reino polaco, tuviera un papel destacado en la vida cultural y científica. Precisamente, fue en la Universidad de Cracovia, en donde Copérnico realizó sus estudios astronómicos. Y conforme a los cánones de la educación de la época, ²Copérnico fue enviado a Italia a hacer

² La educación en esta época coincidió con la difusión de los nuevos valores surgidos de la vuelta a la tradición grecolatina. La nueva visión del rol del ser humano, orientado a cumplir sus fines no solo en el más allá, sino también en el mundo terrenal lo impulsaron al conocimiento matemático, filosófico, histórico, geográfico, científico y artístico, sin descuidar la educación física. Mente y cuerpo en desarrollo, fueron el objetivo de esta concepción racional, libre y humanística de la enseñanza-aprendizaje, que se facilitó con la

sus estudios. Así, en Bolonia además de estudiar Derecho Canónico, también estudio el griego y astronomía (Kowalczyk 2014 p. 80).

Con lo anterior se puede decir que, dentro del canon de la época, la educación en el Renacimiento se fundamentaba en un sistema cuyo orden iba en función de las necesidades de la iglesia, el profesor leía y recurría a pocas fuentes, pero la estructura seguía siendo la del sistema medieval. En cuanto a los alumnos se distribuían de acuerdo con su nivel de conocimiento, también se veía constantemente el humanismo renacentista que es más humano en cuanto que considera al hombre como tal, "árbitro del mundo y de su propio destino". (Soto, s.f)

Para Copérnico, el contacto con el renacimiento italiano significó la búsqueda de un modelo perfecto del cosmos. Aunque pueda parecer que la precisión, la exactitud y la veracidad de las proposiciones matemáticas tenían un carácter objetivo, también es justo decir que la idea de perfección del modelo proviene de una tradición mística propia del humanismo florentino en el que el Sol ocupa un lugar central, siendo un modelo del universo más simple y elegante (Nieto, 1996 p. 36). En efecto, el propósito de Copérnico también era transformar la cosmología antigua en un cuerpo elegante y unificado.

El propósito de transformar este modelo estuvo precedido por el conocimiento de los textos científicos antiguos que Copérnico se dio a la tarea de traducir, pues en sus estancias científicas había estudiado el griego. En este sentido, la actividad de Copérnico era consecuente con el quehacer humanista, es decir, la traducción e interpretación de los saberes antiguos y reelaborar nuevos saberes (Mínguez, 2008 p. 62). Así, Copérnico tomó para su modelo astronómico, las observaciones de los movimientos celestes que habían hecho los antiguos (Mínguez, 2008 p. 65).

invención de la imprenta. (Fingermann, 2012)

Desde luego que utilizó aquellas fuentes que trataran acerca del movimiento de la Tierra. En esta búsqueda encontró que Plutarco cita a la tradición pitagórica como la primera referencia que habla sobre el movimiento de la Tierra alrededor de un fuego central (Mínguez, 2008 p. 66).

Las búsquedas y traducciones de textos antiguos que hizo Copérnico estaban ya encauzadas hacia aquellos autores que apoyaran el movimiento de la Tierra. Pero esto no constituye un rompimiento frontal, es más una revitalización de los antiguos saberes e, incluso toma una posición un tanto conciliadora. Por ejemplo, en la disputa de los defensores de las esferas homocéntricas, es decir, el aristotelismo, contra los seguidores de la teoría de los epiciclos y ecuantas, es decir, los astrónomos, Copérnico tomó una posición mixta, en cuanto utiliza las esferas para explicar el lugar ocupado por los planetas y hace uso de excéntricas, deferentes y epiciclos para calcular la posición de los planetas (Mínguez, 2008 p. 67).

Ahora bien, el modelo que Copérnico hizo fue posible, en tanto vivió en una época de cambios y, fundamentalmente, de una revisión de los saberes antiguos que, precisamente, tenían su foco en Italia. Pues en la península itálica estaba depositado el saber antiguo que había quedado sepultado casi mil años antes. Las ciudades como Bolonia, Padua o Florencia estaban en un auge renovado y en la época de Copérnico, se convirtieron en centros de saber y era el lugar para aprender y renovar el conocimiento.

Sin embargo, este entorno intelectual, no estaba favorecido completamente, pues aún pesaba mucho las creencias y valores de la Iglesia, para la cual, el concepto de la Tierra en movimiento y despojada de su importancia como centro del Universo, para cederlo al Sol, significaba un desafío enorme que no podía ser tolerado.

En efecto, la Europa del Renacimiento aún mantenía los valores de la cristiandad. La iglesia de Roma se comportaba como la depositaria de la “verdad” revelada que tenía una primacía

intelectual y era imprescindible (Baldatti, 2003 p. 23).

No obstante, ya se mostraban signos de fractura de esta tradición. Concretamente del movimiento religioso-político conocido como la Reforma. Y ello significó también una escisión entre ciencia y filosofía que ahora se entendían como modos distintos de acceder al conocimiento (Baldatti, 2003 p. 24). Esta ruptura también implicaba que la ciencia estaba ganando espacio y frente a ello la Iglesia se comportaba de manera reaccionaria, ya fuera la iglesia católica o la protestante, pues ambas acudían a la autoridad papal o la sagrada de la biblia como fuente válida de saber. En esta discusión se ha visto que se trata del tradicional tema del conflicto religión contra la ciencia. Pero, otros consideran que se trató fue de un conflicto de poder, en cuanto la discusión se tornó científica y no ideológica. Así, los defensores de las ideas heliocéntricas también justificaban con Dios y con la Biblia, las objeciones al heliocentrismo (Jiménez, 2016 p. 169).

En este sentido, los científicos del Renacimiento propugnaban por un cambio y reordenación del modelo cosmológico, pero ello no significaba, en ningún modo, un ataque a la iglesia fuera protestante o católica.

De hecho, Copérnico ostentaba un cargo religioso en su ciudad natal. Por eso, la disputa con un sistema de creencias o valores religioso, en principio, no puede tenerse como el punto hacia donde se dirigían los avances científicos. Pero este cambio de visión lo que puso en entredicho, con el tiempo, fue la autoridad eclesiástica para interpretar los fenómenos de la naturaleza. Es decir, la disputa no era con Dios, sino con la autoridad religiosa.

Así, por ejemplo, que la Tierra se moviera, principio del modelo copernicano y por lo cual Galileo recibió la censura de la Iglesia, era una discusión científica. En efecto, cuando Galileo defendía el heliocentrismo, lo que quería decir era que la Biblia no tenía nada que

decir sobre “cómo iban las estrellas” (Jiménez, 2016: 162).

Así las cosas, la realidad es que el modelo copernicano heliocentrista no estaba chocando con los valores de la Iglesia. Estaba propuesta una visión del cosmos que era contraria al geocentrismo de la Iglesia, pero ello no puede entenderse como una disputa teológica. Era el espíritu científico lo que animaba a los pensadores del renacimiento y Copérnico actuó en consonancia con el ideal investigativo y curioso del humanismo renacentista de la época.

Ilustración 7: Europa Renacentista.



Fuente: (S.F).

Así mismo en la época del renacimiento se dio a conocer los diferentes paradigmas en cuanto a la filosofía, se conoce que, esta ciencia que fue impertida por Aristóteles a la semejanza de la teología cristiana de Santo Tomás de Aquino logra identificar una enseñanza convencional desde las perspectivas de grandes universidades y centros del saber que se dedicaban a este tipo de estudios. Con esto, ya a mediados del siglo XIII comenzó a surgir una nueva forma de ver el mundo pues estaba principalmente enfocada en el humanismo y en el Renacimiento dado que, se conoce especialmente que a lo largo de los

siglos XV y XVI se extenderían por todo el panorama cultural de Europa en donde están prevaleciendo los principales hallazgos para la historia de las ciencias que posteriormente están dando inicio a una etapa que a la larga llevaría al surgimiento de la Edad Moderna (Blanco, 2008 p. 9).

3.3. El Renacimiento

Durante la época del Renacimiento se generó la necesidad de un estilo de vida distinto pues el surgimiento de nuevas técnicas artísticas, de daban mientras que otras se perfeccionaron, por ende, esta fue la época dorada del arte, dado que existió de una manera estrechamente influida por el espíritu científico como forma de conocimiento, es por esto por lo que a partir del siglo XV en la Europa Occidental en donde por medio de diferentes hallazgos científicos y culturales se abre paso a la transición de la Edad Media dando paso a la Edad Moderna. Los principales descubrimientos fueron:

Para aquella época los diferentes medios de comunicación generaban un hecho satisfactorio para la comunidad dado que aparte del uso del lenguaje, la escritura y la cultura se daban a conocer más forma de transferencias de información que serían importantes para la historia de la humanidad. De las principales impresiones en la imprenta se conoce que:

“La reproducción de todo tipo de obras era más fácil y fiable, y se podían hacer muchas copias de un mismo texto mecánicamente. Por eso, a finales del siglo XV y principios del XVI hubo una “explosión” de ideas, libros, movimientos, teorías y obras. La difusión del conocimiento creció exponencialmente. Sin la imprenta, es imposible explicar el éxito de la Reforma emprendida por el teólogo y sacerdote agustino alemán Martín Lutero (1483-1546), que publicó en 1517 sus 95 tesis en la puerta de la catedral de Wittenberg y que acabaría por sellar división religiosa de

Europa entre católicos y protestantes” (Blanco, 2008 p. 11)

De los principales acontecimientos durante el renacimiento se creó la imprenta gracias al alemán Johannes Gutenberg quien cambio la manera en la que se identificaban los elementos mecánicos de la época iniciando la aparición de los primeros manuscritos que para la humanidad eran importantes, por ejemplo, la Biblia de cuarenta y dos líneas que se convirtió en el libro más difundido de aquella época.

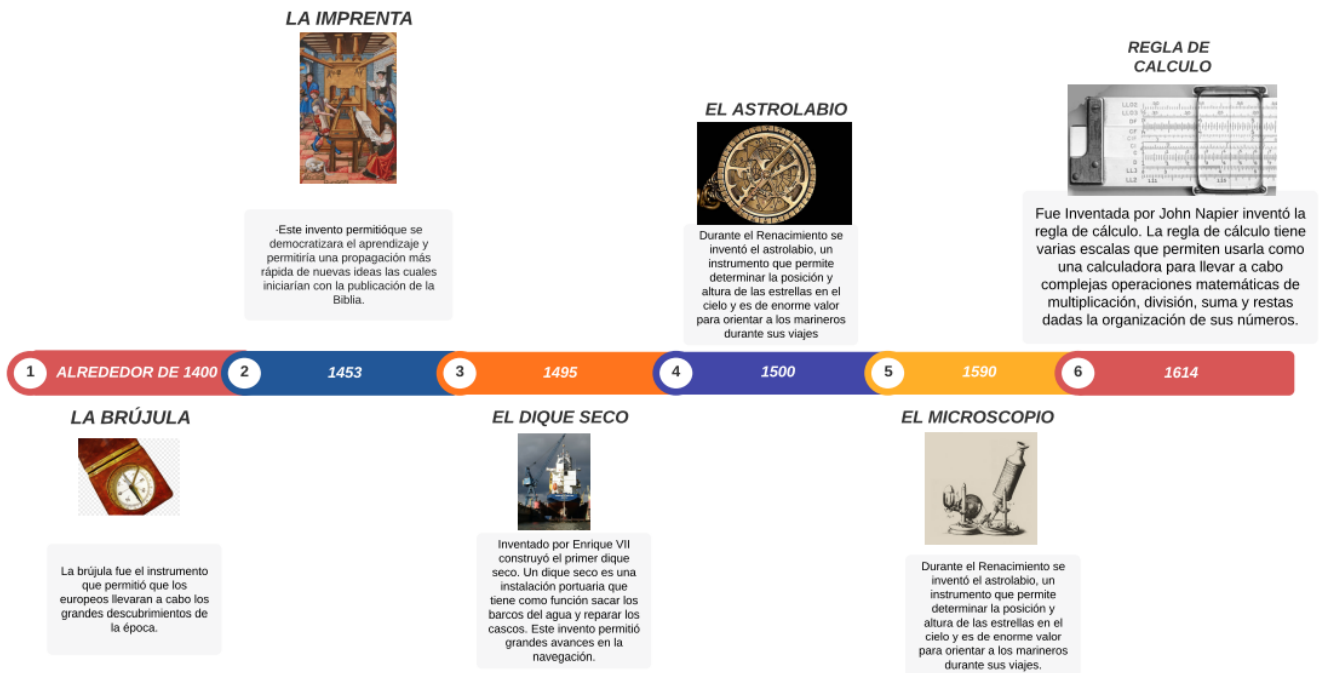
De acuerdo con (Tocno, 2018). En la época del Renacimiento se presentan una serie de inventos que permiten a la humanidad ver una perspectiva diferente acerca de los acontecimientos de la época, pues cambia radicalmente la cultura, el pensamiento, el estilo de vida y como conciben las cosas gracias a los nuevos descubrimientos.

- *La brújula:* (Alrededor de 1400). La brújula fue el instrumento que permitió que los europeos llevaran a cabo los grandes descubrimientos de la época. La brújula llegó a Europa durante el Renacimiento y fue inventada en China. La brújula señala con exactitud el Norte y permite que las personas se orienten en tierra o en mar sea cual sea la ubicación.
- *La Imprenta:* (1453), Este invento permitió que se democratizara el aprendizaje y permitiría una propagación más rápida de nuevas ideas las cuales iniciarían con la publicación de la Biblia.
- *El dique seco:* (1495). Inventado por Enrique VII construyó el primer dique seco. Un dique seco es una instalación portuaria que tiene como función sacar los barcos del agua y reparar los cascos. Este invento permitió grandes avances en la navegación.
- *El astrolabio:* (1500). Durante el Renacimiento se inventó el astrolabio, un instrumento que permite determinar la posición y altura de las estrellas en el cielo y

es de enorme valor para orientar a los marineros durante sus viajes.

- *El microscopio:* (1590) Zacharias Janssen se inventó el microscopio que inicialmente constaba de nueve aumentos y tenía como propósito que las personas con serios problemas de visión pudieran ver.
- *El Telescopio:* No se sabe con certeza quién inventó el telescopio, que permitió observar las estrellas. (Año 1608)
- *La regla de cálculo:* (1614) Fue Inventada por John Napier inventó la regla de cálculo. La regla de cálculo tiene varias escalas que permiten usarla como una calculadora para llevar a cabo complejas operaciones matemáticas de multiplicación, división, suma y restas dadas la organización de sus números.
- *El Termómetro:* (1700 – finales). Se da a conocer gracias a Galileo Galilei científico que inventó el primer termoscopio el cual se encargaba de detectar los cambios producidos en la temperatura que dan de frío a calor, pero no podía indicar la temperatura exacta ya más adelante se conoce el termómetro que conocemos hoy en día que fue obra de sus alumnos.

Ilustración 8: Línea de tiempo - Renacimiento



Fuente: El Autor.

Capítulo VI

4. La Teoría Copernicana y su Influencia en la Ciencia

4.1. El Impacto de la Teoría Copernicana

En este apartado se evidencia la Fase III la cual se fundamenta en realizar un Análisis Interpretativo de lo que ha sido enriquecedor para describir las principales características de la teoría copernicana, puesto que permite mostrar las principales circunstancias que dieron cabida a un impacto de esta teoría heliocéntrica.

La hipótesis copernicana mostró ser más exacta para conocer la posición de los planetas, también explicaba mejor los cambios que se observan en los cielos a diario y en cada estación, igualmente explica el movimiento retrogrado de los planetas y con ello como varían de brillo en el tiempo (Duarte, 2018 p. 2). Ejemplo de ello es la posición de Mercurio y Venus, pues, el modelo copernicano aclara porque estos planetas estaban siempre cerca al Sol, pues, en cuanto el Sol estaba en el centro, entonces, las orbitas de estos planetas no podía estar demasiado lejos del Sol y, además, sabiendo este dato, también podían calcularse las demás orbitas de los planetas (Duarte, 2018 p. 10).

Este es un claro ejemplo de la deducción matemática, pues a partir del conocimiento de un dato como lo era el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, también se podían calcular otros datos como la posición de los planetas en cada época del año, el tiempo de recorrido de las orbitas y, por ende, la variación del brillo de cada cuerpo celeste. La clave de todo esto fue en haber tomado la hipótesis del movimiento de la Tierra y de los otros cuerpos celestes.

El planteamiento de Copérnico fue también objeto de críticas en su momento, pero con el paso del tiempo fue encontrando defensores y científicos que se inspiraron en su modelo

para hacer los suyos propios. Sin embargo, el heliocentrismo copernicano por el solo hecho de desplazar la Tierra del centro del mundo invita a pensar que esta no es de naturaleza diferente a los demás planetas y cuerpos celestes (Guerrero, 2004 p. 108).

Por ejemplo, casi un siglo después, Giordano Bruno, toma el copernicanismo y lanzó su tesis del universo infinito, poblado de numerosos sistemas solares igual al nuestro y donde la Tierra es un planeta igual a cualquier otro (Granada, 1995 p. 21).

Por otra parte, el ideal de armonía geométrica y de simplicidad cualitativa presente en la obra copernicana, hizo que Kepler y Galileo se fijaran en lo expuesto por el canónigo polaco, para hacer sus particulares aportes científicos, en cuanto también cultivaban el ideal matemático-platónico (Guerrero, 2004 p. 108). En Kepler, este sentido se manifiesta en la proposición de la tercera ley o “ley armónica” que relaciona los períodos de revolución de los planetas con su distancia promedio al Sol, mostrando que esta relación es constante para todos, lo cual significaba la unidad o armonía presente en el mundo (Guerrero, 2004 p. 109). En Galileo, el heliocentrismo heredado de Copérnico cobra todavía más fuerza. Pues, con las observaciones que hizo, también postuló que la Tierra es un planeta más que gira en torno al Sol (Guerrero, 2004 p. 109). Cabe decir, que Galileo, mediante el uso del telescopio, confirmó lo expuesto por Copérnico.

Con lo visto hasta ahora, el modelo copernicano se estaba confirmando. Pero hacía falta el fundamento físico que le diera solidez a este modelo. En efecto, se ha dicho que Copérnico estableció el nuevo paradigma de la ciencia moderna, pues con el nuevo modelo cosmológico formulado, siendo el Sol el centro del Universo, entonces, otros conceptos de la física también tuvieron que ser reformulados como la física, la velocidad o la fuerza (Blanco, 2008 p. 72).

A esta nueva imagen del Universo, corroborada por Galileo, le faltaba para consolidarse

como paradigma dominante, la explicación física. Pues, el modelo copernicano se habría podido defender tempranamente si hubiera venido acompañado con la formulación de la gravitación universal, que es la fuerza de atracción que ejercen dos cuerpos entre sí por el hecho de tener masa Blanco, (2008: 72).

Pues ello explica la razón por la cual los planetas giran alrededor del Sol o la Luna respecto de la Tierra, esto a comparación del modelo de Ptolomeo o Aristarco. Correspondió darle la debida solidez de este modelo a Isaac Newton, casi dos siglos después, mediante la formalización matemática de la ley de gravedad universal. Ya con esto, el impacto del modelo copernicano quedó consolidado y con esto, la ciencia moderna ya tenía un acta fundacional (Blanco, 2008 p. 72).

Así las cosas, el modelo copernicano permite identificar que en base a las teorías de Nicolás Copérnico modifica de una manera sorprendente el modelo heliocéntrico de Ptolomeo en donde gracias a la revolución de sus ideas tal parece que los planetas que eran descritos como pequeños epiciclos estaban ubicados en el centro y se desplazaban sobre un círculo mayor alrededor de la tierra, esto de cierta manera lo cambio Copérnico, pues su ideal se fundamentaba principalmente en un paradigma en donde indica que el universo según la cual el Sol se encontraba en el centro del Universo y la Tierra, que giraba una vez al día sobre su eje, permitiendo que se confrontara su teoría con los estudios realizados por Aristarco de Samos.

Después de analizar las perspectivas de Claudio Ptolomeo y Nicolás Copérnico en su vida y obre, es necesario mencionar que Galileo Galilei hacia el año 1632 en donde por medio de su manuscrito *“Dialogo Doue ne i congressi di quattro giornate si discorre sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico, e Copernicano”* realiza una investigación de cómo se postulaban los modelos de Ptolomeo y Copérnico pues, por medio de la escritura en

forma de dialogo se evidencia cómo se explican ambos modelos, bajo una serie de personajes se encarga de ponerle vida a los acontecimientos más importantes los cuales cambiarían el rumbo de la astronomía. Entrando en materia, los personajes que le dan vida al diálogo son Simplicio, Salviati y Sagredo, donde inicialmente Simplicio conservaba fielmente la idea de una teoría Geocentrista del universo que, por medio de las obras antiguas aseveraba en que no era necesario regirse por los manuscritos religiosos.

Por otra parte, está Salviati que estaba a favor del modelo heliocéntrico de Copérnico y creía fielmente en su teoría y como un mediador está Sagredo allí se despliega el dialogo, el cual se fundamenta en las leyes del movimiento de los cuerpos pesados. de los cuerpos celestes y de las diferentes características acerca de la luz solar reflejada por la luna. Esto empieza a desacoplar el dogma aristotélico de la inmutabilidad de los cuerpos celestes y se demuestra que es incompatible con las observaciones de la Luna, del Sol, de los cometas y de las estrellas nuevas; la existencia de los planetas Mediceos, las fases de Venus. de Mercurio y las variaciones del diámetro aparente de Marte, demuestran cuanto más sencilla es la hipótesis heliocéntrica de Copérnico para explicar el movimiento de los astros y su composición en el universo, mientras que en el sistema geocéntrico de Ptolomeo se acumulan las complicaciones acerca de sus indagaciones. (Lanciano, 2016).

4.2. La Revolución Copernicana

Desde la perspectiva científica de Kuhn se da a conocer como fue la revolución copernicana desde el inicio de su aparición dado que: “En 1543 Nicolás Copérnico se propuso incrementar la precisión y sencillez de la teoría astronómica vigente transfiriendo al sol muchas de las funciones que hasta entonces se atribuían a la tierra. Con anterioridad a

su propuesta, la tierra había sido el centro fijo con respecto al cual los astrónomos calculaban los movimientos de planetas y estrellas” (p. 14).

Dentro de la revolución copernicana se dio con un fin importante pues como toda una revolución de las ideas acerca de cómo estaba compuesto el universo y como era su relación en distancias con el Sol y la Luna, también se conoce que confrontó de manera directa las afirmaciones impuestas por la física aristotélica en donde no precisamente el centro de la tierra era el centro de las esferas naturales de los elementos que dejaban de ser válidas gracias a las leyes del movimiento que en aquel tiempo Aristóteles había establecido con el fin de darle un sentido común a las cosas.

De la misma manera se logra identificar que, este tipo de estudios ha permeado un fin de desarrollo en campos como la astronomía y la cosmología en donde diferentes científicos de la actualidad tienen ese interés generalizado de encontrar un inicio de las cosas, encontrando características en la correcta función del cosmos. Adicional a esto, gracias al modelo de Nicolás Copérnico los movimientos se consideran de una manera, retrógrados dado que los planetas tienen diferentes características, un claro ejemplo es que los planetas que se encuentran más alejados del Sol que la Tierra como lo son Marte, Júpiter y Saturno se ven periódicamente acercándose al Sol o alejándose del Sol movimientos retrógrados sin tener un movimiento congruente también se encuentra una explicación lógica sobre los cambios de brillo de los planetas a lo largo de sus desplazamientos por sus órbitas dado que no reciben la suficiente luz solar por sus distancias.

Dentro de los estudios de Copérnico era claro que el universo se encuentra compuesto por ocho esferas, de ahí surgen teorías como; las estrellas fijas se encuentran con más distancias y no poseen ningún tipo de movimiento, y el sol se encontraba en el centro del universo en donde no se hallaba movimiento alguno, con el sol sin movimiento los planetas se

encontraban alrededor de él, cada uno estaba ubicado en su propia esfera que iniciaba de la siguiente manera, Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno.

Copérnico indicaba que la única esfera en constante movimiento era la luna que giraba alrededor de la tierra, determinando una rotación de la tierra sobre sí misma.

Con la teoría impartida por Copérnico se basada en las creencias religiosas, con esto, los movimientos generados por los cuerpos celestes estaban mezclados por movimientos circulares uniformes, por ende, los movimientos de los demás planetas eran de cierta manera inciertos, en cambio con la teoría de Claudio Ptolomeo Marte y Mercurio no tenía un movimiento uniforme pues sus epiciclos eran similares a la teoría copernicana. Con lo anterior se crea una antesala ante la teoría de Aristóteles en cuanto a la astronomía antigua en donde propuso la existencia de un Universo esférico y finito que tendría a la Tierra como centro sin duda se da paso a una revolución científica que genera un progreso en el conocimiento.

Con lo anterior, la revolución copernicana fue estudiada también por Emmanuel Kant en donde por medio de su perspectiva legitimidad en busca de la verdad como una manera altamente esencial y eterna abre la posibilidad de una realidad conceptual en donde indica:

“Hasta ahora se ha supuesto que todo nuestro conocimiento debía regirse por los objetos, pero todos los intentos de establecer, mediante conceptos, algo a priori de ellos, quedaban anulados por esta suposición”(…)“Si la intuición debiese regirse por la naturaleza de los objetos, no entiendo cómo se podría saber a priori algo sobre ella, pero si el objeto (como objeto de los sentidos) se rige por la naturaleza de nuestra facultad de intuición, entonces puedo muy bien representarme esa posibilidad.

Pero como no puedo detenerme en esas intuiciones, si ellas han de llegar a ser

conocimientos, sino que debo referirlas, como representaciones, a algo que sea su objeto, y debo determinarlo a este mediante ellas, entonces puedo suponer, o bien que los conceptos mediante los que llevo a cabo esa determinación se rigen también por el objeto, y entonces estoy nuevamente en la misma perplejidad en lo que concierne a la manera cómo puedo saber a priori algo de éste; o bien supongo que los objetos, o lo que es lo mismo, la experiencia, sólo en la cual, ellos son conocidos (como objetos dados), se rige por esos conceptos; y entonces veo una respuesta más fácil, porque la experiencia misma es una especie de conocimiento, que requiere entendimiento, cuya regla debo presuponer en mí aún antes de que me sean dados objetos, y por tanto a priori". "Conocemos a priori de las cosas sólo aquello que nosotros mismos ponemos en ellas" (Kant, 2009 pp. 21 – 22).

Con lo anterior es importante resaltar que una vez se da a conocer el modelo copernicano del universo, que estudia los diferentes modelos acerca de la física y astronomía en cómo se encontraba compuesto, es importante indagar como la fundamentación teórica jugo en aquel entonces un papel importante acerca de las percepciones del universo, por tal motivo Kant revela que los estudio impartidos por Copérnico en indicaban de una manera exacta que los movimientos de los objetos celestes que se daban alrededor de la Tierra suponían que se encontraba en el centro del universo y el Sol y los demás objetos celestes se encontraban y giraban a su alrededor, pues era entendido que el movimiento de aquellos cuerpos celestes se relacionaban con los movimientos dados por el sol por ende, desde la mirada filosófica de Kant la revolución copernicana era semejante a los estudios filosóficos que son encontrados de una manera un tanto empírica que a raíz del conocimiento permite un entendimiento de las ciencias fundamentales astronómicas.

Para el historiador (Ilfte, 2004 La revolución copernicana consistía en que "Había tres disciplinas en el corazón de la revolución, y todo el mundo en ese entonces sabían de la

existencia de las matemáticas, filosofía natural y teología.

La teología era de lejos la más importante y la más noble y las matemáticas, la menos importante" por ello Copérnico y los fundamentos de, Kepler, Galileo y Newton -los héroes en esa la revolución- estaban diciendo que...

- Las matemáticas debían ser parte de la filosofía natural: toda la física debía volverse matemática;
- Había llegado una nueva guardia: ellos;
- El mundo era copernicano, habría que reinterpretar pasajes de las Sagradas Escrituras; pero, aunque eso era dominio de lo divino, serían eran ellos los que les iban a decir a los clérigos cómo interpretarlos.

La jerarquía se pondría de cabeza: las matemáticas serían más importantes que la filosofía natural y, a su vez, la filosofía natural lo sería más de lo que era, pues podría decirles a los encargados de lo divino que había partes de la Biblia que sólo los filósofos naturales podían interpretar puesto que esa fue una transformación fundamental y fenomenal en la jerarquía de las disciplinas.

Conclusiones

La investigación expuesta anteriormente muestra un ejercicio histórico-cultural de las circunstancias que fomentaron el heliocentrismo copernicano y su importancia para el estudio de la física dado que, se destaca como surge la teoría heliocéntrica en la antigüedad griega con esto exactamente en el marco pitagórico va de la mano de Copérnico, el modelo heliocéntrico de Aristarco de Samos se propone como hipótesis la cual se consolidó con los

trabajos de Galileo y Kepler que por medio de su teoría modelo de universo existía un sistema heliocéntrico con órbitas elípticas que siguen las dos primeras leyes de Kepler, y a las distancias correctas del Sol fijadas por la tercera ley que las relaciona con los periodos en los que gira alrededor del Sol, siendo experimentado aun en la época actual mediante los resultados de las exploraciones al espacio exterior.

La teoría de Nicolás Copérnico posibilitó una manera amplia de estudiar el modelo heliocéntrico del Universo. Concretamente, dicho ambiente permitió a Copérnico indagar las demás teorías halladas en las fuentes antiguas y sobre ellas reelaboró su modelo. Esto quiere decir, que fue el Renacimiento el que permitió que los científicos propusieran nuevas y valientes teorizaciones acerca del universo que se conocen hoy en día.

Por esto, la importancia de realzar los contextos históricos-culturales en el conocimiento y aprendizaje de una teoría como el estudio de Copérnico, dueño de una inteligencia y unos saberes muy cultivados para la época, lo que hizo fue dar una percepción a la historia en busca de los modelos y teorías astronómicas que se dieron en la ciencia antigua y por ello fue por lo que también pudo formular su teoría. Este es un camino que debe ser tenido muy en cuenta en las investigaciones y Copérnico es un ejemplo claro de ello.

Por otra parte, el triunfo de la teoría copernicana fue consolidado casi un siglo después de la muerte de Copérnico, en cuanto los trabajos de Galileo, Kepler y Newton confirmaron el modelo heliocéntrico y que, fue reafirmado de manera experimental en nuestra época con los viajes al espacio exterior. Sin duda, ello habla de la genialidad de este científico que significó un hito en la historia del pensamiento.

El análisis histórico-cultural de la obra copernicana, permite comprender que esta clase de abordajes, constituyen una herramienta útil e idónea para aprender y empoderarse del conocimiento en las denominadas “ciencias duras o exactas”. Pues, al saber la manera en

que un científico fue creando su teoría, basado en creencias o estudios empíricos propicio qué factores jugaban en contra de su teoría, es lo que persuade para interesarse aún más por el objeto de estudio.

Lo anterior no quiere decir que no sea importante hacer énfasis en el aprendizaje memorístico de las fórmulas matemáticas que se utilizan en la física o como cada gran pensador como lo fue Nicolás Copernico y otros grandes científicos en donde exponían su punto de vista acerca de cómo se encontraba conformado el universo en base con las teorías de la formación natural del sistema solar y de su evolución.

Por eso El abordaje histórico- cultural permite conocer como una teoría propuesta influye en la siguiente y así puede comprenderse una posible ausencia de aquellos métodos claramente apriorísticos y sin tener un análisis previa de la comprobación experimental dado que las hipótesis han de ser confirmadas con la experimentación por ende la teoría copernicana es un modelo el cual surge gracias a que los estudios previos por ejemplo la teoría de Aristóteles pues Copérnico desarrollo un modelo el cual cambia la manera de ver el mundo y como estaba compuesto.

De esta manera el modelo copernicano no era el resultado de una operación matemática y rigurosa, sino, fundamentalmente, el conocimiento de los saberes antiguos propiciados por un ambiente cultural que le permitió a Copérnico reelaborar los modelos antiguos y postular su propio modelo.

Fundamentalmente es necesario abordar los contextos que hicieron posible una teoría para su completo entendimiento. Pensamos como solución, en esto último, es decir, en profundizar en las nociones de la física y de la astronomía haciendo uso de la presentación del entorno en que fueron formuladas.

Por otra parte, se puede decir que el estudio a profundidad de la física permite realizarse

por medio del análisis de ideas pueden ser previas o establecidas con anterioridad, pues al tener que investigar el origen de algo, sea lo que sea condesciende que la formación científica aumente llevando consigo un método que puede ser incluido en las enseñanzas en las diferentes etapas educativas o como conocimiento de nivel personal.

Así mismo, hay relaciones que establecen por medio de conocimientos adquiridos en el estudio de un fenómeno o teoría lo cual tiene congruencia con la persistencia que se tiene con las ideas plenamente establecidas y talvez la ineficiencia que le da la enseñanza a para poder concretarlas o estudiarlas lograra crear una coherencia en el conocimiento que hoy en día no se evidencia en la práctica educativa, pues el conocimiento de conceptos básicos que contiene la física no son empleados para estudiar a profundidad las teorías que esta ciencia describe.

Bibliografía

Aguilar A, (1995). Maravillas, Modelos Cosmológicos Medievales, Revista de Filología de la Universidad de La Laguna, núm. 14, 1995, Tenerife, España.

Arenzana H, (2018). Aristarco de Samos: Las medidas del sol. Portal Vic Mat
<https://vicmat.com/aristarco-samos-las-medidas-del-sistema-solar/>

Ayala F, (2009). Copérnico y Darwin: Dos revoluciones del pensamiento, Revista Artefactos, vol 2, núm 1, diciembre 2009.

Baldatti C, (2003). Cambios religiosos y cambios sociales en la constitución de la ciencia moderna, Revista Epistemología e Historia de la Ciencia, vol. 9, núm. 9, 2003, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina,

Bárceñas F, (2002). Contexto de descubrimiento y contexto de justificación: un problema filosófico de la investigación científica, Acta Universitaria, vol. 12, núm. 2, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, 2002.

Beauchot M, (2004). Los pitagóricos y la analogía, Contrastes, Revista Internacional de Filosofía, vol. IX, 2004, Universidad de Málaga, España.

Blanco P, (2008). Copérnico. Guía para jóvenes. Loguez Ediciones.

Botteri y Casazza, (2015). El sistema astronómico de Aristóteles Una interpretación. .
Filosofía Griega. 2. Astronomía. 3. Ensayo Filosófico. I. Botteri, Gerardo II. Título.
ISBN 978-987-728-049-4

https://www.bn.gov.ar/micrositios/admin_assets/issues/pdfs/da174d96e38d7126aa857a83785cb482.pdf

Bruno G, (1995). Expulsión de la bestia triunfante. Traducción, introducción y notas de Miquel A. Granada, Altaya, 1995, Barcelona.

- Burt E, (1960). Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna, Editorial Sudamericana, Buenos Aires.
- Calderón A, (2017). La gravedad: fuerza, geometría e ilusión, Anales de la Universidad Central del Ecuador, vol. 1, núm. 375, 2017, Ecuador.
- Carman C, (2010). La refutabilidad del sistema de epiciclos y deferentes de Ptolomeo, Revista Principia, vol. 14, núm. 2, Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil.
- Casas N, (1993). Raymundo, ¿Hubo revolución copernicana?, Revista Magistri et Doctores, núm. 1, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Copleston F, (2001). Historia de la filosofía, vol. 1, Ariel, Barcelona.
- Coronado L, (1969). En torno a la Revolución Astronómica. Comentario al Commentariolus de Copérnico, Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica, núm. XXIX, 1969, Costa Rica.
- Duarte C, (2018). www.nochedelasestrellas.org.mx, recuperado 18 de mayo de 2021.
- Espinosa R, (s.f). Diferenciación de la astronomía: Auto descripciones y concepción heliocéntrica en el horizonte de la sociedad mundial. Revista Mad. Revista del Magister en Análisis Sistemico Aplicado a la Sociedad, Facultad de Ciencias Sociales, Santiago de Chile, Chile.
- Galán L y Adamuz N, (2012). Natividad, *Actividades sobre el tamaño de la Luna y su distancia de la Tierra*, Epsilon Revista de la Sociedad Andaluza de Educación Matemática, vol. 29, núm. 80.
- Granada M, (2017). The revolutionibus orbium coelestium. Nota crítica, Revista Endoxa, núm. 40. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España.
- Gribbin R, (2006). Historia de la ciencia. (1543-2001), Editorial Critica, Barcelona, 2006.
- Guerrero P, (2004). El paso del geocentrismo al heliocentrismo, Revista El hombre y

- la Máquina, numero 22, enero-junio 2004, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia.
- Gutiérrez M, (2008). La física. Breve apunte histórico, Revista de Comunicación Vivat Academia, febrero 2008, año XI, núm. 92, Universidad Complutense de Madrid.
- Hernández, (2019), Estudio histórico de la recepción de las teorías de la relatividad en Colombia desde la perspectiva de la re contextualización de saberes, Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional.
- Jiménez C, (2015). A raíz de la condena del heliocentrismo y el caso Galileo: el mito del atraso científico español al comienzo de la Revolución Científica, Revista Disputatio, vol. 4, núm. 5, 2015, Universidad de Salamanca, España.
- Jiménez C, (2016). Ciencia vs Religión: Un conflicto imposible en tiempos del caso Galileo, Revista Disputatio, vol. 5, núm. 6, 2016, Universidad de Salamanca, España,
- Jiménez J, (1992). Geocentrismo y heliocentrismo en la antigua Grecia, Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica, núm. XXX, 1992, Costa Rica.
- Kant, I. ([1781] 2009) Crítica de la Razón Pura. Colihue, Buenos Aires, p 21, 22.
- Koestler A, (1981). Los sonámbulos, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, México, 1981.
- Kowaczyk, (2019). Nicolás Copérnico y la revolución del cosmos. Ernest Kowalczyk, Historia National Geographic https://historia.nationalgeographic.com.es/a/nicolas-copernico-y-revolucion-cosmos_13321/5
- Kuhn, Thomas S., La estructura de las revoluciones científicas, Fondo de Cultura Económica, México, 2006.
- Kuhn, Thomas S., La revolución copernicana. La astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento occidental, Ariel, Barcelona, 1978.

Kyore y Solis, (1979). Del mundo cerrado al universo infinito. 978-84-323-0349-4

https://www.sigloxxeditores.com/libro/del-mundo-cerrado-al-universo-infinito_16977/

Lakatos, Imre, La metodología de los programas de investigación científica, Alianza Editorial, Madrid, 1989.

Lanciano N, (2016). Cuestiones actuales de la didáctica de la astronomía entre Ptolomeo y Copérnico. IV Simposio Nacional de Educação em Astronomia – IV SNEA 2016 – Goiânia, GO https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2018/04/SNEA2016_Palestra_Nicoletta.pdf

Liern C, (2014). El eco de la música de las esferas, Fundación Universitaria ESERP, Barcelona, España.

Martínez C, (1998). Contribución a la polémica entre físicos y matemáticos acerca de la concepción del mundo, Revista Fortunatae, núm. 10. Universidad de la Laguna, España.

Méndez P. (2000). El desarrollo de la ciencia. Un enfoque epistemológico. Revista Espacio Abierto, vol. 9, núm. 4. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Mendoza, (2010). Introducción a la Astronomía y a la astrofísica. Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica.
http://astro.inaoep.mx/olimpiada_astronomia/pluginfile.php/2/course/section/2/LibroAstronomia.pdf

Mínguez P, (2008). Copérnico y el humanismo renacentista, Quaderns de filosofia i ciencia, núm. 38, Universidad de Valencia, España, 2008.

Nieto M, (1996). Estética y Astronomía en el Renacimiento, Revista Historia Crítica Núm. 13, 1996, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

Portillo, (2020), Teoría Geocéntrica, Meteorología en Red

<https://www.meteorologiaenred.com/teoria-geocentrica.html>

Recio G, (2017). La astronomía de Ptolomeo y el caso Galileo: dos aportes histórico-epistemológicos, Revista Ciencia et Fides, vol. 5, núm. 2. Universidad Nicolás Copérnico, Polonia.

Ruiz A, (2012). *Historia y filosofía de las matemáticas*, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica.

Ruiz, M., Fernández, T. y Tamaro, E. (2004). Biografía de Filolao. En Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea. Barcelona (España). Recuperado de <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/f/filolao.htm>

Russell B, (1984). Historia de la Filosofía, Espasa-Calpe, Madrid

Serwanky, Erwansky M y Forycky M, (2003). Las grandes líneas de la historiografía polaca. La Edad Moderna (siglos XVI-XVIII), Cuadernos de Historia Moderna, núm. 28, 2003, Universidad Complutense de Madrid.

Solís S, (1974). La revolución copernicana y quiénes la hicieron, Teorema, Revista Internacional de Filosofía, vol. 4, núm. 1, 1974, Universidad del Oviedo, España.

Tocno F, (2018). ¿El Renacimiento, [Monografía Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle] <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/4585/El%20renacimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Torres C, (2006). Algunas notas sobre la obra de Kepler Biblioteca Universitaria, vol. 9, núm. 1, enero-junio pp. 45-52 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México

Uruña A, (2014). El método cartográfico de Ptolomeo: Análisis del sistema de localización

utilizado en la Geografía para la ubicación de las poblaciones del interior de la península ibérica, Revista Palaeohispánica, núm. 14. Institución Fernando el católico, Zaragoza, España.

Valencia R, (1989). El alcance cosmológico de la teoría heliocéntrica de Copérnico, Revista Extensión Cultural, núm. 26. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín.

Zapata P, (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: Análisis del contexto en la enseñanza de la física, Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, Universidad Distrital, vol. 11, núm. 2, Bogotá, Colombia.

*“Como sentado en un trono real, el Sol gobierna la familia de planetas que giran
alrededor suyo”.*

Nicolás Copérnico