

**GALILEO GALILEI: UN HERÉTICO LECTOR HERMENÉUTICO DE LA
NATURALEZA, INICIADOR DE LA CIENCIA MODERNA**

**ALBA BASTIDAS ANDRADE
FREDY SANTACRUZ OBANDO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES
POSGRADOS Y RELACIONES INTERNACIONALES
ESPECIALIZACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA
SAN JUAN DE PASTO
2011**

**GALILEO GALILEI: UN HERÉTICO LECTOR HERMENÉUTICO DE LA
NATURALEZA, INICIADOR DE LA CIENCIA MODERNA**

**ALBA BASTIDAS ANDRADE
FREDY SANTACRUZ OBANDO**

**Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Docencia Universitaria**

**Asesores:
Mg. ALBERTO QUIJANO VODNIZA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES
POSGRADOS Y RELACIONES INTERNACIONALES
ESPECIALIZACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA
SAN JUAN DE PASTO
2011**

**“las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son
responsabilidad de sus autores”.**

**Artículo 1º. Acuerdo N°. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del
Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.**

Nota de Aceptación

Firma Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Septiembre 19 de 2011.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La Universidad de Nariño, por habernos brindado la oportunidad de realizar nuestras aspiraciones.

Alberto Quijano Vodniza, Máster en Física asesor del trabajo final, por sus valiosas orientaciones.

Doctor Silvio Sánchez Fajardo (q.e.p.d), asesor del trabajo final, por su oportuna y vital motivación durante el desarrollo del trabajo.

Al personal docente de la maestría en Docencia Universitaria, por sus útiles enseñanzas.

A todas aquellas personas que de una u otra manera aportaron a la cristalización de este trabajo.

*A DIOS,
El geómetra Constructor del Universo,
Por enseñarnos a conocerle
A través del mundo físico;*

*Al Planeta,
nuestra nave viajera
en el espacio y el tiempo;*

*A los autores de nuestros días:
Carmelina Andrade y Justino Bastidas,
Carmela Obando y Gilberto Santacruz,
Porque con su abnegación y ejemplo
han iluminado nuestro camino;*

*A nuestros hijos:
Fredy Galileo, Ángela María,
Dalila Lizeth y Marcell Catalina,
motores perennes de superación,
afecto y armonía;*

*A todos aquellos a quienes este trabajo
pueda servir de motivación,
en su afán por comprender
los caminos de la ciencia.*

RESUMEN ANALÍTICO DEL ESTUDIO R.A.E.

CÓDIGO: 12979346
27218938

PROGRAMA ACADÉMICO: Especialización en Docencia Universitaria

AUTOR (ES): Alba Audila Bastidas Andrade
Edgar Fredy Santacruz Obando

ASESOR: Mg. Alberto Quijano Vodniza

TITULO: GALILEO GALILEI: UN HERÉTICO LECTOR HERMENÉUTICO DE LA NATURALEZA, INICIADOR DE LA CIENCIA MODERNA.

AREA DE INVESTIGACIÓN: “Innovaciones Educativas para el Mejoramiento Cualitativo de la Educación”.

LINEA DE INVESTIGACIÓN: “Pedagogía y Didáctica.”

PALABRAS CLAVES: Anatematizado, Dogmatismo, Escolástica, Geocentrismo, Heliocentrismo, Herético, Hermenéutico, Mayéutica, Ocultismo, Panteísmo.

DESCRIPCIÓN:

Trabajo de Grado Bibliográfico con un enfoque Histórico-Hermenéutico, que se propone centrar la labor del físico italiano Galileo Galilei como instaurador de la ciencia moderna en tanto fue el principal gestor de la construcción de las bases del método científico.

Esta investigación está estructurada en tres partes principales: La primera “Galileo Galilei una controversia del pensamiento” se ocupa de la ubicación del matemático en su tiempo, la atmósfera religiosa e ideológica que dominaba el ambiente de los investigadores y hombres de ciencia, se considera las principales innovaciones científicas de Galileo y sus repercusiones en las esferas política, religiosa y científica, en que se pone de relieve la conflictividad del científico con las autoridades eclesiásticas por desmentir los postulados aristotélicos en cuanto a la explicación de los fenómenos naturales.

La segunda parte, “Antecedentes Históricos”, hace referencia a los hombres investigadores que, antes de Galileo, aportaron a la construcción de un

pensamiento científico, por tanto se hace un itinerario en el tiempo desde la Grecia Antigua hasta la misma época del Renacimiento.

La tercera parte, "Incurción científica de Galileo", aborda propiamente los aportes del astrónomo italiano en la instauración de una metodología netamente científica considerándose, en primera instancia, las características del conocimiento científico según las tipifica Mario Bunge, para contrastar y evidenciar cómo las realizaciones galileanas cumplen con dichas características.

CONTENIDOS:

El contenido del presente trabajo está estructurado en tres capítulos principales: el primer capítulo titulado "Galileo Galilei una controversia del pensamiento", lo conforman tres apartes o subcapítulos denominados: Visitando el tiempo de Galileo, Innovaciones de Galileo en el pensamiento y Repercusiones de la actuación de Galileo. El segundo capítulo "El devenir del método científico" se conforma de un subcapítulo llamado Antecedentes Históricos y se encuentra subdividido en seis apartados temáticos del mismo. El tercer capítulo "Incurción Científica de Galileo", se subdivide en dos subcapítulos: Características del conocimiento científico y Etapas del método científico.

METODOLOGÍA:

Esta investigación es de tipo Bibliográfico con enfoque Histórico-Hermenéutico, por cuanto se abordan hechos históricos, situaciones vividas por un personaje históricamente comprobables, procediendo a realizar una lectura interpretativa de la historia en torno a la obra de Galileo, las consecuencias de sus investigaciones en los campos filosófico, teológico, pedagógico e incluso social y político de su tiempo y su trascendencia en el conocimiento científico moderno.

Por consiguiente, el desarrollo de la investigación se fundamenta en la consulta, análisis interpretativo y argumentación de la información contenida en los libros escogidos como fundamento teórico del trabajo monográfico.

CONCLUSIONES:

De verdad que ha sido muy interesante el haber realizado este recorrido por la vida y la obra de Galileo Galilei, por cuanto permitió efectuar un acercamiento a una de las personalidades más apasionantes de la historia del pensamiento y de la ciencia, cuya trascendencia sigue vigente a pesar de que en algunos aspectos de su carrera de científico haya sido revaluado por los adelantos de la ciencia en el curso de cuatro siglos.

Sin embargo, sería injusto no reconocerle al ilustre Pisano sus valiosas contribuciones a la exaltación del conocimiento científico como un campo independiente del saber humano, puesto que el rigor científico con que adelantó sus investigaciones lo ubican, sin duda alguna, en un sitio de preferencia en la historia de la humanidad. De hecho, en la construcción de los cimientos de la ciencia moderna Galileo no es el único promotor, porque como en el Primer Despertar científico de hace dos mil quinientos años son varios los nombres significativos, igualmente en el Segundo Despertar llevado a cabo justamente en el Renacimiento fueron varios personajes los que aportaron a echar las bases del procedimiento científico para definitivamente encauzar la ciencia por los derroteros netamente racionalistas, superando prejuicios ideológicos, religiosos y emocionales propios del sentido común o conocimiento ordinario.

Es claro que Galileo, con su persistencia por explicar empírica y racionalmente los fenómenos físicos naturales, acudiendo principalmente a la matematización del conocimiento, logró sentar de una vez por todas los lineamientos básicos del método científico, poniendo en evidencia cómo en aras de una "ética científica" el investigador debe luchar no sólo contra las incoherencias fenomenológicas y experimentales que le salen al paso en su labor, sino también contra todos aquellos factores de tipo social y político que intentan socavar y obstaculizar su tarea a nombre de una autoridad desbordada e irracional.

Pero la trascendencia y actualidad del físico renacentista no se limita al área científica, lo cual es ya un mérito incuestionable, sino que llega a los linderos de campos extracientíficos, como el de la pedagogía, al fin y al cabo Galileo fue científico y maestro universitario, que conjugaba con acierto las dos esferas. En efecto, la labor de Galileo es pertinente al campo educativo y de enorme utilidad en nuestros días si se toma su personalidad como modelo de lo que debe ser el proceso educativo.

Efectivamente, en Colombia la Ley General de Educación. 115 de 1994, contempla entre los Fines de la educación el que se proporcione el desarrollo del saber con unos criterios científicos, fomentando la adquisición y generación de los conocimientos científicos y el acceso a la ciencia y la técnica, según reza el Artículo 5° en sus párrafos 5° y 7°.

Y qué mejor para el cumplimiento de estos fines en su aspecto científico que proponer los modelos de figuras como la de Galileo, quien deja una enseñanza de que el científico debe ser intransigente con sus cometidos, pues Galilei con su agitada vida llena de controversias, enfrentamientos a todo tipo de autoridad sienta la cátedra de que para desarrollar la investigación, acceder al conocimiento, adquirir y generar ciencia se debe ser inconforme y rebelde en el mejor sentido del término, esto es, tener una mente abierta a nuevas

propuestas, cultivar un espíritu crítico y cuestionador, inclusive de saberes y teorías consideradas conocimiento verdadero.

Ahora bien, la proyección pedagógica de Galileo es oportuna en especializaciones como la de Docencia Universitaria, ya que si los parámetros y fines de la Ley General de Educación están dirigidos a la formación de personas íntegras e idóneas para desenvolverse en un mundo tecnocientífico como el presente, los claustros universitarios son precisamente los espacios donde se gestan y desarrollan los futuros docentes quienes, antes que sus estudiantes, deben ejercer la actitud científica, incursionando con celo y abnegación la investigación en cualquiera de las áreas del saber humano, haciendo acopio de una observación crítica del mundo circundante y de una visión prospectiva respecto a la utilidad del conocimiento científico para mejorar las condiciones y calidad de vida. Pero que esa actitud científica sea una práctica consciente de vida y de docencia y no sólo un cumplir con requisitos o prerrequisitos académicos.

BIBLIOGRAFIA:

SOLÍS, Carlos. Introducción (Semblanza de Galileo Galilei) a: GALILEI, Galileo. Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Madrid: Nacional, 1981, 450p.

BUNGE, Mario. La Ciencia, su método y su filosofía. Buenos Aires: Siglo XX, 1972, 345p.

FERRIS, TIMOTHY. La aventura del universo: De Aristóteles a la teoría de los cuantos: una historia sin fin. Barcelona: Grijalbo Mondadori, 1997, 380p.

GALILEI, Galileo. Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Madrid: Nacional, 1981, 470p.

GAMOW, George. Biografía de la física. Estella (Navarra): Salvat, 1971, 280p.

ANALITIC SUMMARY OF STUDY A.S.S

CODE: 12979646
27218938

ACADEMIC PROGRAM: Specialization in University Teaching.

AUTHOR (S): Alba Bastidas Andrade Audila
Edgar Santacruz Fredy Obando

ADVISORY: MA. Alberto Quijano Vodniza

TITLE: GALILEO GALILEI: A HERETIC HERMENEUTICS READER OF NATURE, INITIATOR OF MODERN SCIENCE.

RESEARCHING AREA "Educational Innovations to Improve the Quality of Education."

RESEARCHING FIELD: "Pedagogy and Didactics"

KEY WORDS: anathematized, dogmatic, scholastic, geocentric, heliocentric, heretical, hermeneutical, maieutics, occultism, pantheism.

DESCRIPTION

Bibliographic Thesis with Historic - Hermeneutic focus, which aims to focus Galileo Galilei's work an Italian physicist and instigator of modern science being the main character of the construction of the foundations of the scientific method.

This research is structured into three main parts: The first "GalileoGalilei a controversy of thought " which deals with the location of the mathematician in his time, religious and ideological atmosphere that dominated the atmosphere of the researchers and scientists, it is considered Galileo's main scientific innovations and their impact on politics, religion and science that highlights the conflict of science with the ecclesiastical authorities to disprove Aristotle's ideas regarding the explanation of nature phenomena.

The second part, "Historical Background" refers to the researchers that, before Galileo, contributed to the construction of scientific thought, so it is a journey through time from Ancient Greece to the same period of the Renaissance.

The third part, "Galileo's scientific Raid" addresses properly the contributions of the Italian astronomer in the establishment purely of a scientific methodology considered in the first instance, the characteristics of scientific knowledge according to Mario Bunge, to test how Galilean achievements and evidence comply with those characteristics.

CONTENTS:

The contents of this paper is structured in three main chapters: the first chapter entitled "Galileo Galilei a dispute of thought", it is made of three sections or subsections referred to: Visiting the time of Galileo, Galileo's innovations in thought and impact of Galileo's actions. The second chapter "The evolution of the scientific method" is made of a subchapter called "Historical background" and it is subdivided into six thematic sections. The third chapter "Galileo's Scientific Raid" is divided into two subsections: the nature of scientific knowledge and scientific method steps.

METHODOLOGY:

This research is bibliographical with a Historical – Hermeneutic focus, because historical facts are addressed, situations experienced by a historically and verifiable character, and proceeded to perform an interpretive reading of history about Galileo's work, the consequences of his research in the philosophical, theological, educational fields and even the social and political development of his time and their significance in the modern scientific knowledge.

Therefore, the development of the research is based on consultation, analysis, interpretation and argumentation of the information contained in the books chosen as the theoretical foundation of the monograph.

CONCLUSIONS:

It has really been interesting to have made this journey through the life and work of Galileo Galilei, as it enabled to be closer to one of the most exciting personalities in the history of thought and science, whose significance remains in force although in some aspects of his scientific career has been revalued by the advances of science in the course of four centuries.

Yet it would be unfair not to recognize the Illustrious Pisa citizen, his valuable contributions to the exaltation of scientific knowledge as a separate field of human knowledge, since the strict scientific work of his investigations placing him certainly in a place of preference in the history of mankind. In fact, in building the foundations of modern science, Galileo is not the only developer, because as in the first scientific awakening two thousand five hundred years ago

there are several significant names, also in the second awakening carried out exactly in the Renaissance several characters contributed to laying the foundations of scientific procedure to finally harness science for the purely rationalistic paths, overcoming ideological, religious and emotional prejudices according to common sense and ordinary knowledge.

It is clear that Galileo, with his persistence to explain empirically and rationally the physical natural phenomena, going mainly to the mathematization of knowledge, managed to establish once and for all the basic guidelines of the scientific method, revealing how in the name of a "scientific ethics", the investigator must fight not only phenomenological and experimental inconsistencies that come their way in their work, but also against all those social factors and political attempt to undermine and obstruct their work on behalf of an unbridled and irrational authority .

But the significance and current job of this physics of the Renaissance is not limited to scientific area, which is already an unquestionable merit, it reaches to the boundaries of extra-scientific fields, such as pedagogy, no matter that Galileo was a scientist and a university teacher, which combined the two fields correctly. Indeed, Galileo's work is relevant to the educational field and is extremely useful in our day if his personality is taken as a model of what the educational process should be.

Indeed, in Colombia General Law of Education 115 of 1994, includes among the purposes of education to provide the development of knowledge with scientific criteria, making the acquisition and generation of scientific knowledge and access to science and technique, as specified in article 5 in paragraphs 5 and 7.

And who is better to fulfill these goals in its scientific aspect to propose models of figures than Galileo, who teaches us that the scientist must be uncompromising with their responsibilities, as Galilei with his busy life full of controversy, clashes with all kind of authorities stating that in order to develop research, access to knowledge, acquire and generate knowledge you should be nonconformist and rebellious in the best sense of the term, that is, having an open mind to new proposals, cultivate a critical and questioning spirit, including theories of knowledge and considered true knowledge.

Now, Galileo's pedagogical projection is timely in specializations such as University Teaching due to the parameters and purposes of the General Law of Education are aimed at training people with integrity and appropriate to deal with a techno-scientific world as the current one, university are precisely the spaces where future teachers are developed and brought up, before his students, must exercise scientific attitude, entering with devotion to research in any area of human knowledge, collecting a critical observation of the surrounding world and a prospective view on the usefulness of scientific knowledge to improve

conditions and quality of life. But that scientific attitude has to be a conscious practice and teaching of life and not just to meet academic requirements or prerequisites.

REFERENCES

Solis, Carlos. Introduction (Portrait of Galileo Galilei) to: Galilei, Galileo. Considerations and mathematical demonstrations on two new sciences. Madrid: Nacional, 1981, 450P.

BUNGE, Mario. Science, its methods and philosophy. Buenos Aires: Siglo XX, 1972, 345p.

Ferris, Timothy. The adventure of the universe. From Aristotle to the quantum theory: an endless story. Barcelona: Grijalbo Mondadori, 1997, 380p.

Galilei, Galileo. Considerations and mathematical demonstrations on two new sciences. Madrid: Nacional, 1981, 470p.

Gamow, George. Biography of Physics. Estela (Navarra): Salvat, 1971, 280P.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GALILEO GALILEI UNA CONTROVERSIA DEL PENSAMIENTO	20
1.1 VISITANDO EL TIEMPO DE GALILEO	20
1.2 INNOVACIONES DE GALILEO EN EL PENSAMIENTO	33
1.2.1. El Péndulo y el Movimiento de los Cuerpos	34
1.2.2 El Movimiento Compuesto	39
1.2.3 El telescopio	43
1.3 REPERCUSIONES DE LA ACTUACIÓN DE GALILEO	53
1.3.1 Repercusión Política	54
1.3.2 Repercusión Religiosa.	55
1.3.3 Repercusión Científica	67
2. EL DEVENIR DEL MÉTODO CIENTÍFICO	76
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	76
2.1.1 Gérmes Científicos en la Grecia Clásica.	76
2.1.2 Visión Científica de Alberto El Grande.	90
2.1.3 Francisco Bacon.	94
2.1.4 Giordano Bruno.	97
2.1.5 Nicolás Copérnico un Revolucionario de los Astros.	102
2.1.6 Tycho Brahe y Johannes Kepler	106
3. INCURSIÓN CIENTÍFICA DE GALILEO	121
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CONOCIMIENTO CIENTIFICO	125
3.1.1 Veracidad y verificabilidad	126
3.1.2 Facticidad.	129
3.1.3 La ciencia es analítica.	131
3.1.4 La investigación científica es especializada	132
3.1.5 El conocimiento científico es claro y preciso	132
3.1.6 El conocimiento científico es comunicable	133
3.1.7 El conocimiento científico es sistemático	134

3.1.8 El conocimiento científico es general y legal	134
3.1.9 La ciencia es abierta	135
3.1.10 La ciencia es útil	135
3.1.11 La investigación científica es metódica.	136
3.2 ETAPAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO	137
3.2.1 Observación de hechos significativos.	139
3.2.2 Formulación del problema	139
3.2.3 Formulación de hipótesis	139
3.2.4 Prueba de las hipótesis o comprobación	143
3.2.5 Elaboración de conclusiones en términos legales o teóricos.	144
CONCLUSIONES	147
BIBLIOGRAFIA	149

INTRODUCCIÓN

Hacer la lectura de una vida o de la obra realizada por un hombre es asomarse a una ventana y mirar sino el mundo y la humanidad en su totalidad, al menos una parte o una muestra de ellos. Pero si la vida y la obra corresponden a uno de esos personajes que por sus realizaciones ocupa un sitio destacado en la historia de la humanidad, entonces dicha lectura es un entrar por la puerta que lleva a pasillos, galerías y estancias por los que ha transitado, en un momento dado, la especie humana en su construcción de la historia compuesta de acciones y pensamiento, creencias y conocimiento, fe, desesperanzas y ciencia.

La vida y la obra de Galileo Galilei es, sin duda, un hito significativo en la historia moderna de la humanidad, que al allegarse a él se encuentra el visitante con la cara misma del hombre en una etapa de su transitar por la Tierra en su viaje por el universo. Es que al asomarse a su vida y a su obra, obligadamente se encuentra el observador en una de las épocas más brillantes y convulsionadas de la historia, el Renacimiento, en que junto a la renovación del espíritu griego, se dio el segundo despertar del hombre en el campo de la ciencia, puesto que el primero se había llevado a cabo dos mil quinientos años atrás con los científicos jonios. Pero también fue la época en que la represión del pensamiento y del espíritu libre tuvo su más alta expresión en la institución clerical más nefasta que haya existido, la Inquisición, que con la instauración de un macabro régimen del terror, intentó silenciar las voces de los librepensadores y las actuaciones de los científicos que con sus investigaciones cuestionaban y desmentían las explicaciones teológicas de la realidad natural.

Es entonces que la figura de Galileo Galilei se levanta como el símbolo de la confrontación de la ciencia y la religión, quien con su rebeldía y carácter intransigente hizo tambalear el edificio de las concepciones ptolemaicas sobre la estructura y comportamiento del universo, al demostrar mediante métodos experimentales la veracidad de la teoría copernicana de un sistema planetario heliocéntrico.

Precisamente, esta investigación: "Galileo Galilei: un Herético Lector Hermenéutico de la Naturaleza, Iniciador de la Ciencia Moderna" está centrada en la labor del físico italiano como instaurador de la ciencia moderna en tanto fue el principal gestor de la construcción de las bases del método científico. Este cometido ha sido configurado en tres partes principales: la Primera, "Galileo Galilei una controversia del pensamiento" se ocupa de la ubicación del matemático en su tiempo, la atmósfera religiosa e ideológica que dominaba el ambiente de los investigadores y hombres de ciencia; se considera las principales innovaciones.

científicas de Galileo y sus repercusiones en las esferas política, religiosa y científica, en que se pone de relieve la conflictividad del científico con las autoridades eclesiásticas por desmentir los postulados aristotélicos en cuanto a la explicación de los fenómenos naturales, en especial lo relacionado al movimiento y la relatividad de los cuerpos en caída libre.

Al cuestionar la fiabilidad de los postulados de Aristóteles y, claro, su autoridad en materia científica, Galileo se agenció numerosos enemigos tanto en el clero como en la academia, siendo que la posición del Estagirita había sido adoptada por la Iglesia para sustentar la cosmología ptolemaica que guardaba coherencia con los dictados de la Sagrada Escritura, lo cual colocó a Galileo en una situación no sólo incómoda sino peligrosa, pues la teoría cosmológica de Copérnico, que el Pisano defendía, fue considerada herética y en el mismo sentido sus seguidores.

La segunda parte, "Antecedentes Históricos", hace referencia a los hombres investigadores que, antes de Galileo, aportaron a la construcción de un pensamiento científico, por tanto se hace un itinerario en el tiempo desde la Grecia Antigua hasta la misma época del Renacimiento. Figuran personajes como los científicos jonios, entre otros, Demócrito, Anaxágoras, Aristarco y Arquímedes; y otros personajes iniciadores de una actitud científica ubicados ya en la Edad Media y en el Renacimiento como Alberto Magno, Francisco Bacon, Giordano Bruno, Nicolás Copérnico, Tycho Brahe y Johannes Kepler.

La tercera parte, "Incurción científica de Galileo", aborda propiamente los aportes del astrónomo italiano en la instauración de una metodología netamente científica considerándose, en primera instancia, las características del conocimiento científico según las tipifica Mario Bunge, para contrastar y evidenciar cómo las realizaciones galileanas cumplen con dichas características. Finalmente, se resaltan las Etapas del Método Científico, verificando cómo el procedimiento investigador y experimental del Hombre de Pisa se enmarca en dichas fases y que, por ser el primer impulsador concreto de la actitud científica, es considerado pionero y creador de la ciencia moderna, no obstante, paralelamente a él también había otros personajes con semejantes propósitos; pero, indiscutiblemente, la obra de Galileo fue la primera de gran resonancia sobre esta nueva manera de asumir el conocimiento y la explicación del universo y de los fenómenos físicos naturales, sobre todo por la adopción de un enfoque matemático para efectuar las investigaciones y derivar conclusiones y leyes.

Metodológicamente, la investigación es asumida desde el enfoque histórico-hermenéutico, toda vez que ella consiste en hacer descripción e interpretación de situaciones vividas por Galileo, consideradas a la luz de la historia de este personaje, de ahí que la investigación parte de un interés práctico en tanto la

revisión de tales eventos resalta la trascendencia de los aportes de Galileo a la conformación de la ciencia moderna.

Por consiguiente, y sin más preámbulos, es hora de ingresar por este maravilloso y fascinante pasillo de la obra galileana cimentando la ciencia moderna; la trascendencia hasta el presente de su procedimiento propiamente científico, de desentrañar los secretos de la Naturaleza y sus fenómenos.

1. GALILEO GALILEI UNA CONTROVERSIAS DEL PENSAMIENTO

No cabe duda que la multifacética personalidad de Galileo Galilei marca un hito de suma importancia en la historia del pensamiento de la humanidad, hasta el punto de ser considerado el iniciador de la ciencia moderna, o mejor, el gestor del conocimiento científico, promotor de la primera revolución científica del mundo moderno. Como tal, el nombre de Galileo es relacionado con la controversia de pensamiento al establecerse la ruptura con la forma de pensar del mundo medieval y encauzar a la humanidad por una actitud científica del pensamiento.

Ahora bien, para lograr dimensionar la magnitud de la impronta de Galileo, cómo fue protagonista de uno de los acontecimientos más controversiales por los que ha atravesado la humanidad, es preciso sondear así sea de forma rápida, el contexto ideológico, social y político en que le tocó actuar al inquieto personaje italiano, quien quizá como ningún otro, encarna al hombre de la Edad Moderna que apoyándose en los presupuestos del Renacimiento, rompía definitivamente con el mundo oscurantista de la época anterior.

1.1 VISITANDO EL TIEMPO DE GALILEO

Galileo Galilei llega al mundo, en Pisa el 15 de febrero de 1564, precisamente en la época en que el hombre europeo ya transitaba firme por el camino abierto durante el Renacimiento. Galileo fue el típico hombre de esa época. La humanidad había salido de la larga época de oscuridad en la que había entrado después del esplendor cognoscitivo a que la hubieran llevado los clásicos griegos. En efecto, quedaba atrás la Edad Media con sus estragos marcantes en la actitud de vida y pensamiento del hombre, cuando todo el proceder humano era encasillado en criterios teológicos, reduciendo al hombre a mero receptor conforme del regalo hecho por Dios, el hombre era un pequeño objeto entre el gran objeto del mundo, el cual, por su origen divino era algo intocado; de ahí que es indiscutible que el Renacimiento constituyó el golpe mortal al teocentrismo. Al respecto es oportuna la siguiente consideración panorámica de George Gamow:

Al extinguirse la cultura griega quedó virtualmente detenido el desarrollo de la ciencia en general y de la física en particular. Los romanos, que dominaban el mundo durante este período de la historia humana, se cuidaban muy poco del pensamiento abstracto. Eran una "civilización de hombres de negocios" y aunque estimulaban el saber, se interesaban mucho más por las aplicaciones prácticas. Después de la caída del Imperio romano la situación fue de mal en peor, y los estados feudales que se formaron sobre sus ruinas no representaban ciertamente un

suelo fértil para ningún género de desarrollo científico. El único estímulo unificante durante este período, que se extendió por más de mil años, fue la religión cristiana, y las abadías y monasterios se tomaron centros intelectuales. En consecuencia, el principal interés se concentró en torno a los problemas teológicos y todo lo que quedaba después de la caída de la antigua cultura griega fue sometido a la dictadura religiosa.¹

Efectivamente la época inmediatamente anterior a la Edad Moderna, es decir, la Edad Media, que abarca once siglos (desde el año 400 al 1500), es una etapa eminentemente teocéntrica, en que todo es explicado con el concepto de la existencia de Dios. El Dios judeo-cristiano concentra la explicación y razón de ser de la vida y el pensamiento humanos, configurándose así una actitud y un pensamiento teológicos, debido a que éste período de la historia encuentra un cristianismo que si bien no tiene esas exhibiciones individuales de los anacoretas y monjes cenobíticos de los desiertos, asume un papel determinante en la vida del hombre del Medioevo; su doctrina es una propuesta moral dominante que hace que toda la sociedad occidental que se levantaba sobre las ruinas del Imperio Romano se condujera bajo criterios teológicos, comportando una vida de soterramiento, cerrando las puertas a nuevas aspiraciones, siguiendo una práctica de represión natural y corporal, descalificando todo lo relacionado con la vida terrena, especialmente la vida sensual e instintiva del ser humano, afianzando con terrores ultraterrenos (el Infierno) el deseo por una mejor vida en el más allá, cosa que no tardaría, pues la Iglesia extendía la convicción de que pronto llegaría el fin del mundo.

Debido a esta represión de la naturaleza humana, viviendo con criterio teocéntrico, se negaron las posibilidades de conocimiento del hombre, hasta el punto que la Iglesia desató una terrible persecución contra libros y personas dedicadas al estudio y a la investigación, sobre todo relacionados con doctrinas y religiones antiguas y contra todo aquello que fuera divergente respecto al discurso bíblico y dogma eclesiástico, razón por la cual la Edad Media ha sido identificada como la época del oscurantismo. El hombre medieval estaba confinado a la oscuridad, ante todo porque se le imponía el silencio de sus intimidades, y así la conducta humana se desenvolvía "a escondidas", la expresión sensual del hombre se hacía ocultamente mientras que a la luz del día las personas exhibían un falso pudor, una falsa modestia y una falsa virtud.

Por tanto, la Edad Media, por influencia del cristianismo, formó una humanidad de actitud pesimista hacia la vida y el mundo, que negaba lo humano, que descuidaba el cuerpo, el conocimiento y la expresión artística, razón por la cual en esta época la humanidad experimentó un declive o decadencia respecto a la Edad Clásica en cuanto a valoración de lo humano. Al respecto, Pennethorne Hughes afirma:

¹ GAMOW, George. Biografía de la física. Estella (Navarra): Salvat, 1971, p. 30.

Todo este período se caracterizó, con algunas excepciones, por la degradación física e intelectual y moral (...) Las artes y el nivel de vida estaban muy por debajo de lo que habían estado durante cientos de años en el mundo civilizado. Existía una profunda, inevitable y voluntaria ignorancia acerca de los conocimientos más elementales de medicina, geografía, ciencias naturales y literatura. Había reyes que aprendían a leer y a escribir, y por ello se les tenía en alta estima (...) Esta situación fue originada por el ascetismo de una religión que era a la vez omnipotente y profundamente pesimista. Se hacía especial hincapié en decir que este mundo era valle de dolor y lágrimas, antesala del próximo, el cual, por otra parte, tenía que ser sin remedio de tortura y condenación eterna para la gran mayoría.²

Fue así como la autoridad incuestionable, la Iglesia Católica o Universal, acogió concepciones del mundo que se acomodaran al discurso bíblico y a los argumentos del Vaticano para explicar la Encarnación del Hijo de Dios en el mundo y justificar la presencia del Papa o Vicario de Cristo en la Tierra que, por ser el lugar del cosmos escogido dónde debía realizarse la conversión de Dios en Hombre, necesariamente gozaba del privilegio de ser el Centro del universo, como lo afirmaba el sistema ptolemaico, hasta el punto de elevar dicha teoría al carácter de dogma. Por la misma razón, de seguir la línea teológica, la investigación y explicación de la naturaleza y del mundo en la Edad Media se limitaba a referentes metafísicos. Sencillamente, el pensamiento humano, el afán de conocer fue puesto en cintura por la implacable autoridad eclesiástica, que no reparó en los medios de hacerla, como la Inquisición, el tristemente célebre dispositivo de poder erigido en tribunal de control del espíritu y la conciencia humana. Afirma Gamow:

El sistema ptolomeico del mundo, con la tierra en el centro y el sol y los planetas y estrellas girando a su alrededor, fue aceptado como un dogma inmovible porque se adaptaba mejor al concepto de la posición central del Vaticano como la residencia del emisario escogido por Dios en la Tierra. Las discusiones "científicas" se limitaban principalmente a problemas tales como cuántos ángeles podían danzar en la punta de una aguja y si el Dios omnipotente podía hacer una piedra tan pesada que Él no pudiera elevarla hasta Él mismo. En toda Europa floreció un "Lysenkoísmo" primitivo, y la Santa Inquisición cuidó de aplastar cualquier desviación de la línea general de la creencia religiosa.³

La Iglesia se valió de la instauración de la Inquisición como su principal dispositivo de control y poder. En efecto, esta tenebrosa institución, fundada

² HUGHES, Pennethorne. La brujería. Barcelona: Bruguera, 1976, p. 58-60.

³ GAMOW, Op. cit., p. 30

hacia los años 30 del siglo XIII y que recrudeció sus funciones en los siglos XV y XVI con un criterio antiherético, se propuso silenciar toda forma de actitud y de pensamiento que chocara con los preceptos dogmáticos de la fe cristiana, encasillando las actitudes y formas de pensamiento divergente en el concepto de herejía o contrario a la doctrina oficialmente impuesta, y aunque ocasionó serios reveses en el progreso del ejercicio del pensamiento, al final tuvo unas repercusiones contraproducentes, porque culminando la Edad Media en Europa se respiraba un ambiente anticlerical y de relajamiento moral como manifestación de la libertad del hombre que intentaba sacudirse del yugo impuesto por la Iglesia. Hacia las postrimerías del período oscuro no faltaron personajes que propendieron por rescatar antiguos sistemas, creencias y prácticas pre-cristianas, iniciando así una valoración del ser humano que se rebelaba ostensiblemente contra la opresión clerical; el hombre intentaba buscar conocimiento a la luz de la razón superando la sombría ignorancia en que había vivido.

Ahora bien, como la Iglesia no podía transigir fácilmente y otorgar esa liberalidad que afloraba, entonces mediante el instrumento de la Inquisición, su represión llegó al colmo de la agresión contra la libertad de la conciencia humana y contra la conducta individual. Aparecieron obras en que se trataba la "demonomanía" como una ciencia, lo cual hizo que creciera el número de adeptos a prácticas de hechicería y pactos diabólicos, eran personas que "habían vendido al Diablo su alma", como se expresa en el libro "El Formicarius" del dominico Nider en 1317; fue entonces que la Iglesia se propuso exterminar dichas prácticas mediante el Santo Tribunal, que había sido creado en los seis primeros años del pontificado de Gregorio IX (1227-1241), Y aunque no se sabe la fecha exacta de su fundación, algunas Historias de la Iglesia, de Boulenger J. y Bernardino Llorca, por ejemplo, coinciden en ubicar dicha fundación en 1229.

Pero quien confirmó a la Inquisición en su función antiherética fue el Papa Inocencio VIII (1484-1492) en 1484 mediante la bula "Summis Desiderantis". Tres años después, en 1487 se publicó el "Malleus Malleficarum", que se convirtió en el texto fundamental de los inquisidores para interrogar a los sospechosos de brujería. Sin embargo, mucho antes, a finales del siglo XIII Tomás de Aquino (1224-1276) ya había sostenido una posición radical contra la herejía al afirmar que herejía era "toda opinión o doctrina teológica que se sostiene contra la doctrina "católica" u ortodoxa de la Iglesia Católica" y, por lo tanto era "un pecado que merece, no sólo la excomunión, sino también la muerte".⁴ En ese dictado Tomasiense encontró la Iglesia el fundamento teológico para su proceder inquisitorial.

⁴ AQUINO, Tomás de, citado por BURMAN, Edward. Los secretos de la Inquisición. Bogotá: Círculo de Lectores, 1989, p. 19.

De modo que, como ya se anotó, bajo el común calificativo de herejía se castigaba todo cuestionamiento o divergencia de la doctrina de la Iglesia, pero como toda opresión no puede ser indefinida, pues como lo afirma el dicho popular, "no hay mal que dure cien años ni cuerpo que lo resista", la naturaleza humana siempre propende por rescatar su condición de ser libre, y aunque la represión tomó mucha fuerza también la sed de libertad y de alcanzar el hombre una plenitud de vida centrando sus aspiraciones en la capacidad e iniciativa humanas experimentó un gran repunte. De manera que la confrontación fue radical, de un lado lo divino a través de la iglesia y de otro lado lo humano a través de seres conscientes de su poderío, quienes encauzarían a la humanidad por nuevas rutas, configurando así una nueva era en la historia de Occidente.

Efectivamente, ya en el siglo XV una serie de acontecimientos señalaban el fin de una época y el comienzo de otra. La caída del Imperio bizantino en manos de los turcos (1453), la invención de la brújula que posibilitó a los navegantes mediterráneos aventurarse en el Mar Océano, la invención de la imprenta (1440), que permitió conocer obras de otras culturas y ampliar los conocimientos, la llegada de marinos y aventureros europeos al Nuevo Mundo (1492) y un poco más tarde (1543) la publicación de la obra de Copérnico "Del movimiento de los cuerpos celestes" que revolucionó la cosmovisión de entonces modificando sustancialmente la teoría geocéntrica de Ptolomeo, sustituyéndola por la heliocéntrica en cuanto a la conformación del sistema solar. Por fin el hombre se sacudía del yugo que lo había mantenido sujeto a la falsa convicción de impotencia, desplegaba sus alas e iniciaba el vuelo libertario comprobando que era un ser de iniciativa, poderoso, creativo, en fin, que la naturaleza humana tenía dignidad y no era ese gusano abyecto frente a la divinidad.

Se dio así el período del Renacimiento, la época de Galileo, que propiamente es el punto de transición de la Edad Medieval a la Edad Moderna, en que Europa experimentó cambios sustanciales en la vida. Proliferaron nuevos libros que llenaron las bibliotecas de las academias, universidades e intelectuales, despertando un interés común, el de esforzarse por descubrir lo oculto y conocer lo desconocido del hombre, la sociedad y la naturaleza; las ciudades cambiaron en su aspecto arquitectónico; el arte, en especial la pintura, escultura y literatura se ocupó de retratar al hombre tal como es, exaltando el cuerpo humano, destacando la belleza de sus formas. Lo humano era el centro del estudio y de la preocupación de este hombre del siglo XV que tomaba conciencia de sí mismo. Por eso se conoció como Humanismo a este movimiento del hombre renacentista que retomando elementos y criterios del período clásico grecorromano replanteaba la concepción y actitud teocéntrica del mundo medieval, y no en vano se identifica como antropocéntrica esta nueva posición.

Los historiadores están de acuerdo en ver el Renacimiento como un período lúcido en que el hombre superaba la decadencia que siguió a la caída de la antigua civilización. Precisamente, conscientes de ello, los humanistas, intelectuales y artistas de entonces propugnaron por renovar, retomar y reintegrar a la vida los criterios de belleza de la cultura clásica, calificada de pagana por la Iglesia, y así muchos comenzaron a utilizar términos como "renovación" y "renacimiento", luego, efectivamente, se llamó de este modo a su época. El contraste con el período inmediatamente anterior fue notable, el estudio y la investigación adquirieron un carácter marcada mente antirreligioso; el Humanismo renacentista fue una positiva negación de la deshumanización medieval, toda vez que al recuperar el hombre su dignidad superaba ese sentimiento de estrechez y restricción a que lo había reducido la espiritualidad exagerada de la Iglesia Católica que le produjo limitaciones en varios aspectos. Al respecto Richard Cavendish afirma:

El horizonte del hombre de la Edad Media era restringido; su mundo, pequeño. Geográficamente estaba limitado en occidente por las costas europeas y norafricanas. Ahí estaba el "finis terrae" ("el fin del mundo"). Aparte de Europa, conocía solamente el norte de África y el Oriente cercano y medio... La tierra era para él el centro del universo... La Iglesia orientaba el pensamiento hacia Dios y la vida extraterrenal y no hacia el conocimiento del mundo circundante. Las limitaciones del hombre medieval se daban en el espacio y también en el tiempo. Conocía muy poco de la cultura pasada, prefeudal; las manifestaciones culturales de la antigüedad constituían una incógnita muy grande.⁵

Con la imposición de criterios teológicos, el conocimiento de la naturaleza y de lo material en general eran duramente restringidos en la Edad Media, puesto que predominaba el conocimiento de Dios, todo se remitía y se explicaba en Dios (teocentrismo), y con un criterio fixista (o fijista) el mundo, el hombre y la sociedad eran y existían según designios de Dios, estaban hechos según la sabiduría divina. Por tanto, intentar conocer y profundizar en el conocimiento del universo y de la naturaleza humana, desentrañando sus secretos, era una muestra del orgullo del hombre, una falta contra Dios, pecado de soberbia. De ahí que al asumir el conocimiento de la naturaleza, del mundo circundante y valorar al hombre como un ser creativo, el hombre renacentista se ubicaba en una clara posición antirreligiosa, como al respecto afirma Cavendish:

Las cualidades del renacentista eran en muchos sentidos revolucionarias y con frecuencia se diferenciaban básicamente de las cualidades de la época precedente. La Iglesia ensalzaba al hombre humilde, obediente a Dios y a las autoridades eclesiásticas y terrenales. Dios lo es todo, el hombre no es nada, sólo polvo y cenizas. La Iglesia insiste: "No olvides que polvo eres y en polvo te convertirás". El hombre

⁵ CAVENDISH, Richard. Historia de la magia. Buenos Aires: Luidin, 1979, p. 73-74

solo no logra nada sin la bondad divina; es llamado gusano fútil y se le recuerda que está manchado por el pecado original. A diferencia de esta humildad, el hombre del Renacimiento es consciente de sí mismo; su conciencia surge del orgullo por lo que ya ha logrado (...) Así se crea un criterio nuevo acerca del hombre, al que alaba con emocionados himnos en los que se glorificaban sus fuerzas físicas y espirituales, su capacidad creadora ... Esta alta evaluación del hombre tiene en lo fundamental un carácter antirreligioso (...) El intelecto humano es igualado al divino, apreciación que lleva la religión hacia el concepto pagano. Entre Dios y los hombres no existe ya un cerco insalvable. El hombre ha acortado la distancia que lo separa de Dios para eliminar gradualmente al mismo Dios. El hombre es objeto de orgullo, la dignidad humana es lo más elevado. La capacidad de conocer el mundo forma parte considerable de la conciencia que el ser humano tiene de sí mismo. La Iglesia rebajó la capacidad humana de conocer; querer saber demasiado era considerado un pecado, los que buscaban profundizar en el estudio de la naturaleza eran quemados como brujos y herejes ... El hombre del Renacimiento, por el contrario, desea conocer, sabe que el conocimiento es poder.⁶

De manera que esas eran las condiciones ideológicas y sociales con que se enfrentan los estudiosos de finales del siglo XV y del XVI, una represión implacable de la libertad desbordada por parte de la Iglesia, sobre todo porque en el plano intelectual y del conocimiento el renacentista se dedicó a hacer lectura crítica de las obras antiguas, y se puso de moda la publicación de obras clásicas, rescatando viejos manuscritos. Ellas eran ediciones que incluían largos y serios comentarios críticos, método que luego se extendió a los textos de la Iglesia; fue así como la Biblia y demás documentos eclesiásticos como encíclicas, decretos y constituciones de la Iglesia fueron sometidos a la crítica de los estudiosos, a quienes la Iglesia trató de impugnar como herejes, lográndolo en muchos casos, persiguiéndolos como individuos peligrosos, pero no pudo detener la avasalladora influencia de personajes, como Lorenzo Valla y sobre todo Erasmo de Rotterdam, quienes con ironía y directamente apostrofaban la autoridad papal poniendo en tela de juicio la moralidad de la Iglesia en todo sentido. Se dio así un antagonismo de lo humano y lo divino, o mejor, se hizo evidente e incisiva la confrontación de hombres por sus discursos y criterios de pensamiento, unos hablando a nombre de lo humano y otros asumiendo el papel de voceros de Dios.

Fue entonces que la Iglesia recrudesció su persecución y desencadenó el largo y tristemente célebre episodio de la "Cacería de brujas" instaurando la pena de muerte a quienes se ocuparan de asuntos anticlericales y antirreligiosos. Pero lo que sucedió fue una consecuencia directa del espíritu renacentista, que fomentó el resurgimiento del neoplatonismo y un redescubrimiento de la

⁶ Ibid., p. 75-76.

Hermética, la ciencia mágica u oculta del antiguo Egipto y de Oriente. El criterio del poder humano por el conocimiento fue llevado a un plano de comprobación incontestable por personajes como Ficino, Paracelso, Pico de la Mirándola y Giordano Bruno entre otros, quienes se encargaron de demostrar que el hombre era un pequeño dios sobre la Tierra. Al respecto apunta Cavendish:

El humanismo implicaba una nueva convicción acerca del valor y la estatura potencial del hombre, convicción que llegó a su cima gracias a los magos del Renacimiento -Ficino, Pico della Mirándola, Agripa, Paracelso, Dee, Bruno e incluso el legendario Fausto, los Mr. Hyde de su Dr. Jekyll-. Ellos repusieron en su pedestal a la clásica figura del "hombre de poder", como maestro de sabiduría esotérica y como un dios virtual. "La diferencia que existe entre Dios y el hombre", decía Pico, "consiste en que Dios contiene en sí mismo todas las cosas pues él es su fuente, mientras que el hombre contiene todas las cosas porque él es su centro". El corolario era que: "No existe fuerza latente en el cielo o en la tierra que el mago no pueda liberar mediante inducciones apropiadas".

7

En este punto es preciso señalar que aunque se le reconoce al Renacimiento y a los humanistas el haber gestado la ruptura con los criterios teológicos de ver el mundo y de asumir el conocimiento, en el fondo y particularmente en materia del conocimiento y la investigación, en realidad los renacentistas no fueron innovadores, más bien unos herederos de los casos excepcionales que se dieron en la Edad Media, pues en ella personajes como Alberto Magno, Avicena y Averroes entre otros, mantuvieron vivo el pensamiento antiguo, e inclusive los estudiosos del siglo XVI realizaron una especie de integración del racionalismo incipiente y el discurso mágico medieval; además, aprovecharon algunos aportes del mundo árabe. Maurice de Gandillac afirma:

Todavía Montaigne [en pleno siglo XVI] se queja en un famoso texto de que sus propios contemporáneos, en vez de interrogar a las "cosas" mismas, no cesan de "interpretar interpretaciones". Es cierto que los siglos XV y XVI conocieron una maravillosa floración de artistas y de artesanos que supieron imaginar e incluso construir instrumentos de observación y de conquista. Su aportación no es menos esencial que la de los matemáticos y astrónomos. Pero en la época de Leonardo de Vinci, nos dice Garín, los inventores florentinos "mezclaban fórmulas alquimistas e invocaciones mágicas en sus recetas para el tinte de tejidos y para la forja de metales; el Códice atlántico de Leonardo de Vinci se inspira todavía en los lapidarios y en los bestiarios medievales y, a través de Savonarola, bebe aún profusamente en la fuente de Alberto Magno. Incluso Andrés Vesalio, que hace disecciones de cadáveres, y Cardano, que fabrica transmisiones, descubren más por

⁷ Ibid., p. 102.

genio que por método y, en último término, siguiendo la línea del paciente trabajo que, tras cuatro o cinco siglos de ósmosis con el mundo árabe, había acumulado tantos descubrimientos anónimos: arte racional del tiro de caballos, herraje de cascos, arados de reja metálica con ruedas y vertedera, técnicas de aislamiento, molino de agua y transmisión del movimiento cilíndrico a la acción longitudinal de martillos, cristal de vidrio, relojes astronómicos y autómatas, artes del papel y de la grabación que preparan la imprenta, pólvora, lentes de aumento, guarismos indios, brújula, timón de gran profundidad, todo aquello precisamente que va a permitir la exploración de la tierra y del cielo, haciendo estallar la antigua concepción del cosmos. Incluso en sus modos de expresión el pensamiento de los siglos XV Y XVI es, en conjunto, mucho más un heredero que un innovador. Aquellas mismas cosas que ese pensamiento toma de la Antigüedad, rara vez las había olvidado la Edad Media.⁸

Ahora bien, con relación al papel protector y progresista de las ciencias cumplido por la cultura árabe, es preciso anotar que ello se debió a varios factores históricos, principalmente el ascenso del cristianismo al rango de forma de pensamiento dominante. En efecto, con el advenimiento del cristianismo y su exaltación a religión oficial del Estado a comienzos del siglo IV por parte del emperador Constantino (año 313), el conocimiento griego que se había cimentado en la ciudad de Alejandría en la Roma pagana y que había recibido los primeros reveses serios con las invasiones bárbaras, la nueva doctrina se constituyó en el mayor obstáculo del progreso del conocimiento, pues el cristianismo con su pensamiento idealista, su doctrina ascética y espiritual centrada en la visión de la vida futura, no miró con buenos ojos el conocimiento orientado a las cosas materiales.

De modo que al apoderarse de la Roma pagana, el cristianismo concretaba su convicción de considerar banal el preocuparse por el mundo actual, por el aquí y el ahora, y decidió cerrar la Academia de Platón y asestó el golpe final a la ciencia cuando unos activistas cristianos destruyeron la gran Biblioteca de Alejandría, depositaria del gran legado cultural del mundo antiguo. Además, asesinaron a Hipatia, la última lumbrera que trabajara en este centro del conocimiento. Poco después del crimen se consumó la extinción de los últimos restos de ese templo de la ciencia. Timothy Ferris afirma:

A la ciencia no le fue mejor en la Roma cristiana que en la pagana. El cristianismo con su exaltación del ascetismo, la espiritualidad y la contemplación de la vida futura, albergaba un desinterés intrínseco por el estudio de las cosas materiales. ¿Qué diferencia había en que el mundo fuese redondo o plano si era corrupto y estaba condenado?

⁸ GANDILLAC, Maurice de. La Filosofía en el Renacimiento. Madrid: Siglo XXI, 1980, p. 15-16. (Historia de la Filosofía; No. 5)

Como dijo san Ambrosio en el siglo IV: "Discutir sobre la naturaleza y la posición de la Tierra no nos ayuda en nuestra esperanza de la vida futura". Escribió Tertuliano., el cristiano convertido: "Para nosotros, la curiosidad ya no es necesaria". Para los cristianos, la caída de Roma ejemplificaba la futilidad de poner la propia confianza en el aquí y ahora (...) Las viejas instituciones del saber y la filosofía, en su mayor parte ya en decadencia, se derrumbaron, bajo los vientos crecientes del cambio. La Academia de Platón fue cerrada por Justiniano en 529 d.C.; el Serapeum de Alejandría, un centro del saber, fue totalmente arrasado por activistas cristianos en 391 d.C., y en 415 la geómetra Hipatia, hija del último miembro conocido del Museo de Alejandría, fue asesinada por una muchedumbre cristiana.⁹

El episodio del final de la Biblioteca de Alejandría y de su última gran trabajadora, Hipatia, es realmente impresionante, en el que se materializa el odio encarnizado de los cristianos por todo aquello que significara conocimiento, ciencia, interés por desentrañar explicablemente los secretos de la naturaleza y del universo. Afirma Timothy Ferris que según informe de un testigo presencial, a Hipatia "la desnudaron totalmente. Le arrancaron la piel y desgarraron la carne de su cuerpo con conchas filosas, hasta que el aliento abandonó su cuerpo; llevaron sus pedazos hasta un lugar llamado Cinaron y los quemaron hasta reducirlos a cenizas"¹⁰

Por su parte, Carl Sagan en una descripción gráfica del suceso, deja en claro que la destrucción de la biblioteca alejandrina y de Hipatia fue el resultado de un fanatismo religioso de la multitud alentada inclusive por las autoridades eclesiásticas, una muchedumbre que ignoraba totalmente los descubrimientos y el conocimiento que en dichas instalaciones tenía lugar; pero ante todo pone de relieve la gran pérdida, el retraso que significó para la humanidad la destrucción de esa arca de la sabiduría antigua, que frenó en mil años el progreso científico, ya que sólo después de ese tiempo hasta que llegaron Copérnico, Galileo y Kepler logró retomarse dicho conocimiento y reemprender en algo el camino interrumpido. En efecto, afirma Sagan:

Alejandría era la mayor ciudad que el mundo occidental había visto jamás. Gente de todas las naciones llegaban allí para vivir, comerciar, aprender... Es evidente que allí estaban las semillas del mundo moderno. ¿Qué impidió que arraigaran y florecieran? ¿A qué se debe que Occidente se adormeciera durante mil años de tinieblas hasta que Colón y Copérnico y sus contemporáneos redescubrieron la obra hecha en Alejandría? (...) Cuando al final de todo, la chusma se presentó para quemar la Biblioteca no había nadie capaz de detenerla (...) El último científico que trabajó en la Biblioteca fue una matemática, astrónoma,

⁹ FERRIS, Timothy. La aventura del universo: De Aristóteles a la teoría de los cuantos: una historia sin fin. Barcelona: Grijalbo Mondadori, 1997, p. 36-37.

¹⁰ Ibid., p. 37.

física y jefe de la escuela neoplatónica de filosofía: un extraordinario conjunto de logros para cualquier individuo de cualquier época. Su nombre era Hipatia. Nació en el año 370 en Alejandría (...) La Alejandría de la época de Hipatia -bajo dominio romano desde hacía ya tiempo era una ciudad que sufría graves tensiones. La esclavitud había agotado la vitalidad de la civilización clásica. La creciente iglesia cristiana estaba consolidando su poder e intentando extirpar la influencia y la cultura paganas. Hipatia estaba sobre el epicentro de estas poderosas fuerzas sociales. Cirilo, el arzobispo de Alejandría, la despreciaba por la estrecha amistad que ella mantenía con el gobernador romano y porque era un símbolo de cultura y de ciencia, que la primitiva Iglesia identificaba en gran parte con el paganismo. A pesar del grave riesgo personal que ello suponía, continuó enseñando y publicando, hasta que en el año 415, cuando iba a trabajar, cayó en manos de una turba fanática de feligreses de Cirilo. La arrancaron del carruaje, rompieron sus vestidos y, armados con conchas marinas, la desollaron arrancándole la carne de los huesos. Sus restos fueron quemados, sus obras destruidas, su nombre olvidado. Cirilo fue proclamado santo. La gloria de la Biblioteca de Alejandría es un recuerdo lejano. Sus últimos restos fueron destruidos poco después de la muerte de Hipatia. Era como si toda la civilización hubiese sufrido una operación cerebral infligida por propia mano, de modo que quedaron extinguidos irrevocablemente la mayoría de sus memorias, descubrimientos, ideas y pasiones. La pérdida fue incalculable.¹¹

Pues bien, ante esa arremetida encarnizada de la fe contra la ciencia, o mejor, del fanatismo religioso contra el conocimiento racional, los sabios y estudiosos se vieron obligados a huir y el bagaje cultural y científico pasó a manos del Islam. No se puede desconocer que la cultura árabe que logró infiltrarse en Europa a través de España, se convirtió en depositaria y divulgadora del pensamiento antiguo, de las investigaciones sobre el mundo y la aplicación mecánica. El papel de depositario y conservador de la ciencia antigua e impulsor del conocimiento humano desempeñado por la cultura islámica, obedeció a que el pueblo árabe ha tenido una vasta tradición en la investigación matemática y astronómica, y a que sus criterios religiosos consignados en el Corán no riñen con los estudios de la naturaleza sino que, por el contrario, los estimula. La impronta árabe en la ciencia, particularmente en astronomía, se hace evidente en muchos de los nombres de cuerpos celestes y referentes, como al respecto hace notar Timothy Ferris:

Los sabios huyeron de Alejandría y Roma y se dirigieron a Bizancio -seguidos de cerca por el emperador romano por cuyo nombre la ciudad fue rebautizada Constantinopla- y el cultivo de la ciencia pasó al ámbito del islam. Estimulados por el Corán a practicar el "taffakur", el estudio de

¹¹ SAGAN, Carl. Cosmos. Barcelona: Planeta, 1994, p. 334-335.

la naturaleza, y el "taskheer", el dominio de la naturaleza mediante la técnica, los sabios islámicos estudiaron y desarrollaron la ciencia y la filosofía griegas, olvidadas en Occidente. Las pruebas de sus investigaciones astronómicas eran reflejadas en los nombres de algunas estrellas, como Aldebarán, de *Al Dabaran*, "el seguidor"; Rigel, de *Rijí Jauzah al Yusra*, "la pierna izquierda de] Jauzah"; y Deneb, de *Al Dhanab al Dajajah*, "la cola de la gallina".¹²

De manera que al ingresar al período moderno, a los siglos XVI y XVII, tiempo en que vivió Galileo, se había heredado no sólo algunos trabajos de estudiosos y filósofos de la naturaleza de la Edad Media y del Renacimiento, sino también las vicisitudes y duras confrontaciones con la Iglesia, que ya se había consolidado como una institución poderosa y de enorme capacidad represiva, sin embargo, como se anotó oportunamente, a la par del recrudescimiento de la persecución contra el libre pensamiento también la oposición se hizo más fuerte, y los hombres de ciencia continuaron en sus investigaciones, si bien tuvieron que recurrir a una refinada astucia por salvar la vida y en no pocos casos realizar sus trabajos en la clandestinidad al igual que sus predecesores los casos excepcionales de la Edad Media y del Renacimiento. Al respecto, afirma Gandillac:

El prejuicio aristotélico y la opresión de la Iglesia retrasaron aún más el progreso de la observación y de la reflexión; la filosofía hubo de refugiarse en las obras de ciertos grandes hombres que, sin tener la ambición peligrosa de abrir los ojos a sus contemporáneos, preparaban de lejos, en la sombra y en el silencio, la luz que había de iluminar al mundo poco a poco y por grados insensibles.¹³

En la época de Galileo, no son pocos los personajes, Francisco Bacon, Tomás Campanella y Giordano Bruno, por mencionar unos, que fueron duramente perseguidos por sus controversias con la doctrina cristiana. De ahí que otros como

Descartes, ya por timidez o por suspicacia, disfrazaron sus realizaciones y escritos intercalando referentes claros alusivos a una posible retractación, como asumiendo una posición preventiva y evasiva de toda inculpación directa que pusiera en duda su adhesión a la fe cristiana. Simplemente no se atrevió a ser frontal en su posición y argumentación, sobre todo, respecto al sistema heliocéntrico planteado por Copérnico, tema que indudablemente se había convertido en la piedra de escándalo para discernir entre los afectos a la fe y los enemigos de ella. De ahí que el matemático creador del método de la duda, no se reserva en expresar que disiente de asumir la defensa de teorías que están contra la autoridad eclesiástica, a pesar de que en Holanda donde a la sazón

¹² FERRIS, Op. cit., p. 37.

¹³ GANDILLAC, Op. cit., p. 17.

residía Descartes, no se presentaba la virulencia persecutora ni el fanatismo doctrinal! como sí se daba en Italia donde la tuvo que soportar Galileo. Esta posición "cartesiana" es referida por Carl Sagan y sostenida por una carta del mismo Descartes:

La valentía de Galileo (y de Kepler) al promover la hipótesis heliocéntrica no se hizo evidente en las acciones de otros, ni siquiera de quienes residían en partes de Europa de menor fanatismo doctrinal. Por ejemplo, René Descartes en una carta fechada en abril de 1634 cuando residía en Holanda, escribió:

"Sin duda sabréis que Galileo fue recientemente censurado por los Inquisidores de la Fe, y que sus opiniones sobre el movimiento de la Tierra fueron condenadas por heréticas. Debo decirles que todas las cosas que expliqué en mi tratado, y que incluían la doctrina del movimiento de la Tierra, son tan interdependientes que basta descubrir que una de ellas es falsa para saber que todos los argumentos que utilizo carecen de fundamento. Aunque yo pensé que se basaban en pruebas muy ciertas y evidentes no desearía por nada del mundo mantenerlas contra la autoridad de la Iglesia... Quiero vivir en paz y continuar la vida que inicié con la divisa: **para vivir bien has de vivir sin que te vean**".¹⁴

De manera que, en el campo social e ideológico, no era nada fácil la época galileana para plantear, emprender y realizar actividades en el ámbito de la ciencia, toda vez que la sociedad ya modernista, aún se debatía en los graves conflictos religiosos suscitados por la aparición de la reforma protestante, y la Iglesia Católica no escatimaba esfuerzos para aplacar toda forma de contradiscurso cristiano fundado en la libertad individual. En el siglo XVII cuando la humanidad iniciaba de verdad el tránsito por el camino científico, cuando la investigación en la ciencia se disponía a dar un real salto cualitativo por su método, rompiendo definitivamente con los precedentes pre-científicos medievales y renacentistas, había heredado la represión de aquellos períodos.

La Iglesia erigida en la institución de poder y control de este mundo porque fundaba su razón de ser en la esperanza de otro venidero, se aprestaba a vivir su decadencia respecto a dicho poder temporal, presentía quizá que al dejar que el pensamiento humano se explayara libremente como lo habían hecho los antiguos griegos y algunos casos excepcionales de la Edad Media y del Renacimiento, se iría al traste el dique construido en doce siglos de hegemonía sociopolítica y cultural. Esa era la razón de su intransigencia "antiepistemológica". Claro que en su memoria y en la historia quedaría grabada la ironía de saber que durante la oscura represión, fueron clérigos y

¹⁴ SAGAN, Op. cit., p. 142.

religiosos disidentes que apoyados en la luz de la razón previeron y hasta marcaron el sendero por el que habría de hacer su curso la tan temida ciencia; los hitos estaban allí, sólo debía darse el salto para caminar de otra manera, había que matematizar el conocimiento. De ahí que como afirma Gandillac respecto a Descartes: "Retenido por ciertas ataduras que, o no supo, o no osó romper, pero inspirador genial del árbol enciclopédico, y más afortunado como geómetra que como filósofo, pionero, al fin, que no hizo sino abrir camino allí donde todo estaba por comenzar,"¹⁵ También lo fue Galileo, con la diferencia que el pisanó no tuvo ataduras y retornando algunos aciertos de sus predecesores históricos, pasó la barrera de la especulación místico-contemplativa a la verificación experimental del conocimiento abstracto.

1.2 INNOVACIONES DE GALILEO EN EL PENSAMIENTO

Galileo Galilei fue un típico hombre del Renacimiento, dedicado a cultivar el estudio y la investigación en varias áreas del conocimiento, de las artes y de las letras, de manera que entregado a diversos campos del saber se perfiló como una personalidad polifacética, e inclusive fue uno de los individuos más cultos de este período de la historia de la humanidad. Es frecuente hacer referencia a sus trabajos en la astronomía y en la física, pero se deja de lado su condición de hombre de letras, porque fue un verdadero cultor de las artes y particularmente un literato en toda la extensión de la palabra, sin embargo, esta faceta del genio italiano es muy poco conocida.

Precisamente, la revista del Centro Interamericano para la Producción de Material Educativo y Científico para la Prensa (CIMPEC) dedicó un artículo al célebre personaje nacido en Pisa (Italia) poniendo de relieve su multifacética actividad y destacando de ella su muy desconocida faceta estética:

Galileo Galilei es ampliamente conocido como astrónomo y físico. Pocos saben que, además de ello, fue uno de los hombres más cultos del Renacimiento. Filósofo, literato y erudito en arte. Conocía ampliamente y recitaba de memoria las obras de Virgilio, Horacio, Séneca, Ovidio, Lucrecio, y otros clásicos (u.) Los biógrafos de Galileo Galilei, nacido en Pisa el 15 de febrero de 1564 y fallecido en Arcetri, cerca de Florencia, el 8 de enero de 1642, dicen fue un astrónomo y físico italiano. La descripción es limitada. Galileo fue un hombre del Renacimiento. Todos los campos del conocimiento le interesaron y su fama por el uso y difusión del método cuantitativo -observar y medir los fenómenos- es igual a su fama como redactor cuidadoso que con una prosa bellísima y clara supo describir todas sus experiencias científicas.¹⁶

¹⁵ GANDILLAC, Op. cit., p. 17.

¹⁶ CENTRO INTERAMERICANO PARA LA PRODUCCIÓN DE MATERIAL EDUCATIVO Y CIENTÍFICO PARA LA PRENSA. La estética de Galileo Galilei. Revista CIMPEC. N° 19. Año 5°, Bogotá: CIMPEC, 1978, p. 29-30

En el campo de la ciencia Galileo hizo varios aportes, aunque es materia de polémica y discusión que algunos de ellos no fueron invenciones suyas sino adaptaciones de instrumentos inspirados por otros, pero bueno, al fin y al cabo, como muchos hombres del Renacimiento y según se anotó oportunamente, ellos antes que innovadores fueron herederos de saberes y del conocimiento acumulado y fraguado durante el oscurantismo medieval. De todas maneras las contribuciones de Galileo no sólo en astronomía sino también en matemáticas y física son valiosas, sobre todo si se tiene en cuenta que lo hizo con criterios nuevos del pensamiento, con un claro sentido de ciencia práctica, acreditándose para la posteridad como el iniciador del conocimiento científico o ciencia moderna, como se asegura en el citado artículo del órgano informativo del CIMPEC:

Inventor o adaptador de instrumentos como termómetros, balanzas hidrostáticas, telescopios y creador de conceptos básicos para la mecánica, la balística, la astronomía y la física, puso las bases de un conocimiento que un siglo más tarde Newton integraría, dando comienzo a la revolución científica (...) En matemáticas, su pensamiento se afinó hasta alcanzar concepciones que solo siglos más tarde pudieron ser sintetizadas al perfeccionarse el álgebra.¹⁷

1.2.1. El Péndulo y el Movimiento de los Cuerpos

A Galileo le corresponde el honor de haber iniciado el estudio del movimiento de los cuerpos materiales, o sea, de la Dinámica. Siendo un individuo de aguzada observación, durante su primera juventud y cuando era estudiante de medicina, se dice que estando en la catedral de Pisa (los más entusiastas afirman que escuchando misa, pero quizás simplemente estaba ahí) se quedó abstraído mirando una lámpara puesta en movimiento por efecto de la mano del operador o sacristán que la había encendido. Observó que las oscilaciones eran cada vez más cortas a medida que la lámpara iba llegando al reposo. A Galileo le surgió una inquietud, saber si el tiempo de cada oscilación era también más corto o por el contrario permanecía constante, y así se ocupó en hacer sus cálculos sobre este hecho, cosa que le haría abandonar sus estudios de medicina.

Dejando de lado el hecho anecdótico, el que al igual de otros acontecimientos suyos está matizado y sublimado por truculentas descripciones legendarias que han dado pie a cuestionar la veracidad de las mismas, lo cierto es que Galileo se encontró frente a este fenómeno físico, consignado por él mismo en su obra "Discursos [también suele traducirse como Diálogos] sobre dos nuevas

¹⁷ Ibid p. 31

ciencias", escrita y publicada en su ancianidad (1638). A falta de reloj, que aún no había sido inventado, Galileo midió las sucesivas oscilaciones de la lámpara catedralicia con su pulso, descubriendo, no sin asombro, que aunque las oscilaciones eran cada vez más cortas, el tiempo de duración era el mismo.

Ya en su casa, "repitió el experimento con una piedra atada al final de una cuerda y encontró el mismo resultado". Luego introdujo algunas variaciones y "descubrió que, para una longitud dada de la cuerda, el período de oscilación era el mismo, usase una piedra pesada o una piedra ligera en el experimento. De este modo el aparato familiar conocido como un péndulo vino a la existencia".¹⁸ Siendo que se encontraba estudiando medicina, Galileo le encontró utilidad práctica al péndulo en esta ciencia, sugiriendo que serviría para medir los latidos del pulso de los pacientes, construyó el llamado "pulsómetro" del que luego derivaría el "tensiómetro". Claro que esta fue la última contribución de Galileo a la medicina, porque desde entonces se dedicó de lleno a las disciplinas físicas, según refiere Gamow:

Teniendo todavía un pie en la profesión médica, Galileo invirtió el procedimiento de su descubrimiento y sugirió el uso de un péndulo de una longitud dada para medir los latidos del pulso de los pacientes. Este aparato, conocido por el "pulsómetro", se hizo muy popular en la medicina contemporánea y fue el precursor de la moderna enfermera, vestida de blanco, que sostiene la mano del paciente, mirando a su elegante reloj de pulsera. Pero esta fue la última colaboración de Galileo a la ciencia médica, porque el estudio del péndulo y otros aparatos cambiaron por completo la orientación de su interés.¹⁹

Así durante varios años Galileo se dedicó al estudio del movimiento de los cuerpos o campo de la física que se conoce actualmente como Dinámica, encontrándose con problemas como el de por qué el período del péndulo es dependiente de la amplitud o longitud de la cuerda y por qué una piedra pesada y otra ligera al final de la misma cuerda oscilan con el mismo período. Si bien es cierto que no encontró la solución a estos problemas sí realizó valiosos aportes en su planteamiento, se requería de nuevos cálculos y descubrimientos que vendrían años y siglos después con personajes como Newton y Einstein, según afirma el citado autor:

Durante una serie de años, su interés se concentró en el campo de lo que ahora conocemos como la Dinámica, esto es, el estudio de las leyes del movimiento. ¿Por qué el período del péndulo es dependiente de la "amplitud", es decir, de la medida de la cuerda? ¿Por qué una piedra ligera y una piedra pesada al final de la misma cuerda oscilan con el

¹⁸ GAMOW, Op. cit., p. 38.

¹⁹ Ibid p. 20

mismo período? Galileo nunca resolvió el primer problema porque su solución requería el conocimiento del cálculo que fue inventado por Newton casi cien años después. Nunca resolvió tampoco el segundo problema que había de esperar por los trabajos de Einstein sobre la teoría general de la relatividad. Pero contribuyó en gran medida a la formulación de ambos, si no a su solución.²⁰

Con base en el movimiento pendular, que es “un caso especial de la caída originada por la fuerza de la gravedad”,²¹ Galileo se ocupó del estudio de la caída de los cuerpos, primero en plano inclinado para deducir luego la fórmula matemática de la caída libre. Se dice que para este último fenómeno, Galileo subió a la torre inclinada de Pisa, de donde soltó dos esferas, una de madera y otra de hierro, haciendo ver a los incrédulo espectadores situados abajo cómo las dos esferas llegaban al suelo al mismo tiempo. Respecto a la veracidad de esta demostración final en la famosa torre no pocos autores, sobre todo en las últimas décadas, están de acuerdo en que es “leyenda pintoresca” sin validez histórica (ni el mismo Galileo la consignó en sus escritos), al igual que el descubrimiento de la ley del péndulo mientras oraba o asistía a misa en la catedral de Pisa. Por ejemplo, George Gamow sostiene que:

La investigación histórica parece indicar que esta demostración [en la torre de Pisa] nunca se realizó y representa solamente una leyenda pintoresca. Tampoco es cierto que Galileo descubriera la ley del péndulo mientras estaba rezando en la catedral de Pisa. Pero es cierto que arrojaba objetos de diferente peso, acaso desde el tejado de su casa, y que hacía oscilar piedras atadas a una cuerda, acaso en el patio trasero.²²

De su parte, Timothy Ferris sostiene que es una actitud frecuente de agregar leyendas y llenar con descripciones magnificentes los hechos reales de personajes famosos, convirtiéndolos en símbolos o individuos representativos de una actuación o de una época, lo cual no le disgustaría a Galileo que, según Ferris, era un “afanoso arribista” que adelantándose a un personaje del siglo XX, le gustaba la publicidad y entre sus objetivos estaba el buscar la fama; además, asegura este autor que la demostración de la caída libre de los cuerpos no tendría éxito en la torre de Pisa, porque la resistencia del aire no permitiría que un cuerpo pesado y otro liviano lleguen al suelo al mismo tiempo. De todas maneras, con la exaltación y tergiversación de hechos realizados por personajes como Galileo, se pone de manifiesto el impacto en la sociedad y en la academia de sus innovaciones, manifestando a las claras el conflicto que la novedad generaba en su entorno. Afirma Ferris:

²⁰ Ibid

²¹ Ibid

²² Ibid.

La historia suele gastar a los grandes la broma de convertirlos en símbolos; su leyenda se convierte en algo similar a la gran casa de la montaña, de cuyo propietario se habla mucho pero raramente se le ve. Para ningún científico esto ha sido más cierto que para Galileo Galilei. Galileo, que, dejaba caer una bala de cañón y una bala de mosquete desde lo alto de la Torre inclinada de Pisa, demostrando así que objetos de diferente peso caen a la misma tasa de aceleración, ha llegado a simbolizar la creciente importancia de la observación y el experimento en el Renacimiento. Al construir el primer telescopio, Galileo simboliza la importancia de la técnica para abrir los ojos del hombre a la naturaleza a gran escala. Galileo de rodillas ante la Inquisición, simboliza el conflicto entre la ciencia y la religión.

Tales instantáneas, aunque útiles como recursos mnemotécnicos, tienen su precio en cuanto a exactitud. La historia de Galileo en la Torre inclinada es casi ciertamente apócrifa. Aparece en una biografía romántica escrita por su discípulo Vincenzo Viciani, pero el mismo Galileo no la menciona, y en todo caso el experimento no habría sido satisfactorio a causa de la resistencia del aire, el objeto más pesado habría llegado al suelo primero. Galileo tampoco inventó el telescopio, aunque lo mejoró y lo aplicó a la astronomía... Sin embargo, estas deformaciones en la concepción popular de Galileo operan en su favor, y esto sin duda le habría complacido. Afanoso arribista con talento para las relaciones públicas, estaba por delante de su tiempo en más de un aspecto. Su misión, según sus palabras [en carta a Cosme de Médicis], era "lograr alguna fama".²³

Sea como fuere, lo cierto es que Galileo efectuó matemáticamente la demostración de la caída libre, pero como le era sumamente difícil estudiar en detalle dicha caída libre de los cuerpos, porque se realiza muy rápidamente y no puede observarse en detalle sin la ayuda de aparatos o recursos modernos como la "fotografía Instantánea", entonces Galileo decidió si no eliminar, por lo menos "diluir la fuerza de gravedad" haciendo rodar una esfera por un plano inclinado y, claro, cuanto más inclinado fuera el plano más rápido rodaba la esfera, hasta llegar a la inclinación límite o plano vertical en que la esfera cae libremente a lo largo del plano.

Pero entonces Galileo se encontró con otra dificultad, la de medir el tiempo empleado por la esfera en recorrer distancias diferentes, solución que encontró, según Gamow y tal como consta en los "Discursos" galileanos, mediante la utilización del reloj de agua.

²³ FERRIS, Op. cit., p. 68-69

Marcando las posiciones de la esfera en iguales intervalos de tiempo, a partir del origen, halló que las distancias recorridas estaban en la proporción 1: 3: 5: 7, etc. Cuando el plano estaba más inclinado, las correspondientes distancias eran más largas, pero sus relaciones eran siempre las mismas. Así, por tanto, concluyó Galileo, esta ley debe también regir para el caso límite de la caída libre.²⁴

Ahora bien, lo importante aquí es destacar cómo mediante la observación y la experimentación, que son aspectos metódicos novedosos en tiempo de Galileo, el científico renacentista logró refutar la creencia y patrón aristotélico respecto del movimiento de los cuerpos y de la caída libre de los mismos. En efecto, desde hacía dos mil años la autoridad del conocimiento era Aristóteles, quien en su "Lógica" había establecido la lógica como arte de pensar e instrumento de todo conocimiento científico. Considera la demostración como base de la ciencia, pero era una demostración lógica o fundada sobre los primeros principios y centrada en el silogismo deductivo. Claro que gran parte de estas deficiencias se explican porque Aristóteles se orientaba con criterios de reflexión lógica y no matemáticos, y al igual que muchos otros pensadores griegos no procedió de manera experimental. De todas maneras, por ser tenida la filosofía aristotélica como la autoridad del conocimiento, se consideraba innecesario hacerle cualquier cuestionamiento y se aceptaba como la última palabra en materia científica, y eso, como afirma Gamow, tuvo efectos negativos para el progreso de la ciencia. De ahí que las comprobaciones de Galileo comportaron en sí mismas un duro golpe a esa manera aristotélica de hacer ciencia y, claro, fue motivo de grandes conflictos en los círculos académicos y universitarios de-entonces. Al respecto sostiene Gamow:

... mientras en todos estos campos [lógica y psicología, ciencia política y tratados sobre diversos problemas biológicos], probablemente su mayor contribución en el campo de la física fue la invención del nombre de esta ciencia que se deriva de la palabra "phísiké" que significa **naturaleza**. La deficiencia de la filosofía aristotélica en el estudio de los fenómenos físicos debe ser atribuida al hecho de que la gran inteligencia de Aristóteles no estaba orientada matemáticamente como la de otros muchos antiguos filósofos griegos. Sus ideas respecto al movimiento de los cuerpos terrestres y celestes probablemente hicieron más daño que beneficio al progreso de la ciencia. Cuando resurgió el pensamiento durante el Renacimiento, hombres como Galileo tuvieron que luchar duramente para liberarse del yugo de la filosofía aristotélica que, en aquel tiempo, era considerada generalmente como "la última palabra del conocimiento" que hacía innecesarias más investigaciones sobre la naturaleza de las cosas.²⁵

²⁴ GAMOW, Op. cit., p.39

²⁵ Ibid., p. 14-15.

Es así que cuando Galileo dedujo del movimiento pendular que una piedra ligera y otra pesada caen y llegan al mismo tiempo al suelo, esto chocó frontalmente con la creencia general fundada en Aristóteles, como a! respecto refiere Gamow:

Si una piedra ligera y otra pesada, atadas a una cuerda, emplean el mismo tiempo en alcanzar la posición más baja (un cuarto del período de oscilación), entonces ambas piedras deben emplear el mismo tiempo en caer al suelo cuando se las suelta de la misma altura. Esta conclusión estaba en contradicción con la opinión aceptada generalmente de la filosofía aristotélica en aquel tiempo, según la cual los cuerpos más pesados caían más rápidamente que los ligeros.²⁶

1.2.2 El Movimiento Compuesto

es otra importante contribución de Galileo a los problemas de la Dinámica, referido a que al lanzarse un objeto habiéndole impreso una velocidad inicial, dicho objeto no cae en línea recta, perpendicularmente debajo del punto de inicio del recorrido, sino que lo hace una distancia más allá, lo cual se debe a que el movimiento del objeto o de la piedra del experimento hace un movimiento parabólico como resultante de la operatividad de dos movimientos: uno uniforme en dirección horizontal y un movimiento acelerado en dirección vertical, y el resultado es una curva o parábola.

Además, Galileo concluyó que al soltar una piedra o un objeto cualquiera desde un cuerpo en movimiento (barco, tren, avión), la piedra tendrá al momento de soltarla la misma velocidad del vehículo en movimiento, pero en realidad el movimiento que efectúa la piedra es un movimiento compuesto por el horizontal del vehículo que avanza y un movimiento vertical, resultando un movimiento parabólico.

Estas deducciones y conclusiones confrontaban directamente con las enseñanzas aristotélicas, ya que precisamente Aristóteles sostenía que el objeto lanzado se mueve mientras dure el impulso y se detendrá cuando desaparezca la fuerza que lo lanza. Así se daba el ejemplo de que al ser arrojada una piedra desde la cima de un mástil de un barco en movimiento, según Aristóteles la piedra caería verticalmente mientras el buque avanza, ella se retrasaría y no caería en la base del mástil sino un poco más atrás. Pero la diferencia del procedimiento de Galileo consistía en que él efectuaba el experimento para comprobar su punto de vista y refutar el de Aristóteles, mientras que los demás, acogiéndose a la palabra aristotélica no osaban verificar el hecho. Aristóteles y sus seguidores medievales se conformaban con

²⁶ Ibid., p. 38.

la discusión teórica de estos problemas y con la deducción lógica de los mismos sin llegar a la comprobación experimental. Al respecto afirma Gamow:

En lugar de arrojar una piedra o disparar una bala podemos arrojar un objeto desde un vehículo en movimiento... una piedra desde la cima de un mástil de un buque impulsado mecánicamente que se mueve rápidamente (una galera impulsada a remo de la época de Galileo). En el momento "de soltar la piedra tendrá ésta la misma velocidad horizontal que el barco y así continuará moviéndose con esta velocidad horizontal después de haberla soltado, quedando todo el tiempo exactamente sobre la base del mástil la componente vertical del movimiento será una caída libre y acelerada y así chocará contra la cubierta justo en la base del mástil lo mismo ocurrirá, naturalmente, si arrojamamos un objeto dentro de un coche de un tren que se mueve o dentro de una cabina de un avión que vuela, cualquiera que sea la velocidad de estos vehículos.

Todo esto nos parece sencillo y evidente en nuestro tiempo, pero no así cuando vivía Galileo. Entonces se creía, conforme a las enseñanzas de Aristóteles, que dominaba el pensamiento científico de la época, que el objeto se mueve tanto tiempo como sea impulsado y se detendrá en cuanto desaparece la fuerza. De acuerdo con este punto de vista, una piedra que se deja caer de la cima de un mástil caerá verticalmente mientras el barco continúa avanzando. Así pues, se esperaba que la piedra chocaría con la cubierta más cerca de la popa. Es característico del escolasticismo medieval que problemas de este género fueran discutidos en pro y en contra durante siglos y que ¡nadie cuidara de subir al mástil de un buque en movimiento y soltara desde allí una piedra!²⁷

Es que, además, Aristóteles afirmaba que la tierra no se mueve, argumentando que los cuerpos lanzados verticalmente hacia arriba vuelven perpendicularmente al punto de partida, de manera que si la tierra se moviera los objetos lanzados hacia arriba caerían "atrás" del punto de partida, pues habrían quedado rezagados por la tierra en movimiento.

Es algo similar a lo que ocurre en el interior de un vehículo que avanza con movimiento uniforme, no se aprecia que los objetos se muevan con la velocidad del vehículo ni tampoco al ser lanzados dentro, porque adentro los objetos lanzados se aprecia que se mueven "normalmente" independientemente de la velocidad que lleve el vehículo, pero lo que sucede es que el movimiento del vehículo es común a todos los objetos en su interior; es lo mismo que ocurre con las construcciones y los hombres sobre la tierra, que aunque ella se mueve a gran velocidad ni los hombres ni las cosas salen despedidas, ellos viajan a la velocidad de la tierra que además, los atrae con la

²⁷ Ibid., p. 44-45.

fuerza de gravedad, y al arrojar una piedra arriba ella cae en el punto de partida. Así Galileo llegó a vislumbrar el principio de relatividad en mecánica, que siglos después sería corroborado y extendido por Albert Einstein a la óptica y al electromagnetismo. Con relación a estas confrontaciones aristotélico-galileanas, afirma Gamow apoyándose en textos de la obra de Galileo, "Diálogos sobre el Gran Sistema del Mundo", conformada a la manera de los antiguos escritores griegos, una conversación entre tres personajes ficticios: Salviatus, que representa a Galileo y habla por él; Sagredus, un inteligente ciudadano, y Simplicius como representante de la escuela aristotélica. La cita es algo extensa, aun suprimiendo muchos detalles, pero es que ella contiene elementos básicos de la posición de Galileo respecto a la movilidad de la tierra y su adhesión a la teoría copernicana:

La situación queda ilustrada por los siguientes pasajes del libro de Galileo "Diálogo sobre el Gran Sistema del Mundo" ... Aquí transcribimos sus argumentos relativos a una piedra que cae desde el mástil de un buque en movimiento y de una torre levantada sobre la Tierra que, de acuerdo con Copérnico, se mueve:

Salviatus: Aristóteles dice que el argumento más convincente de la inmovilidad de la tierra es ver que los proyectiles arrojados o disparados verticalmente hacia arriba vuelven perpendicularmente por la misma línea al mismo punto del cual fueron arrojados o disparados. Y que esto es así, aunque el movimiento haya alcanzado una gran altura... Ahora bien, yo puedo comenzar a deshacer estos nudos; pregunto a Simplicius: en el caso de que uno negara a Ptolomeo y Aristóteles que los pesos que caen libremente de lo alto descienden en una línea recta y perpendicular, esto es, directamente al centro, ¿qué medios emplearíamos para probarlo?

Simplicius: Por medio de los sentidos, que nos aseguran que la torre o la altura está a plomo y perpendicular y nos muestran que la piedra se desliza a lo largo de la pared sin inclinarse el grosor del pelo a un lado o a otro y se posa en el suelo exactamente debajo del punto del que se la dejó caer.

Salviatus: Pero, ¿si ocurriera que el globo terráqueo girara y, por tanto, se llevara la torre con él y que la piedra entonces rozara y se deslizara a lo largo del lado de la torre, ¿cuál debería ser su movimiento entonces?

Simplicius: En este caso hablaríamos de sus movimientos, porque tendría uno por el cual descendería de lo alto al suelo y tendría otro siguiendo el movimiento de la torre dicha.

Salviatus: Así que su movimiento se compondría de dos; de esto se seguiría que la piedra no describiría una simple línea recta perpendicular sino una transversal y acaso no recta.

Simplicius: Yo no puedo decir nada acerca de su no rectitud, pero yo reconozco que necesariamente sería transversal.

Salviatus: Usted ve, por tanto, que si meramente observamos que la piedra cae a lo largo de la torre, usted no puede afirmar con seguridad que describe una línea recta y perpendicular, a menos que usted no suponga primero que la Tierra está quieta.

Simplicius: Cierto, porque si la Tierra se moviera, el movimiento de la piedra sería transversal y no perpendicular.

Salviatus: (...) Si, por tanto, Aristóteles tiene por posible mezclar el movimiento recto hacia arriba del fuego con el circular comunicado al fuego y al aire desde la concavidad de la Luna, mucho menos debe considerar imposible la mezcla del movimiento recto de la piedra hacia abajo con el circular que suponemos natural a todo el globo terráqueo, del cual la piedra es una parte.

Más tarde -agrega Gamow-, en los Diálogos, Salviatus propone un experimento muy interesante encaminado a probar su punto de vista expresado en las anteriores discusiones:

Salviatus: (...) Cíérrese usted con algún amigo en la estancia más grande bajo la cubierta de algún gran barco y allí encierre también mosquitos, moscas y otras pequeñas criaturas aladas. Lleve además una gran artesa llena de agua y ponga dentro ciertos peces; cuelgue también una cierta botella que gotee su agua en otra botella de cuello estrecho colocada debajo. Entonces, estando el barco quieto, observe cómo estos pequeños animales alados vuelan con parecida velocidad hacia todas las partes de la estancia, cómo los peces nadan indiferentemente hacia todos los lados y cómo todas las gotas caen situadas debajo. Y lanzando cualquier cosa hacia su amigo, usted no necesitará arrojarla con más fuerza en una dirección que en otra siempre que las circunstancias sean iguales ... Haced ahora que el barco se mueva con la velocidad que usted quiera, siempre que el movimiento sea uniforme y no oscile en esta dirección y en aquélla. Usted no será capaz de distinguir la menor alteración en todos los efectos citados ni podrá colegir por uno de ellos si el barco se mueve o se está quieto. La causa de esta correspondencia de los efectos es que el movimiento del barco es común a todas las cosas que hay en el él e incluso al aire (...)

Sagredus: Aunque nunca me vino a las mientes hacer la prueba de estas observaciones cuando estaba en el mar, sin embargo, estoy seguro de que sucederá en la forma en que usted lo ha relatado. En confirmación de esto yo recuerdo que estando en mi camarote yo me he preguntado cientos de veces si el barco se movía o si estaba quieto; y a veces he supuesto que se movía en una dirección cuando en realidad se movía en otra. Así pues, quedo satisfactoriamente convencido de la

invalidez de todos aquellos experimentos que han sido realizados en prueba de la parte negativa.

Pero ahora queda la objeción fundada sobre lo que nos muestra la experiencia, a saber, que una rueda que gira tiene la propiedad de expeler y dispersar las materias adheridas a la máquina. En este hecho muchos fundan la opinión, y Ptolomeo entre otros, que si la Tierra girase con tan grande velocidad, las piedras y criaturas que están sobre ella serían lanzadas al aire y que no habría mortero bastante fuerte para fijar los edificios a sus cimientos de modo que no sufrieran semejante expulsión.

Esta afirmación -concluye Gamow- de que es imposible saber si un barco está anclado o moviéndose en el mar mediante experimentos mecánicos en una cerrada cabina de su interior es conocido ahora como el "principio de relatividad de Galileo". Pasaron más de tres siglos de desarrollo de la física antes de que este principio fuera extendido por Albert Einstein al caso de los fenómenos Ópticos y electromagnéticos cuando se les observa en una cabina cerrada que se mueve con movimiento uniforme. Tal fue la contribución de Galileo a la ciencia de la mecánica.²⁸

Galileo era un ferviente seguidor y defensor de la teoría heliocéntrica de Copérnico, uno de cuyos principales postulados era la movilidad de la Tierra, cosa que hubo de comprobar mediante la utilización de un instrumento nuevo, el Telescopio, que hizo incursionar a Galileo en el campo de la astronomía. Esta otra faceta del ilustre italiano merece una consideración aparte.

1.2.3 El telescopio

generalmente se atribuye a Galileo la invención de este instrumento óptico que permite mirar objetos a distancias enormes, hasta el punto que es útil en las observaciones astronómicas en el inmenso campo del espacio sideral. Hoy día, sin embargo, se le reconoce a Galileo no su invención sino el haber introducido mejoramientos cualitativos al aparato creado por holandeses (Leeuwenhoek construyó el microscopio y quizá Christiaan Huygens el telescopio), y sobre todo el haberle dado aplicación en la astronomía, iniciando así la etapa científica de esta disciplina que hasta entonces era mayormente teórica y especulativa, por cuanto el telescopio permitió comprobar visualmente el comportamiento de los astros que coquetamente miraban al hombre en la Tierra, escondiendo fascinantes secretos.

Claro que si bien el aporte galileano a la astronomía con la aplicación del telescopio es reconocido, el perfeccionamiento e inclusive su invención por

²⁸ GALILEI, Galileo. Diálogos sobre el gran sistema del mundo, citado por GAMOW, Op. cit., p. 45-48.

mano de Galileo es campo de serias discusiones, asunto que se verá luego. En cuanto a lo primero, Gamow registra el viraje dado por Galileo a la astronomía de la siguiente manera: "Además de ser uno de los primeros físicos experimentales y teóricos, Galileo también contribuyó poderosamente al progreso de la astronomía abriendo a la humanidad ilimitadas perspectivas del universo circundante".²⁹

Según el citado autor, el interés definitivo de Galileo por la astronomía fue motivado por la aparición de una "estrella nueva" en el firmamento en 1604, cuando el científico cruzaba la cuarta decena de vida; es el momento de un interés serio, porque años atrás, en 1589, cuando Galileo contaba con veinticinco años era profesor de astronomía en la Universidad de Pisa, entre otras asignaturas que dictaba, según consta en la referencia que al respecto hace Ferris: "Galileo tenía veinticinco años cuando un noble con inclinaciones científicas, Francesco Cardinal del Monte, se interesó por sus aptitudes y logró que lo nombrasen profesor de matemáticas en Pisa. Allí dio clases de astronomía, poesía y matemáticas".³⁰ Pero entonces, Galileo era más un informador, un instructor de astronomía que un astrónomo propiamente dicho.

El suceso celeste de la aparición de una "nova" en el firmamento hizo que Galileo se perfilara como un astrónomo en toda la extensión de la palabra, porque logró demostrar que efectivamente se trataba de una estrella nueva y no como se creía en ese momento, que era "un meteoro de la atmósfera terrestre", pudiendo inclusive predecir la desaparición de ese fenómeno, pues se trataba de una explosión estelar o culminación de la vida de una estrella. La afirmación hecha por Galileo dio pie al inicio de largas y fuertes controversias del científico con las autoridades académicas y eclesiásticas. Esas deducciones fueron de tipo teórico matemático sin la ayuda de aparatos que corroboraran experimentalmente la aventurada conjetura. Pero pocos años después, con la construcción del primer "anteojo astronómico" Galileo generaría la verdadera revolución astronómica, como al respecto afirma Gamow:

Su atención [la de Galileo] fue atraída primero por el cielo en el año 1604, cuando una brillante estrella nueva (de las que ahora llamamos novae) apareció de repente una noche entre las constelaciones inmutables conocidas desde hace milenios por los observadores de las estrellas. Galileo, que entonces contaba cuarenta años, demostró que la nueva estrella era realmente una estrella y no alguna clase de meteoro de la atmósfera terrestre y predijo que se desvanecería gradualmente. La aparición de una estrella nueva en el cielo, que se suponía absolutamente inmutable de acuerdo con la filosofía de Aristóteles y las enseñanzas de la Iglesia, le valieron a Galileo muchos enemigos entre

²⁹ GAMOW, Op. cit., p. 48.

³⁰ FERRIS, Op. cit., p. 69-70.

sus colegas científicos y el alto clero. Solamente pocos años después de este primer paso en el estudio del cielo, Galileo revolucionó la astronomía construyendo el primer antejo astronómico...³¹

Nótese cómo Gamow afirma que Galileo construyó "el primer antejo astronómico", pero que según el mismo Galileo fue la adopción de un aparato inventado en Holanda aunque no con fines astronómicos, un catalejo de aumento sumamente útil para los navegantes y para los mismos ciudadanos holandeses que podían avistar navíos con bastante antelación. En efecto, Galileo admite que recibió noticias de ese instrumento óptico y conociendo, por información epistolar recibida de amigos holandeses y quizá franceses, los principios físicos convocados en ese lente, se dispuso a construir el suyo propio; corría el año 1609. En texto citado por Gamow, Galileo recuerda:

Hace unos diez meses llegó a mis oídos el rumor de que había sido construido por un holandés un instrumento óptico con cuya ayuda, objetos visibles, aunque muy distantes de los ojos del observador, se veían distintamente como a un palmo de la mano, -con lo que se enlazaron algunas historias de este maravilloso efecto al cual algunos dan crédito y otros niegan. Lo mismo me fue confirmado pocos días después por una carta enviada desde París por el noble francés Jacob Badovere, que acabó por ser la razón de que me aplicara a indagar la teoría y a descubrir los medios de que yo pudiera llegar a la invención de un instrumento análogo; una finalidad que -conseguí más tarde por las consideraciones de la teoría de la refracción. Primero preparé un tubo de plomo a cuyos extremos fijé dos lentes de cristal, ambas planas por una cara, pero por la otra una era esférica convexa y otra cóncava.³²

Se puede apreciar cómo Galileo se refiere a la construcción de dicho instrumento y no le otorga el carácter de invención, en cambio sí utiliza esta palabra al referirse a la construcción hecha por él, que propiamente no era una invención ya que él acogió los principios físicos aplicados por los holandeses y los adoptó como propios, ya que Galileo tenía con sus amigos en varios países una especie de cadena de espionaje científico. Además, con Holanda Galileo tenía muy buenas relaciones. De ahí que Carl Sagan habla de que Galileo perfeccionó un instrumento holandés reconociendo que el suyo, el de Galileo, era el primer telescopio astronómico: "Galileo mantenía relaciones intensas con Holanda, y su primer telescopio astronómico fue el perfeccionamiento de un catalejo de diseño holandés".³³

³¹ GAMOW, Op. cit.

³² GALILEO, citado por Gamow en Op. cit.

³³ SAGAN, Op. cit., p. 141.

Es que la Holanda del siglo XVII, era una nación abierta a la investigación con un gran sentido de tolerancia por el pensamiento no ortodoxo, convirtiéndose en un territorio hospitalario al que acudían artistas, científicos y pensadores perseguidos en otras naciones europeas; en efecto, Holanda acogió a hombres como Espinoza, Descartes y Locke, y en su tierra tenía científicos que llevaban a cabo importantes descubrimientos. Inclusive ofrecería al mismo Galileo dictar clases en la Universidad de Leiden cuando el intransigente copernicano había sido objeto de la humillación al ser obligado por la Inquisición a retractarse de sus postulados copernicanos. Al respecto, afirma Sagan:

[Holanda] era un país pequeño, obligado a vivir de su propio talento, y que infundía a su política extranjera un fuerte aire pacifista. Su gran tolerancia por las opiniones no ortodoxas le convirtió en un paraíso para los intelectuales que huían de la censura y del control de pensamiento practicado en el resto de Europa ... Así, en el siglo diecisiete Holanda fue el hogar del gran filósofo judío Espinoza, admirado por Einstein; de Descartes, una figura primordial en la historia de las matemáticas y de la filosofía; y de John Locke, un científico político que influyó sobre un grupo de revolucionarios de inclinación filosófica llamados Paine, Hamilton, Adams, Franklin y Jefferson. Nunca, ni antes ni después, ha estado Holanda adornada con una galaxia tal de artistas y de científicos, de filósofos y de matemáticos. Fue la época de los maestros pintores Rembrandt, Vermeer y Frans Hals; de Leeuwenhoek, el inventor del microscopio; de Willebrord Snell, que descubrió la ley de la refracción de la luz.³⁴

En este, como en otros acontecimientos de su vida, Galileo es protagonista de fuertes polémicas, que iban de acuerdo a su personalidad, ya que desde su época de estudiante era conocido como "el pendenciero", y aparte de ello era un personaje astuto, "muy vivo", que lograba agenciarse el apoyo de no pocos individuos de renombre, adulador, era un hombre de mundo que sabía manejar la publicidad, pero asimismo, se granjeaba graves enemistades de otros por su terquedad y falta de tacto. Al respecto, en su nota introductoria a los "Diálogos sobre dos nuevas ciencias" de Galileo, Carlos Solís afirma:

Galileo Galilei, académico linceo, mártir de la ciencia y de su implacable capacidad polémica, adulador, terco como una mula, propagandista chapucero de su doctrina, dueño de una inteligencia aguda y desbordante, capaz de atraer sobre si, gracias a su inhabilidad, los odios de sus enemigos, de despertar la admiración de los más lúcidos de sus contemporáneos y de ser un soberbio amigo de sus amigos...³⁵

³⁴ Ibid.

³⁵ SOLIS, Carlos. Introducción (semblanza de Galileo Galilei). En: GALILEI, Galileo. Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Madrid: Naciona1, 1981, p. 9.

De su parte, Timothy Ferris hace la siguiente descripción del carácter de Galileo, partiendo de un texto del padre del científico, Vincenzo Galilei, músico profesional, ejecutante de laúd y matemático aficionado, en que hace notar cómo Galileo se buscó los problemas posteriores con las autoridades cuando, sin tacto, él que pregonaba que el científico debe ser libre de toda autoridad, comenzó a exigir que las cuestiones científicas y sus descubrimientos se aceptasen por el sólo peso de "su" autoridad. Afirma Ferris:

Vicenzo había escrito un libro, Diálogo sobre la música antigua y la moderna, que estimuló a Kepler en su búsqueda de armonías pitagóricas. Uno de sus personajes hace una declaración que podría haber sido el lema del joven Galileo:

"Me parece que quienes, en prueba de alguna afirmación, se basan solamente en el peso de la autoridad, sin aducir ningún argumento en su apoyo, actúan muy absurdamente. Yo, por el contrario, deseo que se me permita preguntar libremente y contestar libremente sin ningún género de adulación, como corresponde a quienes buscan la verdad".

Galileo prosperó mientras permaneció fiel a ese credo independiente. El desastre sobrevino cuando lo olvidó y empezó a exigir que las cuestiones se decidiesen por los dictámenes de "su" autoridad.

Sin embargo, Galileo de joven libró gloriosas campañas contra aquellos que, como escribiría, "creen que nuestro intelecto debe ser esclavizado al de algún otro hombre", Orador y panfletista ardoroso, en sus días de estudiante en la Universidad de Pisa era llamado "el pendenciero", por el sarcástico aplomo con que hacía frente a los profesores escolásticos.³⁶

Sea como fuere, lo cierto es que respecto al telescopio, estrictamente Galileo fue un adaptador de principios ópticos ya aplicados por los holandeses en la construcción del catalejo, por tanto no puede llamársele inventor a no ser que él hubiera descubierto por su propia cuenta aquellos principios físicos, de los cuales recibió información oportuna. Galileo lo que hizo fue construir (o reconstruir) en su taller de Padua el mismo aparato ya hecho con anterioridad en Holanda, y le realizó adaptaciones para mirar el cielo.

Lo que sí tenía Galileo era un gran sentido práctico, y estando en Venecia, una ciudad sin murallas donde los ciudadanos vivían preocupados oteando el mar tratando de avistar y discernir posibles embarcaciones enemigas, fue donde "Galileo se enteró de que en Holanda se construían telescopios,³⁷ y se enteró

³⁶ FERRIS, Op. cit., p. 69.

³⁷ Ibid., p. 70. 38.

de noticias frescas, inmediatas; construyó su telescopio en Padua y regresó a Venecia donde le dio resonancia al hecho invitando a patricios y senadores venecianos a observar el mar desde el campanario de la catedral de San Marcos, haciéndoles creer que era invención suya. Los halagos no se hicieron esperar, hasta el punto de lograr que los senadores le nombraran profesor vitalicio en Padua. Sin embargo, cuando al poco tiempo comenzaron a aparecer en el mercado telescopios fabricados en Holanda, la gratificación a la invención de Galileo quedó empañada. Al respecto afirma Ferris:

Los senadores, sumamente impresionados, duplicaron el salario de Galileo y le concedieron un nombramiento vitalicio en Padua; como diríamos hoy, pusieron a Galileo en plantilla. Pero este triunfo quedó oscurecido por la sombra de un engaño. Permitted a los senadores creer que él había inventado el telescopio. Esto no era estrictamente verdadero, y su silencio con respecto al estímulo de su más grande invención se hizo embarazoso cuando en los mercados de Venecia empezaron a aparecer telescopios fabricados por ópticos holandeses o italianos.³⁸

Este triste episodio de Galileo, que se hizo célebre en su época quedó registrado por la historia al igual que otros de su vida, y fue recogido por Bertold Brecht en su obra de teatro "Galileo Galilei", en que Priuri, el Secretario de la Universidad de Padua, censura a Galileo por su engaño descubriéndolo ante el amigo de éste, Sagredo. La escena ocurre en el gabinete de trabajo de Galilei, en Padua, donde se encontraba con su amigo Sagredo que se halla frente al telescopio:

SAGREDO: ¡Qué cosa maravillosa es este aparato! (Golpean a la puerta.)

GALILEI: Espera, además he descubierto otra cosa y tal vez, sea todavía más asombrosa. (Golpean de nuevo. Aparece el Secretario de la Universidad.)

EL SECRETARIO: Disculpe usted que lo moleste a estas horas. Quisiera hablarle a solas.

GALILEI: El señor Sagredo puede oír todo lo que a mí se refiera, señor Priuri.

EL SECRETARIO: Es que, tal vez, no le resultará agradable a usted que el señor oiga lo que ha ocurrido. Es algo totalmente increíble.

GALILEI: El señor Sagredo ya está acostumbrado a que en mi presencia ocurran cosas increíbles, señor Priuri.

EL SECRETARIO: Mucho me temo que... (Mostrando el telescopio.) ¡Ahí está el famoso invento! Puede usted tirarlo, es un fracaso, sí, ¡un fracaso!

SAGREDO: (que ha estado paseándose nervioso): ¿Por qué?

³⁸ Ibid., p. 71.

EL SECRETARIO: ¿No sabe usted, acaso, que ese invento, que él calificó pintorescamente de "el fruto de diecisiete años de investigación" se puede comprar en cada esquina de Venecia por un par de escudos? ¡Y nada menos que fabricado en Holanda! En este momento un carguero holandés está descargando en el puerto quinientos de esos anteojos.

GALILEI: ¿Es cierto?

EL SECRETARIO: No comprendo su tranquilidad, señor.

SAGREDO: Pero, ¿por qué se aflige tanto? Deje que el señor Galilei le cuente los descubrimientos revolucionarios que, gracias a este aparato, ha podido realizar en la bóveda celeste.

GALILEI (riendo): Usted mismo puede varios, Priuli.

EL SECRETARIO (a Sagredo): Es mejor que usted vaya sabiendo que me basta mi descubrimiento de ser el hombre que logró duplicarle el sueldo al señor Galilei por este vulgar trasto. ¡Por pura casualidad los señores de la Alta Signoria, cuando echaron la primera mirada a través de la lente no vieron a algún vendedor ambulante, aumentado siete veces, vendiendo tubos exactamente iguales en la esquina de la calle por una bicoca? ¡Y ellos están en la creencia de haber asegurado a la República con este instrumento algo que sólo aquí puede ser fabricado! (Galilei ríe a carcajadas).³⁹

De todas maneras, Galileo lo que hizo fue mejorar el invento holandés, ya que si este catalejo aumentaba los objetos unas siete veces, el de Galileo lo hacía en unas treinta veces más. Además, el punto propiamente innovador del Pisano consistió en el acto irreverente de dirigir su telescopio a los cielos a diferencia de los demás que se contentaban con mirar el horizonte terrestre. En efecto, como afirma Solís: "... tras oír las noticias venidas de Holanda acerca de un instrumento óptico capaz de acercar las cosas distantes, [Galileo] construye un telescopio por sí mismo (que aumentaba el diámetro unas treinta veces) y comete la impiedad de orientarlo allende el orbe lunar".⁴⁰

Con ese acto, fruto de su espíritu inquieto y temerario, Galileo abrió las puertas a la observación directa del universo, iniciando el golpe de gracia a las antiguas concepciones del sistema geocéntrico y de la finitud del universo; sin embargo, también en este punto quizá no fue el único que tuvo tal osadía, tal vez fue uno de los primeros, porque en Inglaterra un tal Thomas Harriot hacía lo mismo por la misma época, como al respecto afirma Ferris:

Pero mientras los senadores enfocaban sus telescopios en el horizonte, Galileo enfocaba el suyo en el cielo nocturno. Fue el primer científico que lo hizo (o uno de los primeros, pues Thomas Harriot, en Inglaterra,

³⁹ BRECHT, Bertold. Galileo Galilei. Escena 3.3 ed. Bogotá: ECOE, 1983, p. 23-24.

⁴⁰ SOLIS, Op. cit., p. 11.

observó la Luna a través de un telescopio ese mismo verano), vio que vio representó el principio del fin del cosmos cerrado y geocéntrico, y la apertura de las profundidades del espacio.⁴¹

Los descubrimientos sucesivos que Galileo hizo del comportamiento de los cuerpos celestes fueron sencillamente asombrosos, el fundamento de la más grande revolución científica en el campo de la astronomía, en que se desmoronaban viejas opiniones y concepciones. En efecto, lo primero que constató Galileo fue la irregularidad de la superficie lunar, vio que estaba llena de cráteres y desigualdades, lo cual desmentía el punto de vista de Aristóteles y sus seguidores (los peripatéticos) de que la Luna era exactamente esférica, recubierta por una superficie suave y pulida y, además, compuesta de éter celeste; Galileo comprobó que el satélite terrestre estaba lleno de protuberancias, con enormes elevaciones, profundos valles y abismos y, además, estaba compuesta de material rocoso, polvoriento y desigual.

Seguidamente observó que los planetas se diferenciaban de las estrellas en que aquellos tienen la forma de círculos con apariencia de "pequeñas lunas completamente iluminadas y de forma globular", en tanto éstas últimas le parecieron "llamaradas de luz" que no estaban encerradas en una circunferencia circular. Dichas observaciones fueron consignadas por Galileo en su obra "Sidereus Nuntius" o "El mensajero de las estrellas" (1610) citado por Gamow:

Los planetas presentan sus discos perfectamente redondos, lo mismo que si hubieran sido trazados por un compás y aparecen como otras tantas pequeñas lunas completamente iluminadas y de forma globular; pero las estrellas fijas no parecen a los ojos desnudos (esta es la primera vez que se usa esta expresión, agrega Gamow) como si estuvieran encerradas en una circunferencia circular, sino más bien como llamaradas de luz que arrojan rayos hacia todos los lados y muy centelleantes, y con el telescopio parecen de la misma forma que cuando son contempladas a simple vista.⁴²

El 7 de enero de 1610 es una fecha crucial para la historia de la astronomía y, claro, en la vida de Galileo, pues allí tuvo comienzo la confirmación de la teoría Heliocéntrica de Copérnico que trastornaría la concepción ptolemaica y la fundamentación bíblica, lo cual le acarrearía serios problemas al científico al enfrentarse a la autoridad eclesiástica. En efecto, en esa fecha Galileo observó el planeta Júpiter y captó tres satélites que él describió como "tres estrellas pequeñas" pero brillantes cerca del planeta", dos al oriente y una al occidente del planeta.

⁴¹ FERRIS, Op. cit., p. 71-72.

⁴² GALILEI, citado por GAMOW, Op. cit., p.43.

Al día siguiente (o mejor, la noche siguiente) la sorpresa fue mayor cuando dirigiendo el telescopio al mismo sitio y observó que esas "tres pequeñas estrellas" estaban todas al oeste de Júpiter "y más cercanas unas de otras que la noche anterior", Fue entonces que Galileo hizo su primera gran deducción que comprendía el comportamiento del sistema solar: "Hay tres estrellas en el cielo moviéndose en torno a Júpiter como Venus y Mercurio en torno al Sol".⁴³

En este punto es de señalar que frecuentemente se habla de cuatro satélites galileanos, pero lo que sucede es que los apartes aquí registrados, que pertenecen a la obra de Galileo: "Diálogo sobre el gran sistema del mundo" y citados por Gamow, corresponden a una ocasión en que uno de los satélites jovianos estaba oculto detrás del planeta y por tanto no podía ser visto, pero Galileo una noche antes había observado cuatro satélites. Más adelante, se tocará nuevamente este episodio, según la biografía de Galileo llevada a teatro por Bertold Brecht.

Posteriormente, miró a Venus y Mercurio y descubrió que a veces tienen la forma de cuarto creciente o menguante como la Luna, con lo cual corroboró que los planetas giran alrededor del Sol, reafirmando los planteamientos heliocéntricos. Galileo hizo su conclusión, reconociendo que ya Kepler sostenía la verdad copernicana: "Venus y Mercurio giran en torno al Sol como todos los demás planetas. Una verdad ya sostenida por la escuela pitagórica, por Copérnico y por Kepler, pero nunca probada por la evidencia de nuestros sentidos como queda probada ahora en el caso de Venus y Mercurio".⁴⁴ Seguidamente, miró la Vía Láctea encontrando que era "una masa de innumerables estrellas situadas juntas en racimos".

Estas observaciones, que representaron un paso gigantesco en el avance de la humanidad en la ciencia de los astros y profundización del espacio sideral, significó el descalabro para la vida personal de Galileo, quien aparte de enfrentarse con acritud a los académicos y universitarios de su tiempo, para lo cual estaba preparado ya que su carácter lo predisponía a la polémica, vivió la desventura de verse censurado por las autoridades eclesiásticas, porque al defender con entusiasmo sus conclusiones sobre la veracidad del sistema copernicano en su obra más famosa: "Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo" fue puesto en la mira condenatoria de la Santa Inquisición, siendo objeto de una implacable persecución en la que se vio incluso en el peligro de perder hasta su vida; claro que, como en otras ocasiones, Galileo aportó con su imprudencia para que las cosas se agravaran, porque, como se verá oportunamente, en un comienzo la Iglesia no se mostraba tan reticente a su posición, pero la impaciencia y el arrojo del pisano apresuró el descalabro.

⁴³ GAMOW, Op. cit.

⁴⁴ Ibid.

De todas maneras, los descubrimientos cosmológicos de Galileo a través del telescopio, que confirmaban la teoría copernicana, significaron un tedioso problema para la Iglesia (al menos para un sector de ella). Al respecto afirma Gamow:

Los descubrimientos de Galileo realizados mediante el uso del telescopio suministraron una prueba indiscutible de la exactitud del sistema copernicano del mundo y él habló jubiloso de ello. Pero esto era más de lo que podía permitir la Santa Inquisición; fue detenido y sometido a un largo período de confinamiento solitario e interrogatorios, que no parece, sin embargo, que cambiaran su espíritu de lucha.⁴⁵

Ahora bien, aparte de estos episodios de las peripecias personales de la vida de Galileo, es indiscutible que el hombre de Pisa aportó a sistematizar la metodología científica, ya que en cualesquiera de los campos en que enfocó sus investigaciones, Galileo dio prelación a la comprobación experimental, a la verificación de hecho ya para corroborar deducciones hipotéticas o teóricas, o partiendo de la experiencia para comprobar leyes y establecer teorías o dejar sentados los principios en deducciones teoremáticas, cosa de gran importancia ya que luego, científicos posteriores utilizarían las investigaciones galileanas y las complementarían subsanando algunos baches para culminar en afortunadas conclusiones.

El infortunio de Galileo parece no haber concluido con su muerte, toda vez que aun siglos después, no falta quien ponga en duda la actitud científica del pisano. En efecto, no son pocos los detractores de Galileo, principalmente después de Alexandre Koyré, que han puesto en tela de juicio su metodología práctica, le acusan de ser platónico y apriorístico en su ciencia, y que no habría realizado efectivamente ninguno de sus experimentos porque estos serían imaginarios y mentales. Sin embargo, investigaciones más recientes demuestran la veracidad de los experimentos fácticos de Galileo, como al respecto afirma Carlos Solís:

El carácter experimental de la ciencia de Galileo ha sido objeto de un serio malentendido desde hace unos treinta años – [Solís escribe en 1974] –, gracias a A. Koyré, que sólo recientemente ha comenzado a ser remediado. Aquél, empeñado en criticar la imagen clásica de la distinción entre la ciencia moderna y la medieval en términos de experimentación vs. Libresca, insiste en el platonismo de Galileo y en el carácter apriorístico de su ciencia, sugiriendo que Galileo no habría realizado ninguno de los experimentos de los que habla en los "Discorsi", que no serían sino imaginarios y mentales. Sin embargo, más recientes investigaciones de sus opositores [de A. Koyré] han puesto de

⁴⁵ Ibid., p. 49-50.

relieve no sólo la sofisticación y precisión de sus técnicas experimentales, sino que han sacado también a la luz manuscritos que muestran a Galileo hallando experimentalmente (a veces, mientras buscaba otras cosas) fenómenos que treinta años más tarde aparecerán enunciados como principios o teoremas fundamentales de la tercera jornada [tercera parte de sus "Discursos sobre dos nuevas ciencias".] ⁴⁶

Galileo realizó valiosas contribuciones a las ciencias particulares de la física y astronomía, y a la ciencia en general le aportó la inclusión de la experimentación fáctica como elemento imprescindible del método fiable a seguir, para deducir a partir de la verificación las leyes que rigen el comportamiento material del mundo terrestre y de los astros en las profundidades del espacio, siendo comprensible que en algunos de sus experimentos y conclusiones estuviera errado, pues en ese momento no contaba con todos los recursos teóricos que poco tiempo después hombres como Newton los concretarían para corroborar el acierto del procedimiento de Galileo en la investigación científica. Además, no se puede desconocer su capacidad inventiva, a pesar de que se ponga en duda la originalidad de algunos de sus inventos. El tensiómetro (o pulsómetro) y el termómetro son dos genuinos inventos galileanos.

1.3 REPERCUSIONES DE LA ACTUACIÓN DE GALILEO

Para la época presente pasa como normal la actitud experimental del científico en el marco de sus investigaciones, sencillamente porque es un paso necesario para comprobar la veracidad de hipótesis, teorías y leyes que explica la ciencia; mas no fue así en el tiempo de Galileo, porque el pisano con su proceder fáctico, de probar con los sentidos los hechos y fenómenos naturales protagonizó una ruptura con la actitud del científico precedente, que más era una especulación teórica e imaginaria, razón por la cual los precientíficos medievales y del mismo Renacimiento son propiamente "filósofos de la naturaleza", en tanto sus deducciones se cimentaban en la sola operación racional, de ahí que obraban con una actitud platónica aunque por principio fueran aristotélicos, pero el aristotelismo se quedaba en la validación teórica de los sentidos como fuente de conocimiento, y así sus deducciones eran más bien del tipo intuitivo.

En cambio, mediante la experimentación Galileo concretó el hecho mismo del comportamiento de los sentidos como herramienta fundamental para explicar los fenómenos y las teorías respectivas. Y esta nueva actitud quebrantadora de los patrones del pensamiento en el campo de la ciencia, significaba irreverencia contra las autoridades "científicas" establecidas y consolidadas en el mundo occidental. De ahí que no fue fácil el transcurrir de Galileo entre sus

⁴⁶ SOLIS, Op. cit. p. 18-19.

contemporáneos, ya que su larga vida fue atravesada por serios y graves conflictos por sus enfrentamientos con las autoridades de toda índole, no obstante contar con el apoyo de no pocos personajes importantes, aparte de que el recrudecimiento de varios de esos conflictos fueran alimentados por el arrebató, la intemperancia y la imprudencia del mismo Galileo.

De todas maneras, las contribuciones innovadoras de Galileo al método de la ciencia no sólo tuvieron repercusiones en el ámbito científico, sino también en el político y religioso, que se verán a continuación.

1.3.1 Repercusión Política

Es quizá la menos aludida y que se dio de manera indirecta, porque Galileo jamás tuvo pretensiones políticas con sus investigaciones, en el sentido de que no procuraba romper los desniveles sociales y reivindicar sectores populares, tampoco iba detrás de puestos o cargos políticos para sí mismo, eso, evidentemente no le interesaba. Sin embargo, el sólo hecho de rebelarse contra todo tipo de autoridad, implicaba indirectamente que era puesta en tela de juicio la autoridad civil, sobre todo si el ejercicio del poder de los soberanos se inmiscuía en las actividades de los hombres de pensamiento.

Quizá su espíritu controversial le fue inculcado por su padre, Vincenzo Galilei, quien, como quedó reseñado oportunamente, en su obra "Diálogo sobre la música antigua y la moderna" consignó su punto de vista sobre la libertad de opinión y pensamiento, que es a la vez un reproche para quienes mediante la adulación aceptan o muestran acatamiento a la autoridad de cualquier clase, advertencia que quizá Galileo se la apropió como consigna y divisa de su conducta posterior. Dicho texto, citado por Ferris es como sigue:

Me parece que quienes, en prueba de alguna afirmación, se basan solamente en el peso de la autoridad, sin aducir ningún argumento en su apoyo, actúan muy absurdamente. Yo, por el contrario, deseo que se me permita preguntaros libremente y contestaros libremente sin ningún género de adulación, como corresponde a quienes buscan la verdad.⁴⁷

Ahora bien, siendo que el caso del enfrentamiento de Galileo a la Santa Inquisición fue muy sonado, no se pudo evitar que la sociedad entera estuviera al tanto de lo acontecido, ya que a diferencia de las polémicas sostenidas con las autoridades académicas y universitarias que se dieron en un ámbito cerrado, sus controversias con las autoridades eclesiásticas se divulgaron entre la opinión pública, porque alguna explicación debían dar éstas a la prohibición, decomiso y retiro de circulación de la obra de Galileo. Inclusive, las discusiones

⁴⁷ FERRIS, Op. cit., p. 69.

en los claustros universitarios habrán trascendido a la gente común a través de los estudiantes.

Por consiguiente no es difícil suponer que en la conciencia de las personas calaría la idea de que las autoridades civiles o gubernamentales eran susceptibles de ser cuestionadas, sobre todo en esos tiempos en que con intensidad se daba la intromisión e incumbencia de la jerarquía eclesiástica en asuntos políticos y a su vez de los soberanos y príncipes en asuntos de la Iglesia.

1.3.2 Repercusión Religiosa.

No cabe duda que la incidencia de los descubrimientos de Galileo en los círculos eclesiásticos apuntando a unos replanteamientos de concepciones o dogmas religiosos, es la más conocida. Claro que en un comienzo, Galileo contó con el apoyo de algunos jerarcas de la Iglesia, cardenales, obispos y sacerdotes interesados por las cuestiones científicas, porque no fue la jerarquía en pleno que se manifestó reacia a las nuevas propuestas cosmológicas, fue un sector de ella.

En efecto, Carlos Solís en su Introducción al "Diálogo sobre dos nuevas ciencias" anota cómo después de las observaciones de las lunas de Júpiter, Galileo fue agasajado en Roma, recibido "por el Papa Pablo V y agasajado por el Colegio jesuítico, que contaba entre sus miembros a varios padres, astrónomos destacados, como Clavio, Van Maelcote, Gienberger, etc. Estos eran entonces acérrimos partidarios de Galileo e hicieron su defensa ante el presidente del Colegio, el cardenal Bellarmino".⁴⁸

De otro lado, en el mismo texto de Solís, se menciona cómo en una charla entre Cristina de Lorena, la Granduquesa de Toscana y el benedictino padre Castelli, fue este religioso quien defendió a Galileo de las acusaciones de la duquesa respecto a que el movimiento de la Tierra contradecía las Sagradas Escrituras. Además, el cardenal Maffeo Barberini era gran amigo de Galileo, que aceptaba y se mostraba tolerante con sus planteamientos copernicanos. Barberini fue elegido Papa, tomando el nombre de Urbano VIII, y por instigaciones de los enemigos de Galileo, algunos jesuitas y dominicos, el Papa cambió de posición y condenó la obra de Galileo y la teoría copernicana. Los detalles de estos cambios de posición se verán luego.

Es decir, el que Galileo contara con algunos clérigos que se mostraban tolerantes con sus ideas, no lo eximió de ser perseguido y reprimido al final, cuando por la influencia de otros jerarcas, contrarios e intransigentes, se tomó la decisión de obligarlo a retractarse de algunas de sus afirmaciones a favor de

⁴⁸ SOLIS, Op. cit., p. 12.

la teoría heliocéntrica de Copérnico y de ser anatematizado y confinado a un retiro de incontrovertible silencio.

Es demasiado conocido el largo proceso de conflicto y lucha que Galileo tuvo que vivir contra las autoridades eclesiásticas, ya que no hay obra o estudio sobre el científico que no lo mencione, del que a continuación se hace referencia, tratando de sintetizarla en cuanto ello es posible.

Ya la puesta en tela de juicio de la autoridad de la filosofía aristotélica para discernir el conocimiento de la naturaleza por Galileo durante sus experimentos e investigaciones respecto a la caída libre y el movimiento de los cuerpos, le significó al científico los primeros roces con los peripatéticos, seguidores de Aristóteles que entre el clero se conformaba el mayor número, ya que no en vano había sido adoptado el pensamiento del estagirita por teólogos cristianos, conformando lo que se conoce como Escolástica tras la adecuación e interpretación cristiana que de él hicieron personajes como Boecio, Juan Escoto, San Anselmo y Pedro Abelardo entre los siglos VI y X, y con mayor intensidad, configurando la alta escolástica, San Buenaventura, San Alberto Magno y principalmente Santo Tomás de Aquino en el siglo XIII, que es una doctrina filosófica cristiana que incorpora el pensamiento aristotélico buscando la conciliación entre la razón y la fe. Así el escolasticismo se convirtió en el fundamento conceptual de la fe católica, el apoyo argumental de los dogmas de la Iglesia.

Después del Siglo XIII hasta el Renacimiento, justo la época en que vivió Galileo, la escolástica no tuvo nuevos hitos pensadores, pues se encontraba en la decadencia, una posición defendida por los llamados peripatéticos que se limitaron a repetir las formulaciones de los grandes maestros. Contra esta versión del aristotelismo fue que tuvo que enfrentarse Galileo, que aunque fueran decadentes en comparación a los primeros maestros escolásticos ostentaban un poder incontrovertible.

Sin embargo, quizá los demás descubrimientos de Galileo en cuanto a las leyes pendulares y caída de los cuerpos hubieran sido pasadas por alto por los teólogos y jerarcas de la Iglesia, que de alguna manera se entusiasmaban con la renovación que de Aristóteles hacía Galileo, porque se debe tener en cuenta que como típico hombre del Renacimiento el pisano conocía vastamente a los clásicos, filósofos y literatos de la Antigüedad, y profundamente conocía a Aristóteles, al que encontraba inconsistente y erróneo en problemas físicos y en la cosmología. Sin embargo, cuando Galileo orientó el telescopio al espacio sideral haciendo tambalear la cosmología ptolemaica aceptada y defendida por la Iglesia con argumentos bíblicos, comenzó para el atrevido hombre de ciencia su verdadero calvario.

En efecto, las primeras observaciones de la Luna, el planeta Júpiter y cuatro de sus satélites, los planetas Venus y Mercurio con apariencia de cuarto creciente o menguante y la profundidad del espacio con las innumerables estrellas de la Vía Láctea fueron consignadas y publicadas por Galileo en su "Sidereus Nuntius" o "El mensajero de las estrellas", publicado en marzo de 1610 con un éxito tan rotundo que fue leído inclusive en la China. Ya Galileo se había pronunciado copernicano antes de dichas observaciones, con las cuales no hizo más que consolidar su convicción.

Pronto empezaron a presentarse las polémicas respecto a las discrepancias e incoherencias entre las tesis galileanas de una tierra en movimiento y alrededor del sol con las Sagradas Escrituras. Quien lo creyera que todo comenzaría en una charla de sobremesa, como afirma Carlos Solís, entre Cristina de Lorena, Granduquesa de Toscana y el benedictino padre Castelli, amigo de Galileo. Según referencia de Solís citada más arriba, el sacerdote defendió a Galileo frente a las acusaciones de aquella respecto a que el movimiento terrestre estaba contra la Sagrada Biblia. El asunto era grave, así lo comprendió el religioso, por cuanto los descubrimientos efectuados por Galileo significaban la refutación definitiva de la cosmología aristotélico-ptolemaica aceptada por la Iglesia. Al respecto afirma Stephen Hawking:

El golpe mortal a la teoría aristotélico-ptolemaica llegó en 1609. En ese año, Galileo comenzó a observar el cielo nocturno con un telescopio, que acababa de inventar. Cuando miró al planeta Júpiter, Galileo encontró que estaba acompañado por varios pequeños satélites o lunas que giraban a su alrededor. Esto implicaba que no todo tenía que girar directamente alrededor de la Tierra, como Aristóteles y Ptolomeo habían supuesto.⁴⁹

Enterado de dicha conversación, en la que la duquesa tal vez quedó convencida por el clérigo, Galileo no se conformó con esa pequeña victoria, y escribió su famosa Carta a Castelli en 1613 y en 1615 otra carta, no menos famosa que la anterior, a la duquesa Cristina en la que, según Solís, "se metía de lleno en el terreno pantanoso de las discusiones teológicas".⁵⁰ y según anota este autor, en dicha carta caben destacarse tres afirmaciones notables: una proclama a favor de la separación de poderes entre la Iglesia y la Ciencia, sugiriendo claramente a los clérigos y "señores" mandatarios no inmiscuirse en asuntos que no comprendían; una discusión sobre el milagro de Josué que aparece en un pasaje del libro bíblico del mismo nombre (Josué 10, 12-13), lo cual significaba "entrometerse" en el campo prohibido de la interpretación bíblica exclusiva de los teólogos; y una "sutil y encantadora falacia", según la

⁴⁹ HAWKING, Stephen W. Breve historia del tiempo. Barcelona: Crítica-Grijalbo, 1989, p. 20.

⁵⁰ SOLIS, Op. cit. p.14.

cual aquellos que no admiten el copernicanismo deben cargar con el peso de la prueba. En esta última sugerencia, Galileo abre la discusión sobre la inutilidad de condenar una tesis científica con argumentos teológicos sin antes someter dicha tesis a la comprobación experimental, como al respecto afirma Solís:

Lo que explícitamente enuncia Galileo es la tesis "teológica" de que no se puede condenar como herética una proposición si primeramente no se demuestra que sea imposible y falsa; pero sugiere la tesis "metodológica" de que el peso de la prueba debe recaer sobre los que la niegan, pues es más fácil descubrir la falsedad que demostrar la verdad.

⁵¹

Claro que, como sostiene Solís, Galileo tenía pleno derecho de pensar libremente sobre lo divino y lo humano, pero aunque tenía habilidad para argumentar sus afirmaciones también padecía de falta de tacto, ya que como lo afirman sus biógrafos, Galileo gustaba de defender las opiniones de Copérnico en reuniones sociales y, según parece, con el entusiasmo del entusiasmo se elevaba el ánimo polémico del científico mucho más que en sus escritos, lo cual enardecía a sus adversarios.

El recurso utilizado con frecuencia por Galileo consistía, de manera semejante a la mayéutica irónica de Sócrates, en retomar los argumentos de sus interlocutores contrarios, los reelaboraba y exponía nuevamente, ampliándolos y reforzándolos con razones propias, dejando a sus opositores en el más incómodo de los ridículos con el aplauso de los espectadores y del mismo Galileo, quien según se concluye de todas las biografías a él dedicadas, adolecía del arte de cómo ganar amigos.

Lo que se veía ocurrir sucedió, cuando el padre dominico Lorini respaldado por su comunidad, denunció a Galileo ante el Santo Oficio a comienzos del año 1615, demanda que si bien no prosperó, al menos produjo el efecto de declarar herética la doctrina de Copérnico y su obra "De Revolutionibus Orbium Coelestium" (Sobre la revolución de los cuerpos celestes) fue prohibida, y Galileo fue amonestado desde Roma a no sostener, enseñar o defender, en público o en privado la doctrina condenada. Aunque en ese momento no se le siguió proceso a Galileo, el expediente quedó abierto, en espera de nuevos actos de persistencia del científico para asestarle el golpe final, cosa que llegaría diecisiete años después.

Timothy Ferris desglosa el itinerario conflictivo de Galileo en esos años, el cual fue un proceso de decadencia respecto a la ganancia de la animadversión del hombre de ciencia por parte de las altas esferas eclesiásticas, inclusive entre

⁵¹ Ibid.

sus amigos porque, según afirma Ferris, en un principio "el Vaticano elogió la investigación de Galileo con el telescopio y lo honró con un día de ceremonias en el Colegio Romano,⁵² hasta el punto que cuando un monje dominico de nombre Thommaso Caccini predicó en Florencia un sermón contra Galileo, inmediatamente fue reconvenido por el superior general de la orden, el padre Luigui Maraffi, "quien excusó a Galileo por el hecho de que a veces se veía obligado <a responder a todas las idioteces que podían cometer o cometían realmente treinta o cuarenta mil hermanos>".⁵³

Pero el apetito ambicioso de Galileo quería más y no se resignaba con defensas particulares, él buscaba más el poder que el elogio, y así fue cómo porfiadamente comenzó a insistir en que la cosmología copernicana debía ser aceptada porque científicamente estaba demostrada con suficiencia y, sobre todo, porque lo afirmaba él, proponiendo inclusive que debía adaptarse a dicha cosmología las Sagradas Escrituras. El ánimo exaltado de Galileo hizo que se dedicara de lleno a la defensa de sus puntos de vista respecto a la doctrina copernicana como causa personal, en lugar de ocuparse de darle a la física esa solidez copernicana que le hacía falta. Al respecto afirma Ferris:

Justamente cuando Galileo más podía haber contribuido a llevar la física -a una madurez copernicana, puso sus esfuerzos, en cambio, en una quijotesca campaña para convertir a la Iglesia católica romana a la cosmología copernicana. La política no era su fuerte, y pronto exigió, como cualquier adepto fanfarrón de una idea, que se aceptase el copernicanismo por la sencilla razón de que él decía que era correcto (...) Arrastrado por el celo hacia su causa, empezó -a insistir en que la cosmología copernicana estaba suficientemente bien demostrada desde el punto de vista científico como para requerir que las Escrituras se adaptasen a ella.⁵⁴

Estos productos del arrebatado temperamental de Galileo, que lo desviaron de su real papel de científico y lo llevaron a realizar alegatos contra la Iglesia, le ocasionaron serios reveses e indisposiciones con la autoridad eclesiástica, que paulatinamente fueron agravando más el problema ya generado. No hizo caso a las advertencias que le formulara su amigo, el cardenal Roberto Bellarmino, quien ocupaba el cargo de director de Cuestiones Controvertidas en el Colegio Romano (cuerpo de cardenales) y que en ese momento era reconocido como el más grande teólogo. Bellarmino cursó a Galileo una carta fechada el 4 de abril de 1615 en que le daba a conocer sus reservas respecto al copernicanismo,

⁵² FERRIS, Op. cit., p 79.

⁵³ Ibid.

⁵⁴ Ibid., p. 78-79.

admitiendo que si había una prueba contundente de que el Sol es el centro del universo, de que la Tierra está en la tercera órbita y de que el Sol no gira alrededor de la Tierra sino ésta alrededor del Sol, "entonces tendríamos que proceder con gran circunspección para explicar los pasajes de la Escritura que parecen enseñar lo contrario ... Pero -agregaba- no creo que haya ninguna prueba semejante pues no se me ha mostrado".⁵⁵

Ante la ausencia de tal demostración, porque Galileo no tenía pruebas definitivas de la teoría copernicana sino que eran deducciones basadas en analogías como la de que los planetas giran alrededor del Sol a! igual que los satélites jovianos lo hacen alrededor de Júpiter, el cardenal Bellarmino advirtió a Galileo del problema en que se involucraba, ya que "enseñar el copernicanismo como un simple hecho sería una actitud muy peligrosa y calculada, no sólo para provocar la reacción de todos los filósofos y teólogos escolásticos, sino también para ofender nuestra sagrada fe contradiciendo las Escrituras"⁵⁶

Galileo contestó que podía probar el acierto de Copérnico, sin embargo, como se anotó arriba no contaba todavía con pruebas definitivas, solamente proponía analogías que permitían conjeturar la estructura del sistema solar, además las fases de Venus podían ser igualmente explicadas por el modelo geocéntrico y por el modelo heliocéntrico de Copérnico. Estando en Roma Galileo no desperdió ocasión para ridiculizar a los anticopernicanos, prometiendo que entregaría, al fin, su prueba irrefutable de la veracidad copernicana, pero ello no pasó de ser una explicación errónea de las mareas o movimiento cíclico del mar, desconociendo arbitrariamente la teoría más correcta de Kepler, fundada en las formas elípticas de las órbitas planetarias. Sus amigos, tanto eclesiásticos como seculares, le previnieron que no llevara las cosas más lejos, pero Galileo continuó porfiado obedeciendo a su acostumbrada tozudez.

Con su obstinación no logró otra cosa que el Papa Paulo V (1605-1621) remitiera el caso a la Santa Inquisición, la que en 1616 condenó el copernicanismo por ser contrario a las Escrituras y el libro de Copérnico "Sobre la revolución de los cuerpos celestes" que hasta entonces había circulado libremente, fue censurado al ser enlistado en el índice de Libros Prohibidos. De ahí que no pocos filósofos y científicos expresaron su indignación ante este último resultado, como lo hiciera Kepler, que era un hombre paciente, al manifestar: "Algunos, por su conducta imprudente, han llevado las cosas a tal punto que la lectura de la obra de Copérnico, que fue absolutamente libre durante ochenta años, ahora está prohibida".⁵⁷ Obviamente, también Galileo

⁵⁵ Ibid., p. 79.

⁵⁶ Ibid.

⁵⁷ KEPLER, citado por FERRIS, Op. cit., p. 80.

llevó su parte, la peor, el Santo Oficio le prohibió defender el copernicanismo en público o en privado. No obstante, Galileo persistió en su lucha personal.

En 1618 tuvo lugar un acontecimiento astronómico importante: tres cometas aparecieron en el firmamento que no pudieron ser observados por Galileo, pues se lo impidieron sus dolencias físicas. En cambio, sus rivales, los jesuitas, se encargaron de hacer tales observaciones, lo cual enfureció a Galileo, por cuanto siendo quien mayormente había aportado a la astronomía de observación con sus inventos, consideraba que ese era un campo propio por derecho de descubrimiento. Su encolerizamiento llegó al clímax cuando supo que los jesuitas se armaban con dichas observaciones no para defender el copernicanismo, sino a favor del sistema de Tycho Brahe. Este suceso es registrado así por Solís:

Y lo que era más grave, los jesuitas utilizaban las observaciones astronómicas -las armas que el propio Galileo había forjado- no en la defensa del copernicanismo, sino en defensa del híbrido sistema de Tycho Brahe. Tal sistema poseía dos méritos. En primer lugar no estaba en contradicción con la Biblia --ni con la sentencia de 1616- a la vez que disfrutaba de las ventajas astronómicas del heliocentrismo. En segundo lugar, evitaba las contradicciones mecánicas entre la tesis del movimiento diurno y la evidencia de sentido común de una Tierra firme. Por eso, los jesuitas, demasiado ilustrados para aceptar el sistema ptolemaico, abrazaron el de Tycho como bastión anticopernicano.

Los jesuitas, al no poder aceptar ya la teoría aristotelizante, según la cual, los cometas no eran sino fenómenos atmosféricos (meteoros) elevados hasta la esfera celeste y puestos en estado de incandescencia, aceptan la tesis expuesta por Tycho en 1577 sobre el carácter translunar de los cometas (lo que, de pasada, arruinó la solidez de las esferas cristalinas de Aristóteles). La aparición en 1518 fue ampliamente utilizada en pro de Tycho y en contra de Copérnico.⁵⁸

Entonces Galileo, amante de las polémicas, acude a un acto de astucia y también de mala fe, escribe el "Discurso sobre los cometas" y por seguridad lo hace firmar por su discípulo Mario Guiducci, en que reduce la cuestión cosmológica a términos de Copérnico vs. Ptolomeo, pero lo incomprensible es que en dicho trabajo Galileo niega la realidad de los cometas, a pesar de que en 1612 en unas "Cartas sobre las manchas solares" dirigidas a Marco Valseri había expresado una opinión similar a la de Tycho Brahe respecto a los cometas, y para ahondar más las cosas acusa a los jesuitas Grassi y Scheiner de apropiarse de sus descubrimientos.

⁵⁸ SOLIS, Op. Cit. p 21-22.

El padre Grassi le contestó en tono semejante en la "Libra (balanza) astronómica y filosófica" (1619), que lo escribió con el pseudónimo de Lotario Sarsi, que en realidad era un anagrama de su verdadero nombre, Horatio Grassi, descubriéndolo como autor de tal "Discurso" y su táctica a favor de Copérnico, llegando a chantajearlo religiosamente, veladamente claro está.

Entonces Galileo no se aguantó más y se lanzó abiertamente al combate escribiendo "Il Saggiatore" ("El ensayador") en 1623. Lo hizo a pesar de las restricciones que pesaban sobre su actividad como escritor científico, aprovechando que justo en ese año, 1623, su amigo y admirador, el cardenal Maffeo Barberini fue elegido papa, tomando el nombre de Urbano VIII (1623-1644). Este personaje compartía con Galileo sus ideas y los dos se asemejaban en altisonancia, ya que si era inteligente, vital y culto también era vanidoso, según Ferris; los dos se consideraban lo máximo en sus respectivos campos, el teológico y el astronómico, como al respecto afirma Ferris apoyándose en algunas afirmaciones de Koestler, biógrafo de Galileo:

Inteligente, vital, culto y vano, Barberini tenía mucho en común con Galileo. Como señala el biógrafo de Galileo, Arthur Koestler, la "famosa declaración [del papa] de que <él sabía más que todos los cardenales juntos> sólo era igualada por la de Galileo de que él sólo había descubierto todo lo nuevo en el cielo. Ambos se consideraban superhombres y partieron, como base, de la adulación mutua, un tipo de relación que por lo general tiene mal fin".⁵⁹

En "El ensayador", Galileo hace gala de su ingenio satírico, allí un personaje sopesa y compara metales preciosos con una balanza más precisa y justa que la "libra astronómica" de Sarsi (o Grassi) haciendo aparecer a Grassi, que en realidad no era ningún ingenuo y mucho menos un idiota, como un cretino e imbécil babeante. La indignación del ofendido ocasionó que en 1624 fuera llamado nuevamente a comparecer ante el Papa, pero su amistad con el pontífice permitió que durante un tiempo gozara de su comprensión, e inclusive fue recompensado por Urbano VIII con regalos y una declaración halagadora de "amor paterno" para "este gran hombre cuya fama brilla en el cielo. Entonces el Papa, queriendo seguramente distencionar las cuestiones de la polémica entre los sistemas copernicano y ptolemaico, sugirió a Galileo que escribiera los argumentos de las dos cosmologías, esperando, claro está, que Galileo se mostrara indulgente con ptolemeo y no respaldara tanto a Copérnico. Fue así cómo el científico dedicó los ocho años restantes a la escritura de su famosa obra: "Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo, el ptolemaico y el copernicano", trabajo que gozó de la aprobación inicial de los censores de la Iglesia, siendo el principal de ellos un ex-discípulo de Galileo, el padre Niccoló Riccardi. La obra fue publicada en 1632.

⁵⁹ FERRIS, Op. cit., p. 80.

En este libro Galileo actuó con astucia; por un lado, pero por otro fue atrevido, ya que si bien adoptó el recurso del diálogo a la manera de los autores clásicos, con lo cual podía argumentar a través de unos personajes a favor del copernicanismo, sin violar el edicto papal, Salviatus o Salviati y Sagredo, el primero de los cuales representa o habla por el autor y el segundo es un seglar inteligente gran amigo del anterior; pero asimismo Galileo cometió la imprudencia de colocar un tercer personaje de nombre Simplicius o Simplicio que representa a los escolásticos y peripatéticos y es presentado como un individuo bastante tonto, característica insinuada por el mismo nombre, pues Simplicio denota el Simple o el Simplón, seguidor del sistema ptolemaico. Los dos primeros personajes son, en contraste, dos caballeros sumamente cultos que simpatizan con el copernicanismo.

Entre estos personajes se establece un contrapunto argumental, en que Salviati y Sagredo apabullan a Simplicio defendiendo el heliocentrismo, mientras el Simplón no sale con nada nuevo siempre apoyándose en Ptolomeo y Aristóteles, quedando en franca ridiculez sin otra salida que aceptar los argumentos de los otros que en definitiva lo convencen de su error. La reacción de los enemigos de Galileo no se hizo esperar, le hicieron caer en cuenta al Papa que Galileo intencional mente había puesto en boca de ese personaje bobalicón la cosmología oficial de la Iglesia católica. Urbano VIII se encolerizó e inmediatamente ordenó una investigación, y en agosto de ese mismo año, 1632, prohibió la venta del "Diálogo" y ordenó la confiscación de los ejemplares existentes. Obviamente, la amistad entre el Papa y Galileo se rompió definitivamente.

Ingenuamente Galileo recurrió al auxilio de su protector, el gran duque de Toscana, cuya capital era Florencia, donde vivía Galileo y donde publicó su libro, para que cursara al pontífice una carta enérgica protestando por la prohibición de su obra. Pero entonces, Galileo no sabía cómo se movían los hilos de la política, en eso era totalmente ignorante, y con esa apelación al duque toscano no hizo más que hundirse más, por cuanto ese apoyo llegaba en momentos inoportunos e inconvenientes para el Papa. Urbano VIII había sido elegido con el apoyo de cardenales afectos a Francia y era atacado por sectores proespañoles del Vaticano, el ambiente estaba tan acalorado que el Papa temía ser asesinado por sus adversarios, y el duque protector de Galileo apoyaba a España. Entonces el pontífice no tenía sino la oportunidad de eliminar a un aliado de los españoles, al duque de Toscana y de paso romper definitivamente su amistad con Galileo, que aunque era un sujeto admirable se le había convertido en alguien muy molesto.

Fue entonces que se desencadenó la persecución contra el anciano científico que frisaba en los 69 años, se le ordenó presentarse ante la Inquisición en Roma voluntariamente, de no hacerla sería llevado encadenado al Tribunal Supremo de la Iglesia, es decir, a las buenas o a las malas. Todavía la

ingenuidad de Galileo le hizo esperar a que su amigo el Papa interviniera a su favor, cosa que no podía esperarse, pues Urbano VIII debía defender su autoridad ante los demás y exigir obediencia como cabeza de la Iglesia que era y a la cual pertenecía Galileo como simple feligrés.

Con setenta años encima, el matemático y astrónomo compareció al Santo Oficio, donde fue interrogado largamente bajo amenazas de tortura; se sacaron a relucir unas falsas actas de 1616 de su reunión con el cardenal Bellarmino donde se declaraba que se le había ordenado que no afirmara, enseñara o defendiera el copernicanismo en público o en privado, ni siquiera como hipótesis, porque era una doctrina herética en oposición a las enseñanzas de la Sagrada Escritura.

Seguramente Galileo se mostraría reacio, con lo cual se avecinaba la sentencia capital, pero la influencia de algunos conocidos en la jerarquía de la Inquisición hizo que logran persuadir al Papa que conmutara la pena de muerte por la de prisión perpetua, pero después de que el científico hiciera confesión solemne y pública de que la teoría heliocéntrica era una doctrina falsa y herética, comprometiéndose a renegar de ella y no reincidir en la conducta de hereje. Es muy conocida esta abjuración de Galileo durante la sesión de sentencia llevada a cabo el 22 de junio de 1633, de la cual se toman a continuación dos apartes más significativos que lo sintetizan todo, transcritos de la obra de Gamow:

Yo, Galileo Galilei, hijo del difunto florentino Vincenzo Galilei, de setenta años de edad, comparecido personalmente en juicio ante este tribunal, y puesto de rodillas ante vosotros, los Eminentísimos y Reverendísimos señores Cardenales Inquisidores generales de la República cristiana universal, respecto de materias de herejía, con la vista fija en los Santos Evangelios, que tengo en mis manos, declaro, que yo siempre he creído y creo ahora y que con la ayuda de Dios continuaré creyendo en lo sucesivo, todo cuanto la Santa Iglesia Católica Apostólica Romana cree, profesa y enseña. Mas, porque este Santo Oficio ha mandado judicialmente, que -abandone la falsa opinión que he sostenido, de que el Sol está en el centro del Universo e inmóvil; que no profese, defienda, ni de cualquier manera que sea, enseñe, ni de palabra ni por escrito, dicha doctrina, prohibida por ser contraria a las Sagradas Escrituras; por cuanto yo escribí y publiqué una obra, en la cual trato de la misma doctrina condenada, y aduzco con gran eficacia argumentos a favor de ella, sin resolverla; y atendido a que me he hecho vehementemente sospechoso de herejía por este motivo, o sea, porque he sostenido y creído que el Sol está en el centro del mundo e inmóvil y que la Tierra no está en el centro del Universo, y que se mueve.

En consecuencia, deseando remover de la mente de Vuestras Eminencias y de todos los cristianos católicos esa vehemente sospecha legítimamente concebida contra mí, con sinceridad y fe no fingida, abjuro, maldigo y detesto los arriba mencionados errores y herejías, y en

general cualesquiera otros errores y sectas contrarios a la referida Santa Iglesia, y juro para lo sucesivo nunca más decir ni afirmar de palabra ni por escrito cosa alguna que pueda despertar semejante sospecha "Contra mí, antes por el contrario, juro denunciar cualquier hereje o persona sospechosa de herejía, de quien tenga yo noticia, a este Santo Oficio, o a los Inquisidores, o al juez eclesiástico del punto en que me halle.⁶⁰

Enseguida fue condenado a prisión perpetua, que se cumplió con la más estricta rigurosidad. Se le obligó a vivir confinado en su hogar, en una casa ubicada en la villa de Arcetri en las afueras de Florencia, cumpliendo la sentencia bajo la forma de detención domiciliaria, o como en el presente se dice en Colombia, "se le dio la casa por cárcel". Allí permaneció los ocho años restantes de su vida, donde era vigilado continuamente las veinticuatro horas, no se le permitía dejar la ciudad, sus cartas a familiares y amigos eran censuradas y los visitantes debían ampararse con un permiso especial de Roma para poder entrevistarse con el científico. Además, como era de esperarse, sus libros, todos, fueron completamente prohibidos y la venta o distribución de los mismos se castigaban con la pena de muerte.

En este punto es oportuno recordar por lo menos uno de los textos bíblicos en que los teólogos e inquisidores se fundamentaban para declarar que la teoría de Copérnico era contraria a las Sagradas Escrituras y, por lo tanto, una herejía. Ellos partían de la premisa dogmática de que la Biblia es la Palabra de Dios y, por consiguiente, todo lo que está allí escrito es verdad. De ahí que la refutación científica de Galileo adquiría matices de irreverencia teológica, pues desconocía la verdad revelada por Dios consignada en las Escrituras, razón por la cual era sospechoso de herejía por apartarse de las enseñanzas Bíblicas y de la Iglesia Católica.

El texto de mayor solidez de la Sagrada Escritura con el que chocaba la concepción copernicana defendida por Galileo, es el libro de Josué, en uno de cuyos pasajes se refiere cómo durante una batalla que sostenían los israelitas contra los amorreos, Josué clamó a Dios y ordenó al Sol que se detuviera y éste se detuvo, lo cual implicaba que el Sol se movía alrededor de la Tierra. En efecto, se afirma en el libro de Josué:

Aquel día, el día en que Yavé entregó a los amorreos en las manos de los hijos de Israel, habló Josué a Yavé, ya la vista de Israel dijo: "Sol, detente sobre Gabaón; y tú, luna, sobre el valle de Ayalón. **Y el sol se detuvo**, y se paró la luna hasta que la gente se hubo vengado de sus enemigos". ¿No está esto escrito en el libro de Jaser? **El sol se detuvo**

⁶⁰ GAMOW, Op. cit., p. 50-51.

en medio del cielo, y no se apresuró a ponerse, casi un día entero".⁶¹

Pero Galileo discernía entre el comportamiento de la Naturaleza u Obra de Dios y la Sagrada Escritura declarada Palabra de Dios pero que en realidad es obra de escritores sagrados, arguyendo que éstos y sus intérpretes (o exégetas y teólogos), siempre han acomodado la Escritura con la intención de manipular a la gente, a las masas, produciendo en no pocas veces incoherencias entre la Obra de Dios y su Palabra. De ahí que Galileo proponía que debería someterse a estudio concienzudo la Palabra de Dios, la Biblia, que estaría en segundo plano respecto a la Creación, que siempre ha estado ahí comportándose de acuerdo con las leyes físicas inherentes a su naturaleza material. Precisamente, en carta fechada el 15 de enero de 1633, esto es, pocos meses antes de que se dictara la sentencia final contra Galileo, y dirigida a su amigo Ella Diodati, el científico pone en duda la infalibilidad de las Escrituras e inclusive advierte y presagia los dolores de cabeza que le significarían a la Iglesia si posteriormente la ciencia llega a comprobar que la Tierra se mueve alrededor del Sol. En efecto Galileo afirma en la carta citada por Gamow:

Cuando yo pregunto de quién es la obra del Sol, la Luna, la Tierra, las Estrellas, sus movimientos y disposiciones probablemente se me contestarán que son la obra de Dios. Si continúo preguntando de quién es obra la Sagrada Escritura se me responderá seguramente que es la obra del Espíritu Santo, es decir, obra de Dios también. Si entonces pregunto si el Espíritu Santo usa palabras que son manifiestamente contradictorias con la verdad para satisfacer a la inteligencia de las masas, generalmente ineducadas, estoy convencido que se me contestará... que esto es en efecto lo habitual en la Sagrada Escritura, que contiene cientos de pasajes que tomados al pie de la letra no serían más que herejía y blasfemia (...) Nadie sostendrá que la Naturaleza ha cambiado siempre para hacer aceptables sus obras a los hombres. Si es así, entonces yo pregunto, por qué es así, a fin de conseguir una comprensión de las diferentes partes del mundo entonces debemos comenzar investigando las Palabras de Dios más bien que sus Obras. ¿Es, entonces, la Obra menos respetable que la Palabra? Si alguien sostiene que es herejía decir que la Tierra se mueve y si posteriores verificaciones y experimentos mostrasen que así es en realidad ¡qué dificultades no encontraría la Iglesia! Si, por el contrario, todas las veces que no se puedan acordar las Obras y la Palabra, consideramos la Sagrada Escritura como secundaria, no se le produce ningún daño, porque frecuentemente ha sido modificada para acomodarse a las masas y frecuentemente ha atribuido falsas cualidades a Dios. Por tanto, yo debo preguntar ¿por qué, insistimos, siempre que hablamos del Sol o

⁶¹ NACAR FUSTER, Boino y COLUNGA CUETO, Alberto. Sagrada Biblia. Josué 10, 12-13. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos, 1975, p. 262.

de la Tierra, en que la Santa Escritura debe ser considerada como absolutamente infalible? ⁶²

Pero en ese momento, ya la catástrofe de Galileo se había realizado. El científico fue sometido por el poder eclesiástico. Al principio, las duras medidas aplicadas contra Galileo lo abatieron mucho, cayó en una peligrosa depresión, agravada por adversidades emocionales y físicas. Enfermó gravemente, por lo que se permitió que lo viera un médico. Ya repuesto de sus dolencias físicas también se fue recuperando anímicamente, se dedicó a pintar nuevamente y a tocar el laúd como lo había hecho en su niñez. Finalmente, recuperó su interés por la ciencia, podía observar de nuevo la Luna, los planetas y las estrellas porque una de las concesiones de las autoridades eclesiásticas fue la de facilitarle un telescopio, y volvió a escribir poniéndose a la tarea de elaborar sus "Discursos sobre dos nuevas ciencias", catalogada una de sus mejores obras, pues se había liberado de sus peleas con la Iglesia, demostrando que intelectualmente no estaba acabado. Subrepticamente pudo sacar el manuscrito y hacerla publicar en Holanda donde no llegaba la persecución de la Santa Sede, en Italia estaba impedido para publicar nuevos trabajos. El libro fue terminado en 1637 y salió a la luz en 1638.

En 1637, poco después de haber terminado de escribir su última obra, Galileo contrajo una infección en los ojos y poco a poco fue perdiendo la vista hasta quedar completamente ciego, así estuvo los cinco años restantes y la noche del 8 de enero de 1642 mientras dormía le llegó la muerte, iba a cumplir 78 años de edad.

En este punto es oportuno señalar que la Iglesia Católica, aunque tardíamente, reconoció el error de haber condenado a Galileo por defender la teoría heliocéntrica. En 1893, exactamente 260 años después de haber sido juzgado Galileo, el Papa León XIII intentó enmendar el daño producido al ilustre italiano según afirma Solís: "... la honorable enmienda de León XIII, en 1893, llegó como noble, tardía y ya poco eficaz restitución. Su encíclica Providentissimus Deus retorna las propias exégesis galileanas contra los argumentos de sus jueces", ⁶³ En 1979 el Papa Juan Pablo II propuso que se revocara la condena de Galileo, y en 1980 levantó definitivamente la sentencia dictada por la Inquisición 347 años atrás. El Papa reconoció la equivocación cometida y pidió perdón por ello.

1.3.3 Repercusión Científica. En este aparte más que considerar la trascendencia de las innovaciones de Galileo en el plano científico, se quiere resaltar la repercusión de sus investigaciones y descubrimientos en los círculos científicos, académicos y universitarios.

⁶² GALILEO, citado por GAMOW, Op. cit., p. 50.

⁶³ SOLIS Op. cit., p. 16.

Tal como se ha podido ver a lo largo de los aportes, descubrimientos e innovaciones de Galileo a distintas ramas de la ciencia, con la introducción de una metodología experimental el científico se encontró con fuertes oposiciones en los ámbitos académicos y universitarios, por cuanto en ese momento persistía la fundamentación filosófica del conocimiento científico, particularmente la filosofía aristotélica que en la versión de los escolásticos y peripatéticos se había configurado como la columna vertebral de toda actividad intelectual, investigativa y de ciencia; con la adopción del aristotelismo por la doctrina cristiana, se había elevado la filosofía del estagirita al grado de fundamentación casi dogmática de toda actividad intelectual, era considerada "la última palabra del conocimiento".

Los descubrimientos e investigaciones de Galileo produjeron revalorizaciones profundas en más de un aspecto al pensamiento "científico" de Aristóteles. Basta mencionar, por ejemplo, que con las leyes de la caída libre de los cuerpos el italiano refutó la creencia de que los cuerpos de diferente masa y peso caían a tiempos también diferentes. Pero los golpes más contundentes a la visión aristotélica se dieron en el campo de la astronomía. Mientras Aristóteles concebía un universo cerrado conformando una esfera dentro de la cual existían esferas concéntricas, unas encajadas en otras, en el centro de las cuales o de dicho universo se ubicaba la Tierra como eje principal inmóvil rodeada del Sol, los planetas y las estrellas; es decir, concebía un universo geocéntrico. La Luna era para el griego una esfera perfecta con una superficie lisa y además, creía que al igual que otros cuerpos celestes era inmutable; en cambio, debajo de la Luna, o sea, el mundo terrestre, sí era cambiante. También consideraba que los cometas eran fenómenos de la atmósfera terrestre, quizá meteoros, elevados hasta la esfera celeste donde adquirían un estado de incandescencia. El espacio sideral era limitado, dentro del cual las estrellas simplemente giraban sin tener ningún tipo de cambio.

Los descubrimientos de Galileo (y claro los trabajos de otros científicos contemporáneos suyos como Kepler, por mencionar uno) fueron rebatiendo cada uno de tales postulados considerados hasta entonces inmovibles e incontrovertibles desde hacía dos mil años atrás. En efecto, la Luna no era ninguna esfera perfecta, ni tampoco de superficie lisa, sino irregular con protuberancias, cráteres, elevaciones y abismos como la Tierra; la Tierra no era el centro del universo sino que se movía alrededor del Sol como los demás planetas; los cometas no eran fenómenos meteorológicos o atmosféricos sino cuerpos del espacio sideral; y las estrellas eran cuerpos cambiantes.

En fin, la cosmología aristotélica complementada por el modelo del universo de Ptolomeo, se adaptaba a la concepción y argumentos de los teólogos católicos, razón por la cual fue aceptada como la explicación verdadera y oficial del universo; pero los cuerpos celestes se comportaban de manera independiente a aquellas elucubraciones imaginarias y cada vez que los científicos del

Renacimiento profundizaban en sus observaciones espaciales, más tambaleaba y se desmoronaba el viejo patrón epistemológico, como al efecto afirma Ferris refiriéndose a estas inconsistencias aristotélicas:

Formaba parte de la física de Aristóteles la hipótesis de que las estrellas jamás cambian. Aristóteles creía que la Tierra estaba compuesta de cuatro elementos -tierra, agua, fuego y aire-, cada uno de los cuales se mueve naturalmente en una dirección vertical: la tierra y el agua tienden a caer, mientras que el fuego y el aire tienden a ascender. Pero las estrellas y los planetas no se mueven hacia arriba ni hacia abajo, sino que ruedan a través del cielo (...) En su tratado "Sobre los de los" escribe: "Hasta donde llegan nuestros registros heredados, no parece haberse producido ningún -cambio en todo el sistema del cielo más lejano ni en ninguna de sus partes propias" (...).

La división de Aristóteles del universo en dos ámbitos -un mundo mutable debajo de la luna y un mundo eterno e inmutable por encima- halló una cálida recepción entre los teólogos católicos, predispuestos por las Escrituras a considerar incorruptible el cielo y decadente y condenada la Tierra. Pero las estrellas, que no sabían nada de Aristóteles ni de la Iglesia, persistieron en el cambio, y cuanto más cambiaban, tanto peor parecía la cosmología de Aristóteles y Tolomeo.⁶⁴

Claro, quienes se dieron cuenta de tales cambios fueron los inquietos hombres de ciencia del Renacimiento, entre quienes sobresale el científico pisano, encontrando las ya mencionadas fallas de la cosmología aristotélico-ptolemaica, la cual era defendida no sólo por los teólogos católicos sino también por académicos y profesores de su tiempo, quienes no cejaron en oponer resistencia a los descubrimientos de Galileo que confirmaban la veracidad de la hipótesis copernicana. De ahí que a diferencia de lo que se pudiera prever, en las primeras observaciones por el telescopio que invitara Galileo a personajes venecianos y luego florentinos, no fueron los clérigos quienes más se escandalizaron con la nueva visión de la Luna y los planetas Júpiter, Venus y Mercurio, sino profesores y catedráticos seculares, como al respecto afirma Ferris:

La reacción inicial contra la campaña de Galileo provino menos de los sacerdotes que de los pedantes. Los reaccionarios a quienes el mundo recuerda por su obstinada negativa a mirar a través del telescopio de Galileo -"palomas" y "alcornoques" los llamaba Galileo- no eran clérigos sino profesores, y se preocupaban menos por la impiedad que por las amenazas a su autoridad académica. Inicialmente, la Iglesia era más

⁶⁴ FERRIS, Op. cit., p. 56-57.

tolerante. El Vaticano elogió la investigación de Galileo con el telescopio y lo honró con un día de ceremonias en el Colegio Romano.⁶⁵

Esa incompreensión por parte de los peripatéticos y escolásticos, tanto eclesiásticos como académicos y catedráticos, era para Galileo un acto de necedad, por cuanto con la verdad científica sobre la conformación y movimiento de los astros, o de la Obra de Dios como llamaba a la Naturaleza en su carta a Diodati, referenciada oportunamente, que Galileo empezaba a descubrir no estaba trastornando el comportamiento de los cuerpos celestes que de siempre había sido así, lo que hacía era introducir una reconsideración y reconceptualización del mundo. De ahí que se queja de la arbitrariedad de sus oponentes al no querer admitir la verdad científica, en carta de 1615 dirigida a la gran duquesa de Toscana, Cristina de Lorena:

Como bien sabe vuestra Serena Majestad, hace algunos años descubrí en los cielos muchas -cosas que no se habían visto antes de nuestra época. La novedad de estas cosas, y algunas consecuencias que de ellas se derivaban en contradicción con las nociones físicas comúnmente sostenidas por los filósofos académicos, han excitado contra mí a un no pequeño número de profesores (muchos de ellos eclesiásticos), como si yo hubiese -colocado con mis propias manos esas cosas en el cielo a fin de trastornar la Naturaleza y de trastocar las ciencias. Parecen olvidar que el incremento de las verdades estimula la investigación, la fundación y el desarrollo de las artes.⁶⁶

Lo imprudente de Galileo radicaba en que a Gasta de todo quería imponer la veracidad de sus investigaciones, y sobre todo que los demás, especialmente los teólogos católicos aceptasen el sistema copernicano solamente porque él lo decía, es decir, caía en una especie de tautología no buscando pruebas o argumentos diferentes a los suyos propios, asemejándose en esto al mismo Aristóteles a quien objetaba, porque según se sabe, el estagirita era un sujeto relativamente aficionado a la observación que se entusiasmaba con la explicación lógica y no aceptaba la ambigüedad, y como maestro de retórica estructuraba brillantemente sus argumentos con un poder de convicción tal que subyugaba fácilmente a sus interlocutores; además, no era persona que fácilmente reconociera sus deficiencias o limitaciones, mucho menos iba a aceptar fallas, porque como afirma Ferris, no era fácil que su boca emitiera un "no sé", pues todo lo creía saber y lo que no sabía se lo inventaba recubriéndolo con un barniz de veracidad. En efecto, respecto al discípulo de Platón afirma Ferris:

⁶⁵ Ibid., p. 79.

⁶⁶ GALILEO, citado por SAGAN, Op. cit., p.142.

Aristóteles era, en verdad, relativamente aficionado a la observación... Pero también era un fanático de la explicación e intolerante con la ambigüedad, cualidades poco adecuadas en las ciencias..., y su pensamiento sobre muchos de estos temas (historia natural, anatomía, fisiología y el tiempo meteorológico) era sutil como el rocío, pero no era un hombre de cuyos labios surgiesen fácilmente las palabras "No sé". Su mente tenía un efecto mortífero; iluminaba y anestesiaba todo lo que abordaba.⁶⁷

De semejante manera, el antiautoritario Galileo pretendía imponer su autoridad en sus conclusiones científicas, apoyándose sólo en el hecho de que él lo decía. De ahí que como afirmara Ferris en texto ya citado oportunamente, Galileo se enfrascó en la quijotesca campaña de querer convertir la Iglesia Católica a la cosmología copernicana, exigiendo:

... como cualquier adepto fanfarrón de una idea, que se aceptase el copernicanismo por la sencilla razón de que él decía que era correcto. El viejo antiaristotélico pedía ahora que se le consideras como el nuevo Aristóteles, sosteniendo que ahora era aceptable ignorar los planetas para entronizar el decreto de un libro, siempre que fuese un libro suyo.⁶⁸

La gran diferencia entre la actitud científica de Galileo respecto a la de Aristóteles radicaba en que el estagirita adopta un método puramente racionalista fundado en un empirismo apriorístico, que le hacía lanzar enunciados fruto de la observación de sentido común y llegar a deducciones lógicas y silogísticas; mientras que Galileo fundamentaba su investigación en la observación experimental de casos particulares, teorizando con un criterio matemático y llegando a conclusiones aposteriorísticas o con base en la comprobación experimental. Por lo tanto, en su procedimiento para hacer ciencia, Aristóteles carecía del enfoque matemático, cultivado ampliamente por Galileo para abordar el conocimiento de la Naturaleza. De ahí que como afirma Gamow: "La deficiencia de la filosofía aristotélica en el estudio de los fenómenos físicos debe ser atribuida al hecho de que la gran inteligencia de Aristóteles no estaba orientada matemáticamente como la de otros muchos antiguos filósofos griegos".⁶⁹

Es que, precisamente, conociendo a Aristóteles con profundidad, Galileo que era un lector crítico, se vio en la obligación de cuestionar al Aristóteles entronizado por los peripatéticos renacentistas, queriendo inclusive dar a conocer la versión de un Aristóteles diferente, aquél que se rebeló contra el

⁶⁷ FERRIS, Op. cit., p. 24.

⁶⁸ Ibid., p. 78.

⁶⁹ GAMOW, Op. cit., p. 14.

dogma filosófico del idealismo platónico, el que con base en la experiencia de los sentidos apuntaba a ser un hombre de ciencia, como al respecto afirma el artículo de CIMPEC: "Galileo fue un humanista en los términos del Renacimiento. Conocía profundamente a Aristóteles. Pero frente al Aristóteles canonizado por los peripatéticos, convertido en el máximo criterio de la autoridad, Galileo levantaba el Aristóteles de la física, el experimentador, el antidogmático"⁷⁰

Pero claro, ante la visión matemática que del mundo y de la ciencia tenía Galileo, el procedimiento aristotélico no aguantó el examen, dando como resultado una desvalorización del antiguo pensador griego, ya que como se afirmó más arriba, en la matematización de la naturaleza, de los fenómenos físicos y del conocimiento radica la principal diferencia de Galileo respecto a Aristóteles y los filósofos de la Naturaleza. Esta nueva óptica científica es, sin duda, el más valioso aporte del pisano a la construcción del método científico. Al efecto, afirma Solís:

Galileo tuvo el mérito (que tal vez haya sido la llave maestra de su éxito) de no dejarse seducir por el carácter evidente de las observaciones de sentido común [como sí le ocurrió a Aristóteles] y de haber emprendido su reforma sistemática a la luz de la cosmología -copernicana. Pero si "Su "construcción de la experiencia" es mucho más sofisticada que la aristotélica y más alejada del sentido común, ello se debe a que elimina de ella las cualidades, reduciendo la naturaleza a términos puramente cuantitativos conmensurables con las matemáticas... la experiencia galileana es un producto complejo que reduce las cualidades sensibles a términos cuantitativos."⁷¹

Así, abordando el estudio y explicación de la Naturaleza en términos de cuantificación matemática Galileo fue un impulsor de una investigación científica del mundo y de los fenómenos físicos, con lo cual superaba la concepción sensible del universo limitada a términos cualitativos, derivación lógica de una explicación teológica del cosmos, ya que Dios no es cantidad sino una cualificación del ser, que en términos escolásticos es la causa cualitativa de la creación. En esta forma, con esa nueva proposición de investigar el mundo Galileo encauzó la ciencia a su desarrollo por derroteros netamente científicos. Al respecto afirma el artículo del CIMPEC:

Todos los estudiosos coinciden en afirmar que las ideas que Galileo formuló sobre el papel de la experimentación, de la educación y de la matemática en la investigación de la naturaleza, habrían de ser

⁷⁰ CIMPEC, Op. cit., p.34.

⁷¹ SOLIS, Op. cit., p. 23-27.

definitivas en el desarrollo posterior de la ciencia. A él, indudablemente, se deben las nociones básicas de la concepción mecanicista del mundo.

⁷²

Según se vio oportunamente, como un típico hombre del Renacimiento, un humanista, Galileo era un buen lector, no solo un erudito sino un lector activo y crítico, y si a estas cualidades se agrega su insaciable inquietud por escudriñar y explicar los fenómenos físicos, se convirtió en un excelente lector de la naturaleza, del universo y de la realidad, haciendo dicha lectura con criterios matemáticos, porque, como se ha afirmado reiteradamente, Galileo fue proponente y defensor de la matematización de la naturaleza, que sentó el método científico y propició la división definitiva entre la Iglesia y la Ciencia o entre la fe y la razón.

En efecto, como hombre de ciencia y matemático, Galileo llegó a la conclusión de que el Universo, compuesto de formas en movimiento, era perfectamente concebible en términos geométricos, un grandioso libro de Geometría de lenguaje matemático. De ahí que contestando al jesuita Horatio Grassi, quien había escrito su "Libra astronómica y filosófica", bajo el pseudónimo de Lotario Sarsi para responder al "Discurso sobre los cometas" de Galileo, éste escribió "El ensayador" (o El ensayista) en que apostrofa a Grassi (o Sarsi), reluciendo sus condiciones de filósofo el pisano da a conocer su punto de vista de la concepción geométrica del Universo:

En Sarsi discierno la creencia de que en el discurso filosófico se debe defender la opinión de un autor célebre, como si nuestras mentes tuvieran que mantenerse estériles y yermas si no están en consonancia con alguien más. Tal vez piense que la filosofía es un libro de ficción escrito por algún autor, como la *Ilíada*. Bien, Sarsi, las cosas no son así. La Filosofía está escrita en ese gran libro del universo, que está continuamente abierto ante nosotros para que lo observemos. Pero el libro no puede ser leído sin que antes aprendamos el lenguaje y alfabeto en que está compuesto. Está escrito en el lenguaje de -las matemáticas y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible entender una sola de sus palabras. Sin ese lenguaje, navegamos en un oscuro laberinto.⁷³

Se debe tener en cuenta que los contemporáneos de Galileo, en gran mayoría, tenían una formación bibliófila y generalmente aquellos filósofos de la naturaleza que pretendían hacer ciencia, se fundamentaban en las obras clásicas de la literatura, actitud que no podía compartir un hombre de claros criterios científicos como Galileo. Por eso él les reprochaba esa fundamentación

⁷² CIMPEC, Op. cit., p. 30.

⁷³ GALILEO, 11 Saggiatore (El ensayador), texto bajado en Internet.

libresca de la investigación de la naturaleza. En efecto, se lee en el artículo del CIMPEC:

Virgilio, Horacio, Séneca, Ovidio, Lucrecio, etc., estaban entre sus lecturas habituales. Recitaba de memoria trozos enteros de sus obras. Pero a diferencia de la gran mayoría de humanistas, para quienes la literatura antigua era una fuente de erudición científica e incluso de representación de la naturaleza, jamás consideré a los clásicos de la literatura griega y latina, como fuente de conocimientos positivos. El profundo conocimiento de sus obras lo llevó a considerarlos como lo que eran, como poetas, como literatos. La fuente de conocimiento estaba en el libro de la naturaleza al que se llegaba con el ánimo desprovisto de toda prevención, de todo criterio de autoridad y con las herramientas metodológicas adecuadas, la experiencia y las matemáticas. Galileo se levantaba indignado contra quienes pretendían poner punto final a una discusión científica con una cita sacada de los clásicos. Nunca aceptó el criterio de autoridad como criterio de verdad y, menos aún, la confusión de niveles que pretendía mezclar la ciencia con la poesía o el relato fantástico.⁷⁴

Precisamente Horatio Grassi en su controversia con Galileo, argüía asuntos relacionados con el movimiento y el calor con textos de los poetas latinos Ovidio, Lucrecio y Horacio, lo que era rebatido por Galileo por no estar de acuerdo que se argumenten problemas científicos con opiniones de literatos, ya que ello equivaldría a confundir dos disciplinas del saber humano completamente diferentes. De manera que en procurar el establecimiento de los linderos de la ciencia y las artes, la ciencia y la fe, Galileo fue un reformador, como al respecto afirma el ya citado artículo del CIMPEC:

[Galileo] era, además, un crítico y un reformador. Partía de una idea cardinal: no se puede confundir la creación literaria con la creación científica. Aquí se apartaba de sus contemporáneos que pretendían encontrar la verdad sobre la naturaleza en los textos clásicos. [Consideraba que] lo que se quiere saber sobre la naturaleza es preciso buscarlo en la naturaleza misma. Esta idea tiene un valor epistemológico definitivo en la obra de Galileo y se encuentra en la base de sus ataques contra quienes pretendían utilizar las citas poéticas como argumentos científicos. Grassi, polemizando con Galileo sobre problemas relativos al calor y al movimiento, utilizaba citas de Ovidio, Lucrecio y Horacio. Hablando en tercera persona, Galileo le respondía: "Todos estos razonamientos no sirven para nada, porque Galileo no dice que los poetas y otras personas no han expresado esta opinión; él dice que ella es falsa y él la prueba fundándose en la experiencia".⁷⁵

⁷⁴ CIMPEC, Op. cit., p.34.

⁷⁵ Ibid. p. 35.

Por consiguiente, y ya para cerrar esta parte atinente a las repercusiones de las innovaciones de Galileo en el plano científico y en otras áreas de la actividad humana como la política y la religión, a las que se podría agregar el de la Lectoescritura crítica dentro del área de la lingüística, pues Galileo hace de manera evidente una comparación de lenguajes; el matemático renacentista, y ya moderno, exigió que a la ciencia se le reconociera su propio discurso así como su propio método, cosa a la que contribuyó con una alta fidelidad desde sus investigaciones, descubrimientos, inventos y producciones de literatura científica, apuntando a la construcción del conocimiento científico inaugurado por él y que después alcanzaría el desarrollo que la humanidad conoce. De ahí que es justo el elogio que de Galileo hace Stephen Hawking:

Tal vez más que ninguna otra persona, Galileo fue el responsable del nacimiento de la ciencia moderna. Su célebre conflicto con la Iglesia católica afectaba al núcleo de su pensamiento filosófico, ya que Galileo fue uno de los primeros en sostener que el hombre podía llegar a comprender cómo funciona el mundo, y, además, que podría hacerlo observando el mundo real.⁷⁶

⁷⁶ HAWKING, Stephen. Breve historia del tiempo. Bogotá: Crítica-Grijalbo, 1989, p. 227.

2. EL DEVENIR DEL MÉTODO CIENTÍFICO

2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Aunque el Método Científico hizo su aparición en los albores de la Edad Moderna, ello no quiere decir que toda su gestación y consolidación hubiera tenido lugar en esta época, por cuanto desde la antigüedad se encuentran valiosos precedentes, que evidencian cómo ya mucho antes de Galileo existieron individuos que se preocuparon por alcanzar el conocimiento mediante procedimientos racionalistas y prácticos. El listado no es corto, sin embargo, basta hacer referencia de los más significativos.

2.1.1 Gérmes Científicos en la Grecia Clásica.

No cabe duda que el pensamiento filosófico de la Antigua Grecia es una actitud reflexiva sobre la constitución del Universo, la composición de la materia y la causa primera de las cosas, razón por la cual se la conoce como Filosofía de la Naturaleza o Cosmología; pero ella es especulativa, es decir, un conjunto de razonamientos apoyados en la intuición más que en la experiencia, o mejor, se quedaba en la base de la experiencia sensitiva sin buscar una explicación fundada en la comprobación real de las conjeturas sobre los fenómenos observados. Sin embargo, se dieron casos excepcionales en que, aún desde el ángulo especulativo, algunos filósofos lograron hacer hipótesis sobre la constitución de la materia que realmente asombra al hombre contemporáneo.

Tales de Mileto, que existió entre 624 y 546 a. C., es considerado por Carl Sagan "el primer científico jonio", quien aparte de ser uno de los primeros en tratar de explicar el mundo sin la participación de referentes divinos, realizó cálculos matemáticos importantes, como el de la altura de una pirámide egipcia, en base a la longitud de su sombra y la altura del sol sobre el horizonte. El aporte de este filósofo a la incipiente ciencia, es reseñado así por Sagan.

El primer científico jonio fue Tales de Mileto... Había viajado hasta Egipto y dominaba los conocimientos babilónicos. Se dice que predijo un eclipse solar. Aprendió la manera de medir la altura de una pirámide a partir de la longitud de su sombra y el ángulo del Sol sobre el horizonte, método utilizado hoy en día para determinar la altura de las montañas de la Luna (...) Tales intentó comprender el mundo sin invocar la intervención de los dioses... Pensaba que el agua era un principio común subyacente a toda la materia [la causa primera del mundo], como podríamos hablar hoy de los electrones, los protones, los neutrones o los quarks. Lo importante no es que la conclusión de Tales fuera correcta o no, sino el método utilizado: El mundo no fue hecho por los

dioses, sino por la labor de fuerzas materiales en interacción dentro de la naturaleza. Tales trajeron de Babilonia y de Egipto las semillas de las nuevas ciencias de la astronomía y la geometría, ciencias que brotarían y crecerían en el suelo fértil de Jonia.⁷⁷

Seguidamente, son dignos de consideración los nombres de dos filósofos conocidos como los "Atomistas": Leucipo y Demócrito. **Leucipo de Mileto**, de quien no se tienen datos claros sobre su vida, autores como Diógenes Laercio lo presenta como nacido en Elea, otros lo hacen oriundo de la isla de Melos; Simplicio le atribuye como cuna la ciudad de Mileto y, asegura, que escuchó las enseñanzas de Zenón (490-430 a.C.), lo que indica que serían contemporáneos, lo mismo que de Parménides (540-475 a.C.). La incertidumbre de su lugar de nacimiento y hechos posteriores han hecho dudar a algunos críticos de su existencia histórica. Es, sin embargo, considerado el fundador de la Escuela Atomista y se le atribuye el haber hecho los primeros planteamientos sobre una teoría atomística del Universo. **Demócrito de Abdera**, amigo y discípulo de Leucipo, se le ubica entre los años 460 y 370 a.C., en todo caso los dos pertenecen a la época socrática. Al menos Demócrito sí existió por el mismo tiempo de Sócrates (470-399 a.C.).

Demócrito no hizo más que desarrollar y perfeccionar la obra iniciada por Leucipo, aunque Sagan atribuye a Demócrito la invención del término "átomo"; en todo caso, la teoría atomística se resume en la concepción de la realidad conformada por partículas pequeñísimas e indivisibles, los **átomos** (á-tomo = sin división o que no puede cortarse), cuyo número es infinito, son impenetrables, indestructibles, eternos, pesados y todos de la misma naturaleza, aunque se da entre ellos una infinita variedad de formas externas y de magnitud. Sagan afirma que fue Demócrito el inventor del término "átomo".

Precisamente la diferencia de los cuerpos en la Naturaleza se explica por esta variedad, así como por la posición, el orden y el movimiento de los átomos que los integran. Las diferencias son, por tanto, cuantitativas: la dureza y el peso de los cuerpos, por ejemplo, dependen de la cercanía de los átomos. Entre los atomistas aparecen los conceptos de lo lleno y lo vado, como dos cosas distintas pero relacionadas entre sí, como el Ser y el No Ser que fuera el meollo de la contraposición entre los Eléatas (Parménides) y los Éfesos (Heráclito); ya que mientras para Parménides sólo el Ser es, para Heráclito el ser y el no ser son uno y lo mismo por virtud del continuo cambio y movimiento de uno a otro. Para los atomistas esta discusión adquiere otro comportamiento bajo los conceptos de lo lleno y lo vacío, según lo exponen Sanz Adrados y González Álvarez:

⁷⁷ SAGAN, Op. cit., p. 176-177.

En los atomistas la cuestión [del Ser y el No Ser] se presenta de otro modo: este Ser y no Ser se presentan ante la intuición sensible tal como existen, en la contraposición de lo lleno y lo vacío. Así lo proclama Leucipo, según el comentario que Aristóteles hace de ellos en su metafísica (...) la Lleno tiene como principio el átomo y el vacío... Ha quedado el ser y el no ser (como concepto abstracto) en la filosofía atomista, representados ante la conciencia, en el sentido de cosas distintas relacionadas entre sí, como el lleno y el vacío. En el vacío están pues, lo Uno y la multiplicidad de Unos, el vacío vendría a ser una especie de continuidad pura, en donde los átomos van a estar flotando, apareciendo unas veces unidos, otras separados, pero siempre relacionados.⁷⁸

Pero entonces aquí viene un planteamiento realmente interesante y trascendental de los atomistas, consistente en la manera cómo opera dicha relación atómica. Es una relación externa, en que elementos que de por sí son independientes, aparecen unidos a otros igualmente independientes, y al unirse no pierden esa independencia, lo cual se debe a que trata de una relación, una unión simplemente **mecánica**. En este aspecto, la posición atomista se orienta como una concepción claramente materialista de la realidad y del Universo ya que, como afirman González Álvarez y Sanz Adrados, el Universo, su origen y desarrollo se dan por pura operación mecánica de los átomos, sin intervención de un Ser Creador o divinidad. En este sentido la filosofía atomista sienta el precedente de liberar el conocimiento y la reflexión de todo condicionamiento teológico:

Según esta explicación: "Todo lo vivo, lo espiritual es algo yuxtapuesto, y especialmente el nacimiento, la creación y el cambio son una simple unión". Queda explicado el nacimiento y movimiento de las cosas, como producto de la unión mecánica de átomos en el vacío. Como se ve, la posición de los atomistas es opuesta a la noción de creación y a la del mantenimiento y ordenamiento de ese universo por un ser extraño. Es la filosofía atomista la primera filosofía que libera a la investigación, al filósofo, del deber de buscar un fundamento al universo.⁷⁹

Es preciso hacer la aclaración, como la hiciera Hegel, que el átomo de que hablan Leucipo y Demócrito, tiene un carácter intelectual, es decir, no corresponden a las partículas a que hace referencia la Física ya que, inclusive según afirmación del mismo Leucipo, los átomos son, a más de indivisibles, invisibles "por la pequeñez de su corporeidad" y, por lo tanto, el átomo de los dos filósofos griegos no pasa de ser un principio ideal, una deducción intelectual

⁷⁸ GONZÁLEZ ÁLVAREZ, Luis José y SANZ ADRADOS, Juan José. Filosofía grecorromana. Bogotá: USTA, 1984, p.51.

⁷⁹ Ibid., p 52.

más no directamente sensible. Sin embargo, con el planteamiento de este principio material del universo y la relación mecánica generadora del universo y su comportamiento, ellos sientan los precedentes, primero del mecanicismo moderno y, luego, de una concepción materialista. Con esa actitud, el atomismo se convierte en el primer intento por explicar racional y científicamente los fenómenos observables, según lo anotara Chevalier, citado por González Álvarez y Sanz Adrados:

Lo más importante de ellos [Leucipo y Demócrito}, era su explicación mecanicista del universo, posición que va a desarrollarse más tarde en la filosofía de Descartes, hasta terminar en un materialismo. Ya no se necesita de un ser creador, que regente y oriente al mundo, porque éste se regenta y orienta mecánicamente (...) Leucipo es el creador del gran sistema Atomístico, continuado y desarrollado por Demócrito que, redescubierto en los tiempos modernos, ha pasado por ser el principio de la investigación racional del universo, o como dice Chevalier: "La primera tentativa para dar una explicación racional y científica de los fenómenos o de las apariencias".⁸⁰

En efecto, con la liberación del pensamiento de toda orientación e influencia extrarracional y particularmente teogónica, los atomistas se colocan en un sitio pionero de la independencia de la explicación racional del universo y sus fenómenos, actitud que siglos después sería acogida por algunos casos individuales y posteriormente por los científicos desde Galileo en adelante ya que, como se vio oportunamente, el pisanó siempre propugnó por desprender el razonamiento científico de toda otra explicación, fuera ésta teológica o literaria. Es de imaginar que Leucipo y Demócrito tuvieron que luchar fuerte para lograr esa liberación, dado que en su tiempo pesaban enormemente las explicaciones fabulosas de los poetas griegos y sus teogonías.

Pero el aporte de Demócrito no se reduce solamente a la concepción atomista de la materia, sino que también en matemáticas llegó a deducciones importantes, como es el caso de pronosticar la existencia del cálculo diferencial, a partir de la experiencia de que si al cortar un cono, las dos secciones del corte no son exactamente iguales debido a que en la escala de lo muy pequeño la materia presenta una granulosidad determinada e irreductible. Él identificó esta escala con el mundo de los átomos. Y como afirma Sagan, aunque sus argumentos no eran los utilizados en la actualidad, sus conclusiones eran fundamentalmente correctas. Al hacer el cálculo del volumen de un cono o una pirámide, mediante un número grande de placas superpuestas, formuló el problema matemático de la teoría de los límites, sugiriendo la necesidad de un cálculo diferencial e integral, con lo cual se adelantó a Newton unos 2.100 años, hasta el punto de hacer afirmar a Sagan que de haberse conservado los

⁸⁰ Ibid., p. 50-52.

escritos de Demócrito el cálculo diferencial hubiese existido en los tiempos de Cristo:

Sus argumentos no eran los que utilizamos actualmente, pero eran sutiles y elegantes, derivados de la vida diaria. Y sus conclusiones eran fundamentalmente correctas. Demócrito imaginó el cálculo del volumen de un cono o de una pirámide mediante un número muy grande de placas muy finas una encima de la otra, y cuyo tamaño disminuía de la base hasta el vértice. De este modo formulaba el problema que en matemáticas se denomina teoría de los límites. Estaba llamando a la puerta del cálculo diferencial e integral, la herramienta fundamental para comprender el mundo y que según los documentos escritos de que disponemos no se descubrió hasta la época de Isaac Newton. Quizás si la obra de Demócrito no hubiese quedado casi totalmente destruida, hubiese existido el cálculo diferencial hacia la época de Cristo.⁸¹

En fin, y siguiendo a Sagan, a Demócrito le inspiraba gran admiración hasta la reverencia, el mundo físico por su belleza y elegancia. Estaba perfectamente convencido de que las religiones dominantes de su tiempo eran malas, y era escéptico en el plano metafísico. Un materialista, por cuanto para él “no existían ni almas inmortales ni dioses inmortales: ‘Nada existe, aparte de átomos y vacío’.”⁸²

Pero su posición materialista, que no consideraba la existencia de un alma inmortal ni la existencia de dioses inmortales, le ocasionó no pocos problemas de seguridad, de ahí que, es muy probable que sus escritos fueron destruidos por mandato del mismo Platón, por cuanto la concepción atomista de Demócrito era opuesta a la concepción platónica. Esa actitud persecutora del filósofo idealista, misticista, y anti-experimental, fue la causante de un estancamiento en el adelanto científico, porque Platón persiguió con igual radicalismo discriminante la producción de varios de los científicos jonios. Además, Platón y Aristóteles apoyaban la sociedad esclavista, en cambio Demócrito, al igual que siglos después Galileo, era un ferviente defensor de la libertad e independencia del científico. No acataba el sometimiento a ninguna forma de poder terreno, ya que no admitía el dominio de dioses en la vida de los hombres, porque no creía ni siquiera en la existencia de aquéllos. Al respecto Sagan afirma:

Platón y Aristóteles se sentían confortables en una sociedad esclavista. Dieron justificaciones para la opresión. Estuvieron al servicio de tiranos. Enseñaron la alienación del cuerpo separado del alma (ideal muy natural en una sociedad esclavista); separaron la materia del pensamiento; divorciaron a la Tierra de los cielos: divisiones estas que iban a dominar el pensamiento occidental durante más de veinte siglos. Platón, quien

⁸¹ SAGAN, Op. cit., p. 180-181.

⁸² Ibid., p. 181.

creía que "todas las cosas están llenas de dioses", utilizó concretamente la metáfora de la esclavitud para conectar su política con su cosmología. Se dice que propuso quemar todas las obras de Demócrito (formuló una recomendación semejante para las obras de Hornero), quizás porque Demócrito no aceptaba la existencia de almas inmortales o de dioses inmortales o el misticismo pitagórico, o porque creía en un número infinito de mundos. No sobrevive ni una sola obra de los setenta y tres libros que se dice escribió Demócrito. Todo lo que conocemos son fragmentos, principalmente sobre ética, y relaciones de segunda mano. Lo mismo sucedió con las obras de casi todos los demás antiguos científicos jonios.

Pitágoras y Platón, al reconocer que el Cosmos es cognoscible y que hay una estructura matemática subyacente en la naturaleza, hicieron avanzar mucho la causa de la ciencia. Pero al suprimir los hechos inquietantes, al creer que había que reservar la ciencia para una pequeña elite, al expresar su desagrado por la experimentación, al abrazar el misticismo y aceptar fácilmente las sociedades esclavistas, hicieron retroceder la empresa del hombre.⁸³

Un poco antes, hacia el 450 a.C., floreció un experimentalista jónico de nombre **Anaxágoras**, quien sin ser tan radical como Demócrito también era un materialista y pensaba que la materia proporcionaba ella misma, por sí sola, la existencia del mundo. En astronomía hizo importantísimas afirmaciones, cuya certeza se comprobaría siglos después, discrepando básicamente de sus contemporáneos que creían que el Sol y la Luna eran dioses. Respecto a Anaxágoras afirma Sagan:

Fue la primera persona que afirmó claramente que la Luna brilla con luz reflejada, y en consecuencia ideó una teoría una teoría de las fases de la Luna. Esta doctrina era tan peligrosa que el escrito que la contenía tuvo que circular en secreto, como un *samizdat* ateniense. No iba con los prejuicios de la época de explicar las fases o eclipses de la Luna por la geometría relativa de la Tierra, la Luna y el brillo propio del Sol (...) La creencia dominante era que el Sol y la Luna eran dioses. Anaxágoras afirmaba que el Sol y las estrellas eran piedras ardientes. No sentimos el calor de las estrellas porque están demasiado lejos. También creía que la Luna tenía montañas (cierto) y habitantes (falso). Sostenía que el Sol era tan grande que probablemente superaba en tamaño al Peloponeso, aproximadamente la tercera parte meridional de Grecia. Sus críticos consideraron esta evaluación excesiva y absurda.⁸⁴

La estimación que hizo del tamaño del Sol no se acercaba a la realidad proporcional, pero por lo menos era mucho mejor que la de otros, como

⁸³ Ibid., p. 187.

⁸⁴ Ibid., p. 181-182.

Heráclito y Lucrecio que pensaban que el Sol tenía aproximadamente el tamaño de un escudo. Fue considerada su teoría incluso una herejía, lo cual le valió a Anaxágoras el destierro. Así, muchos de los conocidos como filósofos presocráticos fueron en realidad hombres más preocupados por la ciencia, Anaxágoras, por ejemplo, al ser interrogado sobre el objetivo de su vida contestó que estaba concentrado en "la investigación del Sol, la Luna y los cielos", dando a conocer que era un apasionado de la astronomía, por lo cual Sagan apunta que esa era una "respuesta digna de un astrónomo auténtico".⁸⁵

De manera que los griegos de la escuela jónica, desde Tales de Mileto hasta Anaxágoras, no eran solamente esos personajes que antecedieron a la aparición de Sócrates, Platón y Aristóteles sino, más bien, hombres de ciencia que de haberse considerado con seriedad sus aportes y orientaciones, la humanidad hubiera llegado más rápido a los ámbitos de la ciencia moderna. Precisamente, su pensamiento está más cercano a la ciencia moderna que a la reflexión filosófica de sus paisanos que les sucedieron, como al respecto sostiene Carl Sagan al reconocer su labor, por lo cual no vacila en llamarlos "científicos":

En los libros de historia de la filosofía se suele calificar "presocráticos" a los grandes **científicos**, desde Tales hasta Demócrito y Anaxágoras, como si su misión principal hubiese consistido en ocupar la fortaleza filosófica hasta la llegada de Sócrates, Platón y Aristóteles, y quizás influir algo sobre ellos. De hecho los antiguos jonios representan una tradición diferente y muy contrapuesta, **una tradición que está más de acuerdo con la ciencia moderna**. Su influencia se ejerció de modo intenso solamente durante dos o tres siglos, y esto fue una pérdida irreparable para todos los hombres que vivieron entre el Despertar jonio y el Renacimiento italiano.⁸⁶

Como afirma el astrónomo norteamericano, hasta la aparición de los científicos jónicos, el hombre había permanecido aletargado bajo un inmenso manto lleno de leyendas, de creencias en personajes divinos que explicaban la razón de ser del universo y su comportamiento. Durante esa Primera Gran Revolución del conocimiento, aquellos hitos de la ciencia significaron un "despertar" humano por encima de los dioses. Se desarrollaron teorías e intuiciones extemporáneas, con cientos de años de antelación y, en casos, con una precisión realmente asombrosa. Al respecto afirma Sagan:

Durante miles de años los hombres estuvieron oprimidos como lo están todavía algunos de nosotros por la idea de que el universo es una

⁸⁵ Ibid., p. 181.

⁸⁶ Ibid., p. 182.

marioneta cuyos hilos manejan un dios o dioses, no vistos e inescrutables. Luego, hace 2.500 años, hubo en Jonia un glorioso despertar: se produjo en Samos y en las demás colonias griegas cercanas que crecieron entre las islas y ensenadas del activo mar Egeo oriental. Aparecieron de repente personas que creían que todo estaba hecho de átomos; que los seres humanos y los demás animales procedían de formas más simples; que las enfermedades no eran causadas por demonios o por dioses; **que "la Tierra no era más que un planeta que giraba alrededor del Sol.** Y que las estrellas estaban muy lejos de nosotros.⁸⁷

En el texto antes citado se ha resaltado la frase relativa a la consideración de la Tierra como un planeta que gira alrededor del Sol. Sencillamente porque, efectivamente, ya en la antigua Grecia hubo, aunque aislados, casos de individuos que no compartían con sus contemporáneos la creencia de que la Tierra fuera el centro del universo. En especial, sobresale con nombre propio Aristarco **de Samos**, nacido hacia el siglo III a. C, quien propuso en la misma ciudad donde tres siglos antes había enseñado Pitágoras una tesis temeraria porque chocaba directamente con la teogonía de su tiempo, consistente en formular una cosmología heliocéntrica, con lo cual se anticipó unos 1.800 años a Copérnico. Por esta razón Galileo llamó a Copérnico "restaurador y confirmador" pero no inventor de la teoría heliocéntrica. Como refiere Timothy Ferris, desde muy joven Aristarco se dedicó a los estudios e investigaciones sobre los cuerpos siderales, hasta el punto que siendo aún joven publicó un libro en el conjeturaba que el Sol tenía un tamaño mucho mayor que la Luna, y estimaba que era unas diecinueve veces mayor y que se hallaba a una distancia también diecinueve veces más grande. Claro que sus conclusiones eran cuantitativamente erróneas, porque en verdad el Sol es cuatrocientas veces mayor que la Luna y se halla cuatrocientas veces más lejos que ella, pero sus métodos eran fundamentalmente correctos. Quizá a partir de estas primeras conclusiones, llegó luego a concebir que lo más razonable fuera un cosmos con el Sol por centro, como al respecto afirma Ferris:

Puede haber sido este trabajo [sobre la proporción de tamaños y distancias del Sol y la Luna] lo primero que condujo a Aristarco a pensar en un cosmos centrado en el Sol. Habiendo llegado a la conclusión de que el Sol era más grande que la Tierra, que un Sol gigantesco girase alrededor de una Tierra más pequeña debió de haberle parecido intuitivamente tan absurdo como imaginar que un lanzador de martillo pudiese arrojar un martillo de un peso cien veces mayor al suyo.⁸⁸

⁸⁷ Ibid., p. 173-174.

⁸⁸ FERRIS, Op. cit., p. 31-32.

La manera cómo Aristarco llegó a sus interesantes conclusiones fue realizando cálculos en base a la sombra de la Tierra proyectada sobre la Luna durante un eclipse. Su sentido práctico hizo que se rebelara contra la posición elitista de Platón y Aristóteles, quienes no consideraban la Tierra y el universo sino desde un ángulo metafísico, basado en puras suposiciones que favorecían la estructura esclavista o jerárquica. En efecto, Aristarco fue la gran excepción, no sólo de su tiempo sino dentro del comportamiento científico griego. Fue quien rescató el método jónico, de acuciosidad basada en la experiencia y en la deducción lógica ceñida a la realidad. Al respecto afirma Sagan:

Aristarco fue la primera persona que afirmó que el centro del sistema planetario está en el Sol y no en la Tierra, que todos los planetas giran alrededor del Sol y no de la Tierra... Dedujo a partir del tamaño de la sombra de la Tierra sobre la Luna durante un eclipse lunar que el Sol tenía que ser mucho mayor que la Tierra y que además tenía que estar a una distancia muy grande. Quizá esto le hizo pensar que era absurdo que un cuerpo tan grande como el Sol girara alrededor de un cuerpo tan pequeño cometa Tierra. Puso al Sol en el centro, hizo que la Tierra girara sobre su eje una vez al día y que orbitara al Sol una vez al año.⁸⁹

Esas ideas le granjearon a Aristarco fama de impío y hereje, por lo cual fue duramente criticado y hasta perseguido. Seguramente, con no poca dificultad logró salvarse de los ataques a su integridad personal, ya que, como asegura Sagan, a Aristarco le tocó también adelantarse a Galileo en la persecución, el vituperio y la anatematización por parte de sus contemporáneos que no tardaron en llamar heréticos e impíos sus planteamientos. Sin embargo, tales afirmaciones relacionadas con la disposición planetaria alrededor del Sol eran del todo correctas, como sostiene el astrónomo norteamericano:

Durante la mayor parte de los 1.800 años que separan a Aristarco de Copérnico nadie conoció la disposición correcta de los planetas, a pesar de haber sido expuesta de modo perfectamente claro en el 280 a. de C. [por Aristarco]. La idea escandalizó a algunos de los contemporáneos de Aristarco. Hubo gritos, como los dedicados a Anaxágoras, a Bruno y a Galileo, pidiendo que se les condenara por impiedad.⁹⁰

Y es más, aun en el presente el mundo y el hombre de hoy continúa manifestando resistencia a la disposición heliocéntrica del sistema planetario, pues así sea "inconscientemente" se continúa utilizando en el lenguaje cotidiano expresiones alusivas al movimiento del Sol y la quietud de la Tierra puesto que, como sostiene Sagan, continuamos utilizando términos como "levantarse el Sol y ponerse el Sol"; "La resistencia contra Aristarco y

⁸⁹ SAGAN, Op. cit, p. 188

⁹⁰ Ibid., p. 189.

Copérnico, una especie de egocentrismo en la vida diaria, continúa viva entre nosotros: todavía decimos que el Sol "se levanta" y que el Sol "se pone". Han pasado 2.200 años desde Aristarco y nuestro lenguaje todavía pretende que la Tierra no gira".⁹¹

Pero aunque pudo librarse de la agresión a su integridad física Aristarco no pudo librar su obra de la persecución, porque efectivamente se perdió la obra en la que formulaba su teoría heliocéntrica. y lo que se conoce de él se debe a otro de los grandes pensadores griegos, Arquímedes, calificado como el gran mecánico de la antigüedad, hasta el punto que Sagan lo llama "el mayor genio mecánico hasta Leonardo da Vinci".⁹²

Es **Arquímedes**, indiscutiblemente, el griego que asumió una real actitud científica y sentó las bases de un procedimiento metódico de investigar y explicar los fenómenos físicos. En efecto, este griego conocido como el Padre de la Mecánica, nacido hacia el 280 a.C., en Siracusa, había escrito un libro llamado "El calculador de arena", en que hace referencia a la teoría heliocéntrica de Aristarco y demás formulaciones. Dicho escrito estaba dirigido a su pariente y amigo el rey Gelón II (o Hierón), en que demuestra cómo mediante un sistema de notación numérica que él había creado se podía contabilizar cantidades enormes. Sus cálculos los había fundamentado en las dimensiones del universo más colosal que había oído hablar, el de la nueva teoría de Aristarco de Samos.

Como Arquímedes era un hombre dedicado a la geometría y matemáticas con un alto sentido pragmático, no le convencían aquellas referencias a lo infinito, entonces le aseguró al rey Gelón que el número de granos de arena, no sólo de Siracusa o del Mediterráneo, sino de las playas de todo el mundo, aunque muy grande no era infinito y que podría ser calculado y formulado. Arquímedes se había dedicado con mayor intensidad a la matemática pura, era hijo de un astrónomo, y tras largas investigaciones llegó a construir la notación numérica que se utiliza hasta hoy. En su escrito expone el método de escribir números muy largos, dando a cada cifra un "orden" según su posición, es decir, es el método de escritura de los números en el sistema decimal, que por las cifras ordenadas permite determinar tantas unidades, tantas centenas, tantos millares, etc. Luego aplicó dicho método al problema de contabilizar la cantidad de granos de arena contenidos en una esfera del tamaño de la Tierra.

El ingenio de Arquímedes es reconocido por haber orientado las matemáticas y geometría a la elaboración de máquinas y artefactos que, en su momento fueron muy útiles en el campo militar para defender a Siracusa del asedio de los

⁹¹ Ibid., p. 188.

⁹² Ibid., p. 19.

romanos, por lo cual, se puede decir que Arquímedes cumplió el cargo de "consejero militar del rey". Ese papel de preeminencia lo logró el ilustre geómetra después de haber propuesto el enorme reto que ha pasado a la historia en la frase: "Dame un punto de apoyo y moveré la Tierra". El rey Hierón le pidió que hiciera una demostración en una escala menor. Entonces, según cuenta Plutarco en su obra "Vidas paralelas", Arquímedes utilizó un barco lleno de pasajeros y carga, que fue impulsado empleando un sistema de poleas que había ideado Arquímedes. El rey, impresionado por el hecho, ordenó que debía creerse o tenerse muy en cuenta a todo lo que dijera Arquímedes, y le encargó la construcción de las máquinas de guerra que mantendrían a raya a los romanos.

Arquímedes estaba fascinado por las palancas y poleas. De modo que organizó la defensa de Siracusa, emplazando en las murallas las famosas catapultas, que con precisión lanzaban enormes rocas a diferentes distancias causando estragos en las filas enemigas. Por orden de Arquímedes se habían emplazado sobre las murallas gran cantidad de estas máquinas, de diferentes tamaños; además, disponiendo de enormes grúas con una especie de "mandíbulas" atrapaban las naves romanas que se acercaban a las murallas, las elevaban en el aire y luego eran arrojadas contra las rocas.

Al fin, mientras los siracusanos celebraban la fiesta de Diana con abundante bebida, el general romano Marco Claudio Marcelo pudo realizar la invasión tras largo e infructuoso sitio. Había ordenado no se hiciese daño a ningún ciudadano libre, pero, paradójicamente, Arquímedes, uno de los hombres más célebres que ha existido fue asesinado por un soldado romano. Se cuenta que el célebre geómetra se encontraba abstraído en sus cálculos cuando el soldado romano se le acercó en tono imperativo; Arquímedes trazaba diagramas geométricos en la arena y le ordenó al romano que se marchase, entonces el soldado encolerizado lo acuchilló. Marcelo condenó al soldado por asesinato, según escribe Plutarco y cita Timothy Ferris, agregando que: "nada afligió tanto a Marcelo como la muerte de Arquímedes".⁹³ El geómetra tenía setenta y cinco años y su ingenio libró a Siracusa de la invasión romana durante dos largos años.

El pesar del general romano se debió a que valoraba a aquel hombre que con sus máquinas había ocasionado terror en sus hombres. Cuando se produjeron las primeras adversidades a los intentos de la toma de Siracusa, Marcelo había preguntado quién era ese tal Arquímedes que producía tanto temor a sus soldados. La información que recibió fue que Arquímedes era el inventor de tales máquinas de guerra. Fue así como el general romano se enteró de que Arquímedes era un geómetra que se había dedicado a la aplicación de los

⁹³ FERRIS, Op. cit., p. 35.

cálculos matemáticos en artefactos que fueron de gran utilidad para la defensa de Siracusa. Refieren los biógrafos que Arquímedes desdeñaba toda la profesión de la ingeniería y toda clase de arte que se preste únicamente al uso y al beneficio, lo cual hizo que se dedicara con apasionamiento por la matemática pura.

Producto de ello está la Ley de la Palanca, desarrollada en su libro: "Sobre el equilibrio de las superficies", en el que, además discute el problema relacionado con el cálculo del centro de gravedad de cualquier cuerpo dado. Según Gamow: "su obra más importante en el dominio de la matemática pura fue el descubrimiento de la relación entre la superficie y el volumen de una esfera y el cilindro que la circunscribe".⁹⁴ Se entiende que Arquímedes recurriera a la geometría para explicar las matemáticas, por cuanto en su época, según afirma Gamow, "la matemática griega estaba limitada casi exclusivamente a la geometría, porque el álgebra fue inventada mucho después por los árabes"⁹⁵ también como Euclides en su "Geometría", Arquímedes formulaba las leyes fundamentales de la "estática" o estudio del equilibrio, comenzando por formular los postulados y derivando de ellos cierto número de proposiciones.

Quizá el nombre de Arquímedes es recordado con la anécdota de que mientras se bañaba, al desplazar el agua de la tina al sumergir su cuerpo en ella, dedujo la Ley de los cuerpos flotantes y la densidad de los líquidos, según la cual los cuerpos sumergidos en un líquido pierden peso, una cantidad igual al peso del agua desplazada. Mediante su descubrimiento pudo comprobar cómo el constructor de una corona de oro le había robado al rey Hierón, pues no todo era oro el que constituía la corona, sino que tenía una mezcla de plata y oro. Su descubrimiento lo consigno en la obra: "Sobre los cuerpos flotantes".

Existe otro invento de Arquímedes, que es quizá el más conocido de su ingeniería, llamado precisamente el Tornillo de Arquímedes, empleado para elevar agua o conducir agua sobre su superficie, que ha sido empleado en la agricultura en los regadíos y en la minería para sacar el agua subterránea. Consiste en un tubo torneado alrededor de una varilla en cuyo extremo superior hay un manubrio; la parte inferior se introduce en el agua y con sólo hacer girar la estructura, el tubo atornillado a la varilla, el agua va ascendiendo por el tubo hasta llegar a la parte superior. Claro, no asciende el tubo sino las posiciones del contenido de agua.

Ya para terminar lo referente al padre de la mecánica, es preciso volver al caso del "Calculador de arena", ya que mediante el método de notación numérica creado por Arquímedes, y siguiendo las indicaciones cosmológicas formuladas

⁹⁴ GAMOW, op. cit., p.15.

⁹⁵ Ibid.

por Aristarco, el geómetra llegó a deducciones realmente asombrosas sobre las dimensiones del universo, al menos es una cifra muy aproximada teniendo en cuenta los recursos de entonces. En el "Calculador de arena" Arquímedes afirma que calculará cuántos granos de arena se necesitarían para llenar, no solo el universo relativamente pequeño de las cosmologías tradicionales, sino el universo mucho más grande descrito en la nueva teoría de Aristarco. En el libro de éste último pensador Arquímedes encontró que Aristarco proponía que el tamaño del universo es tanto mayor que la órbita del Sol como la circunferencia de una esfera lo es a su centro.

Entonces Arquímedes se encontró frente al problema de que Aristarco hacía una afirmación exagerada y, considera que lo planteado por Aristarco es imposible, puesto que el centro de la esfera no tiene magnitud alguna y, por lo tanto no es posible imaginar que esté en ninguna proporción con la superficie de la esfera. De manera que, para poder introducir números grandes en el modelo de Aristarco, Arquímedes interpreta la afirmación del astrónomo como si aquél realmente hubiese querido decir que la proporción del tamaño de la Tierra con el tamaño del universo es comparable a la de la órbita de la Tierra con la esfera de las estrellas, y entonces ya puede hacer los cálculos. Timothy Ferris considera los cálculos hechos por Arquímedes, desde las estimaciones contemporáneas y encuentra que Arquímedes obtiene un resultado admirable, un universo de dimensiones mucho mayores que las de Tolomeo, que se consideran grandes, y eso cuatro siglos antes de Tolomeo. En efecto, afirma Ferris:

Apelando a estimaciones contemporáneas de las distancias astronómicas, Arquímedes obtiene una distancia a la esfera de las estrellas de, en terminología moderna, unos 9,6 billones de kilómetros o un año-luz. Fue un resultado estupendo para su época: un universo heliocéntrico con un radio más de cien mil veces mayor que el del modelo tolemaico ¡propuesto cuatro siglos antes de que naciese Tolomeo!⁹⁶

Claro que, señala Ferris, el año-luz sólo es un cuarto de la distancia a la estrella más cercana a la Tierra y menos de una diez mil millonésima del radio del universo observable. No obstante, agrega, el modelo de Aristarco, determinado por los cálculos de Arquímedes, significa un enorme aumento en la escala que la mente humana había asignado hasta entonces al cosmos. De otro lado, apunta Ferris, en la solución a su problema, Arquímedes llegó a la conclusión de que se necesitarían 10^{63} granos de arena para llenar el universo de Aristarco, lo cual es asombroso si se tiene en cuenta que según el cosmólogo norteamericano Edward Harrison los 10^{63} granos de arena equivalen a unos

⁹⁶ FERRIS, Op. cit., p. 33.

10⁸⁰ núcleos atómicos, "que es el 'número de Eddington, la masa del universo calculada en los años treinta por el astrofísico inglés Arthur Stanley Eddington. Así, Arquímedes -apunta Ferris-, llegó a una suma total de materia cósmica que no estaba muy lejos del cálculo hecho en el siglo XX por Eddington".⁹⁷

Por todo lo anterior, se resalta la labor investigativa y científica de Aristarco de Sarnas y, claro, también la de Arquímedes, quien con sus cálculos logra darle mayor solidez a la teoría heliocéntrica de Aristarco. De ahí que con sobrada razón Ferris sostiene que: "Si el mundo lo hubiese escuchado (a Aristarco, y a Arquímedes por supuesto), hoy hablaríamos de una revolución aristarquiana en vez de una revolución copernicana en la ciencia, y la cosmología habría podido ahorrarse un milenio de errores."⁹⁸

Y claro, entre esos errores, quizá el más grande fue la concepción de un universo geocéntrico por parte de **Claudio Tolomeo [o Ptolomeo]**. Este hombre inquieto, perteneciente a la Escuela de Alejandría, nacido hacia el siglo II d.C., fue más que todo un astrólogo, aunque hay que hacer la aclaración de que en ese tiempo, como afirma Sagan, no se tenía muy definida la diferenciación entre astrología Y astronomía como lo está en la actualidad. La astrología popular moderna, que sostiene la influencia de los planetas en la vida cotidiana de los humanos dependiendo de sus posiciones estelares en el momento del nacimiento, procede de Tolomeo. Pero también es cierto que Tolomeo tenía igualmente su vertiente de astrónomo y, como tal, aparte de su cosmología geocéntrica, aportó a la ciencia con algunos descubrimientos y cálculos.

En efecto, según afirma Carl Sagan, "los astrónomos modernos se han olvidado de la precesión de los equinoccios que Tolomeo conocía. Ignoran la refracción atmosférica sobre la cual Tolomeo escribió".⁹⁹ Sólo centran su atención, agrega, a todas las lunas y planetas, asteroides y cometas, quasars y pulsars, galaxias en explosión, estrellas simbióticas, variables cataclísmicas y fuentes de rayos X que se han descubierto desde la época de Tolomeo. Por tanto, no se puede poner en duda la faceta de astrónomo que, evidentemente, poseía Tolomeo ya que, entre sus aportes se cuentan el de haber dado razones de la esfericidad de la Tierra y su intento por comprender el movimiento de los planetas en el fondo del firmamento, como al respecto afirma Sagan:

Tolomeo, en su calidad de astrónomo, puso nombre a las estrellas, catalogó su brillo, dio buenas razones para creer que la Tierra es una esfera, estableció normas para predecir eclipses, y quizá lo más

⁹⁷ Ibid.

⁹⁸ Ibid.

⁹⁹ SAGAN, Op. cit., p. 50-51.

importante, intentó comprender por qué los planetas presentan ese extraño movimiento errante contra el fondo de las constelaciones lejanas. Desarrollo un modelo de predicción para entender los movimientos planetarios y de codificar el mensaje de los cielos.¹⁰⁰

Por lo visto, no cabe duda que en la antigua Grecia se dieron casos particulares realmente admirables, de científicos que con medios escasos y rudimentarios sentaron las bases de un conocimiento hecho en base a un procedimiento científico. Sobre todo es digno de ser destacada la actitud de Arquímedes quien, como ingeniero y mecánico hacía ciencia fáctica, basándose en hechos concretos, realizando cálculos matemáticos para explicar los fenómenos y el modo de abordarlos y, finalmente, tras pruebas comprobatorias llevar a la práctica con utilidad para la vida cotidiana el resultado de sus investigaciones; Arquímedes, como ningún otro, partía de la observación de hechos y fenómenos, formulaba hipótesis y sopesaba sus elucubraciones y conceptualizaciones con la experimentación, no obstante su desdén por la ciencia pragmática y su apasionamiento por la ciencia pura.

2.1.2 Visión Científica de Alberto El Grande.

En plena Edad Media aparece un hombre sencillamente extraordinario por su amplitud y perspicacia en el conocimiento del mundo no sólo físico sino también metafísico. Conocido, con justicia, como Alberto Magno (o El Grande) había nacido en Suavia (Alemania), no se sabe con certeza si en 1193 o en 1206. Ingresó a la Orden de Predicadores o Padres Dominicos y estudió en Colonia, donde después se desempeñó como docente al igual que en Friburgo, Ratisbona, Estrasburgo y París. Por sus diversos y profundos conocimientos recibió el título de Doctor Universal. Su autoridad fue reconocida en vida, inclusive por personajes como Roger Bacon, crítico implacable de su tiempo, quien expresó respecto a Alberto Magno: "... ha tenido en vida, una autoridad de la que jamás gozó hombre alguno en materia de doctrina."¹⁰¹

Dicha autoridad no se trataba únicamente en materia de la enseñanza cristiana, sino también en asuntos de filosofía y de las ciencias naturales, porque el ilustre personaje, que fue maestro de Santo Tomás de Aquino, fue el primero en introducir la distinción entre filosofía y teología, entre razón y fe, liberando el pensamiento de los presupuestos teológicos, reconociendo a la razón y a la fe sus campos de dominio propio. En el campo racional se interesó sobremanera por recopilar, interpretar y asimilar la doctrina de Aristóteles, pero aunque normalmente se le considera aristotélico, en realidad su posición es la de una síntesis de pensamiento platónico y aristotélico, además del pensamiento

¹⁰⁰ Ibid., p. 51.

¹⁰¹ BEL TRÁN PEÑA, Francisco y SANZ ADRADOS, Juan José. Filosofía medieval y del renacimiento. Bogotá: UST A, 1985, p. 234.

musulmán a través de Avicena y Averroes, árabes neoaristotélicos. Como escritor es autor de una vasta obra, que abarcó en forma enciclopédica todo el saber de su época.

En efecto, San Alberto Magno fue un hombre de mentalidad abierta al conocimiento, y abarcó múltiples disciplinas. En las biografías de Tomás de Aquino no puede dejar de mencionarse algo sobre Alberto Magno, pues la influencia del maestro en su discípulo fue determinante. Es así como Joaquín Llanos Entre pueblos en su biografía sobre el Doctor- de la Iglesia hace interesantes declaraciones respecto al polifacético Alberto Magno. Su extensa obra, unos 30 gruesos volúmenes dan cuenta de su amplio saber. Se dice que estando en París cuando dictaba sus clases en la universidad, las aulas eran pequeñas para dar cabida a la multitud de estudiantes que acudían a escuchar/e, de ahí que daba sus clases en una plaza que luego recibió el nombre en su honor. Además, como estaba obligado a hacer sus traslados a pié (por voto especial de la orden mendicante de dominicos), llama la atención cómo sacó tiempo para tantas actividades y lograr ponerlas por escrito. Al respecto, afirma Joaquín Llanos:

Estudiante de medicina y filosofía en Padua, ingresa a la recién fundada Orden de Predicadores comprometiéndose así con el Manifiesto de los Dominicos. Dotado de una gran facilidad de asimilación en todos los órdenes del saber, reunió conocimientos enciclopédicos a su paso como estudiante y docente por las corporaciones universitarias de Padua, Bolonia, París, Colonia, Friburgo, etc. , y durante sus frecuentísimos viajes de estudio (...) Fue todo cuanto se podía ser en su tiempo: zoólogo" médico, botánico, alquimista, exégeta, filósofo, teólogo, matemático, fraile, predicador, obispo, maestro universitario, mendigo ... En París llegaron a ser tantos los estudiantes que asistían a su cátedra que tenía que enseñar en una plaza que, por ello, terminó llamándose "La Plaza del Magno Alberto" (plaza de Maubert).¹⁰²

¹⁰² LLANOS ENTREPUEBLOS, Joaquín. Tomás de Aquino. Circunstancia y biografía. Bogotá: UST A, 1984, p. 88.

Como naturalista, en Botánica e Historia Natural Alberto Magno tiene unos méritos extraordinarios, lo que le hace afirmar a Joaquín Llanos (siguiendo a algunos autores contemporáneos), que Alberto "fue el único representante medieval de una botánica verdaderamente científica", ya que después de Teofrasto (Paracelso) no hubo nadie que con tal cuidado no sólo describiera nuevas plantas, sino que tratara de sistematizarlas nuevamente según su morfología, hasta el punto que Alejandro von Humboldt en sus escritos consigna "expresiones de admiración por la agudeza de la observación Albertina"¹⁰³

En Zoología, aunque sigue de cerca a Aristóteles, Alberto comienza a comparar los órganos de los animales con los del hombre, anticipándose a una anatomía comparada, buscando, inclusive, anillos intermedios o conectores entre las aves y los mamíferos, llegando a afirmar que "la naturaleza no da saltos", con lo cual estaba preparando el camino a la futura teoría darwiniana de la evolución.

Sus libros acerca de las plantas y de los animales describen la flora y la fauna europeas, en especial las de las regiones germanas. Sus valiosas contribuciones en estos campos le confieren un puesto meritorio en la ciencia, pero, como ha ocurrido con los aportes de otros personajes, los futuros investigadores y científicos botánicos no hicieron caso de los planteamientos y formulaciones albertinas. De ahí que, el editor de sus obras H.J. Stadler llega a afirmar sentenciosamente: "Si hubiera continuado el desarrollo de las ciencias de la naturaleza por el camino emprendido por Alberto, se le hubiera ahorrado a dicha ciencia un rodeo de tres siglos".¹⁰⁴

En la historia de la Química, Alberto Magno ocupa un puesto honorífico, toda vez que logró preparar la potasa cáustica y obtener ácido fórmico; además, fue el primero en describir la composición química del cinabrio, el estroncio, la cerusa o cerusita (carbonato de plomo) y el minio (óxido plumboso plúmbico). Como matemático hizo cálculos importantes aplicados a la Arquitectura y la Optometría, pues se le atribuye la autoría de los planos de la catedral de Colonia y se le recuerda como experimentador de lentes para mejorar la visión.

En Astronomía y Geofísica también Alberto Magno figura con algunas contribuciones o con aguzadas consideraciones que la ciencia moderna le daría su confirmación. En efecto, de alguna manera coopera a preparar los supuestos que decidieron a Colón a emprender su viaje de descubrimiento, toda vez que fueron muy notables los argumentos albertinos para demostrar la esfericidad de la Tierra, a la cual atribuye un diámetro de 13.640 kilómetros y una circunferencia de 42.840, que corresponde, con muy poca diferencia, a las

¹⁰³ Ibid., p. 89.

¹⁰⁴ Ibid.

medidas reales calculadas siglos después. Mostró que los océanos hacia el Sur eran navegables y que la unión del Mediterráneo con el Mar Rojo (Canal de Suez) podía realizarse sin riesgo alguno. De igual manera, Alberto Magno tuvo la osadía de desmitificar y cuestionar antiguas suposiciones respecto a la Tierra y sus condiciones de vida, que en su época pasaban por verdades. Por ejemplo, se opuso a la idea de que la tierra al Sur del Ecuador era inhabitable, afirmando que lo contrario, su habitabilidad era probablemente verdadero. Consideraba totalmente irrazonable creer que la gente que vivía en la parte inferior de la Tierra se podía caer pues, sostenía, que el término "inferior" es sólo relativo a nosotros.

En fin, a través de los campos del saber en que incursionó Alberto Magno y por su agudeza deductiva, es digno de reconocerse como un verdadero científico de su tiempo, puesto que sus deducciones se basaban en observaciones profundas y quizá algunos experimentos, porque es un partidario convencido de la necesidad de la experiencia para comprobar los fenómenos. Precisamente en lo relacionado con la naturaleza y origen del conocimiento, el cual es un problema que aborda la teoría del conocimiento, Alberto Magno converge con Aristóteles en dar prelación a la experiencia sobre la razón. En efecto, el ilustre medieval afirma que "todo conocimiento humano se funda en la experiencia" y, particularmente en física sostiene que "sólo el experimento tiene validez demostrativa. El intelecto elabora a partir de la experiencia, y valiéndose de la abstracción, el conocimiento intelectual"¹⁰⁵

Respecto a esta posición aristotélica de Alberto Magno, Joaquín Llanos afirma que aunque metódicamente Alberto Magno reproduce toda la enciclopedia de Aristóteles, sin citarlo y complementándolo con sus propios conocimientos va, sin embargo, más allá del empirismo simple del Estagirita. De ahí que el biógrafo asegura que "en sus reglas esenciales el método albertino es perfectamente científico", en primer lugar, porque propone cultivar la filosofía y las ciencias distinguiendo claramente el dominio de la razón y el de la fe, el de la filosofía y el de la teología; y, en segundo lugar, porque hace un uso muy equilibrado de la inducción y de la experiencia como base de toda filosofía y medio principal en las ciencias de la naturaleza, y de la deducción y el silogismo para ordenar los tratados, pero, sobre todo, Alberto Magno da preeminencia a la comprobación por experiencia repetitivas como criterio de verdad, En efecto, afirma Llanos: "Según Alberto en las ciencias la verdad no puede obtenerse sino por experiencias repetidas; sigue en esto los precedentes del empirismo aristotélico y su convicción de que la experiencia es el criterio de verdad en toda afirmación concerniente a lo contingente y particular".¹⁰⁶

¹⁰⁵ BEL TRÁN PEÑA Y SANZ ADRADOS, Op. cit., p. 236.

¹⁰⁶ LLANOS, Op. cit., p. 88.

Claro que es de suponer que en su época el método experimental no pasaba de ser un procedimiento de observación atenta y profunda de la naturaleza, de ahí que no sería adecuado imaginar a Alberto Magno como un científico moderno, en su laboratorio rodeado de instrumentos de alta precisión. Sin embargo, es muy probable que habría recurrido a alguna forma de experimentación, si no cómo se explica la precisión en algunas de sus conclusiones y realizaciones, como en la Química en la producción de potasa cáustica y obtención de ácido fórmico, además de la descripción acertada de la composición química de varios elementos como el estroncio y el cinabrio. Seguramente, con conocimiento de causa Alberto Magno expresó con frecuencia en sus numerosas obras de ciencias naturales que lo principal para establecer la verdad en la ciencia era el experimento.

Además, se sabe que Alberto Magno también incursionó en la mecánica, ya que algunos de sus biógrafos lo presentan como precursor de la automatización o robótica. En efecto, se cuenta una anécdota acaecida con su discípulo, el joven Tomás de Aquino, quien estando recién llegado al convento donde residía Alberto Magno, en París, y estando encargado el joven fraile de los menesteres domésticos al entrar a la celda del maestro, activó por casualidad, un mecanismo que hizo que le saliera al encuentro un extraño artefacto, un individuo mecánico y metálico, al que Tomás, convencido de que se trataba de un ser "diabólico", lo recibió a palos de escoba. Luego, llegó Alberto y al ver lo que había hecho su atribulado discípulo, comprendiendo su ingenuidad lo disculpó haciéndole saber que había destruido el producto de 20 años de investigación. En este episodio, contado por uno de los biógrafos de Alberto Magno, el padre Alberto Cárdenas, se resalta, sin duda, el carácter científico del método albertino, pues por simple que sea un mecanismo tal requiere de continuas pruebas y experimentaciones.

De todas maneras, no se puede desconocer el carácter científico de este hombre extraordinario de la Edad Media. Su dedicación al campo de las ciencias naturales le causó problemas inclusive después de muerto, ya que mientras Tomás de Aquino fallecido seis años antes que Alberto Magno, en 1274, a la temprana edad de 46 años, fue canonizado a los dos años de muerto, en cambio, Alberto Magno fallecido hacia 1280, tenía una edad entre 75 y 80 años, no recibió el reconocimiento de los altares sino unos trescientos años después, por el único obstáculo de haber dejado una voluminosa obra dedicada al conocimiento científico.

2.1.3 Francisco Bacon.

Casi contemporáneo de Galileo, Francisco Bacon nació en Londres en 1561 y murió en la misma ciudad en 1626. Es considerado por los enciclopedistas del siglo XVIII como el padre de la ciencia moderna, por la teorización del método experimental. Bacon hizo tres años de estudios humanísticos en el Trinity

College y luego asistió a la escuela de Derecho Gray's Inn, donde él mismo trabajó en la enseñanza a partir de 1586.

Consideró siempre la filosofía de Aristóteles adecuada solamente para mantener discusiones estériles; de ahí su propósito, desde sus primeras obras, de sustituir el método deductivo por un nuevo método basado en la observación, la experiencia y la inducción.

Esto lo expone en su famosa obra: "Novum Organum" o "Nueva Lógica", en contraposición al "viejo " Organon o Lógica de Aristóteles, en que básicamente propone una nueva metodología en dos grandes momentos: **el momento negativo**, mediante el cual se trata de eliminar todas las causas del error, que Bacon denomina los **ídolos**, que en sí son los prejuicios o preconcepciones que obstruyen el conocimiento verdadero y que comprende: la debilidad humana, la apariencia, influencias culturales, presiones, apasionamientos y fanatismos. El segundo momento, llamado **positivo**, en el que se busca depurar con exactitud los fenómenos que se observan: las circunstancias que acompañan a los hechos cuando éstos suceden y variación que experimentan cuando se cambian las circunstancias o condiciones.

Sin embargo, algunos autores como Maurice de Gandillac, consideran que los honores atribuidos a Bacon son más el producto de una injustificada admiración, por cuanto en realidad "apenas inventó nada" y, además, llamando al hombre "ministro de la Naturaleza" sostiene que no puede interpretarla sino observándola. Es decir, hay momentos en que Bacon cae en los mismos errores que combate, sobre todo porque desconoce los logros y avances de Copérnico y de su contemporáneo Galileo, y en realidad llega a conclusiones sin una investigación de medida concreta, como al respecto asegura Gandillac:

Allí [en la Nueva Lógica], Bacon define al hombre como "ministro de la Naturaleza", el cual, sin embargo, no puede interpretarla más que observándola. Bacon señala el fracaso no sólo de los "magos" y de los, "alquimistas", sino también de los "mecánicos" y de los "matemáticos" (en realidad Telesio es para él el primero de los modernos, y se interesa poco por Copérnico y Galileo; cuando él mismo describe el calor como un "movimiento" de expansión, lo hace sin investigación alguna de medida concreta), y juzga "demente" esperar algo, sea lo que sea, de los métodos "hasta el presente intentados".¹⁰⁷

De pronto quizá estemos frente a otro caso de pretensiones similares a las protagonizadas en varias circunstancias por Galileo, porque Bacon fue un beneficiado de los halagos y honores brindados por el monarca Jacobo I, que con dos títulos nobiliarios le aseguraron un bienestar confortable, con vastas propiedades y muchos criados. No obstante, sería injusto desconocer siquiera

¹⁰⁷ GANDILLAC, Op. cit., p. 321.

sus planteamientos consignados en varias de sus obras, porque Bacon escribió sobre diversos temas, morales, espirituales y filosóficos. En su "Sobre la dignidad", el mundo es llamado "obra" y no "imagen" de Dios, describiendo una especie de- "teología natural". En 1597 publica sus "Ensayos: Moral, económico y político", tras haber sido privado de su cargo de abogado general en 1593 por oponerse como diputado en los Comunes a los impuestos reclamados por la reina. En 1605 escribe Y publica "Sobre el progreso y avance de las ciencias" y en 1607 "Pensamientos y concepciones sobre la interpretación de la Naturaleza". En este último libro Bacon hace referencia a la alquimia, pero asumida desde un método muy distinto para someter a la naturaleza, "mandar a la naturaleza obedeciéndola". Con estas obras Bacon recibe el reconocimiento y es rodeado de honores.

En ese mismo año, 1607, escribe la "Refutación de las filosofías" y en 1609 un breve tratado sobre "La sabiduría de los antiguos"; en 1620 se consolida su fama con la aparición de "Nuevo Órgano" que lo hace ver ante sus conciudadanos como un nuevo Aristóteles. Hacia 1621 el fin llega a Bacon, teniendo el título de lord, es acusado en los Comunes de aceptar sobornos, por lo cual es destituido de sus funciones y encarcelado durante algún tiempo en la Torre de Londres y posteriormente es desterrado. Tras algunos años de destierro pudo regresar a Londres, donde se refugió en la primera mansión, en Gray's Inn. Allí escribió su último libro: "Gran Instauration", es 1625, para finalmente, ayudado por algunos de sus secretarios, entre los que figura Thomas Hobbes tradujo al latín su "Sobre el progreso y avance de las ciencias", y fallece el 1º de abril de 1626.

Aunque se afirma que la mayoría de las "experiencias" baconianas no pasaban de ser meras alusiones "folletinescas" e imaginarias que no cruzan el lindero de la teoría para adquirir una realidad práctica, no se puede negar que así sea. Algunas de sus sugerencias son muy prácticas sobre todo en lo tocante al procedimiento de hacer investigación y desarrollar un conocimiento científico. Que si Bacon se quedó en el plano teórico, es una conjetura, pero lo cierto es que para la posteridad la obra de Bacon se revistió de vigencia por su carácter de factibilidad. Basta citar algunos apartes de su "Nuevo Órgano" para verificar la actitud cognoscitiva y científica de Bacon:

Ni la mano por sí sola ni el entendimiento entregado a sus propias fuerzas tienen poder. Toda obra se realiza con instrumentos y recursos auxiliares, de los cuales está necesitado no menos el entendimiento que la mano misma.

Los descubrimientos que hasta ahora se han efectuado en el campo de la Ciencia, son de tal índole que dependen casi enteramente de los conceptos vulgares. Más para penetrar en regiones más profundas y extensas de la Naturaleza, es necesario que tanto los conceptos como

los axiomas sean abstraídos de las cosas por un método más firme y seguro y que el trabajo del intelecto sea mejor y más certero.

Los principios que hoy se manejan dimanar de una experiencia superficial y vulgar y de unos cuantos casos particulares ofrecidos al azar... Y así nada tiene de extraño el hecho de que no pueden conducir a la revelación de nuevos casos particulares. Pero si por casualidad sucede que un hecho anteriormente inadvertido o desconocido presenta una nueva exigencia, entonces se trata de salvar el Principio aduciendo algún frívolo "distingo" en lugar de corregir el error a tenor de la verdad.

La formación de nociones y principios por medio de la verdadera **inducción** es, sin duda, el remedio adecuado para alejar y destruir los **ídolos** [prejuicios y preconceptos que obstruyen el conocimiento].¹⁰⁸

2.1.4 Giordano Bruno.

Nacido en Nola, cerca de Nápoles (Italia) en 1548, Felipe Bruno, quien al ingresar a la comunidad de Padres Dominicos en Nápoles en 1565 toma el nombre de Giordano, desde muy temprano se granjeó un malentendido con las autoridades eclesiásticas, por cuanto en sus enseñanzas y escritos interpreta a los Padres y a los Papas, a la luz de ideas erasmianas (de Erasmo de Rotterdam) que son consideradas fuera de la ortodoxia católica y más cercanas a la teología luterana. Además, sostiene que los concilios entendieron mal las tesis de Arrio acerca de la relación del Hijo con el Padre (Arrio es un hereje de los siglos III y IV que negaba la divinidad de Jesucristo).

Para escapar a las consecuencias de un proceso que se urde contra él, huye en 1576, abandonando el hábito dominico, pasa algunos meses en Roma, llega luego a Saboya y en 1579 a la región del calvinismo [Ginebra, Suiza]. El Consistorio cardenalicio desconfía de Bruno y lo hace encarcelar y al poco tiempo es liberado con fuertes advertencias. En Toulouse se dedica a comentar el texto de Aristóteles "Sobre el alma" y a enseñar astronomía.

Las guerras de religión (entre católicos y protestantes) hacen que Bruno sea arrojado de Toulouse y pasa a París, donde es bien acogido por el rey Enrique III, quien crea para él una cátedra especial. En 1582 publica una comedia: "El candelero" y muchos tratados de "Mnemotecnia" (o el arte de la memoria) y ciento veinte artículos "Sobre la naturaleza y el mundo" dirigidos contra los peripatéticos o seguidores de Aristóteles. Pasa luego dos años en Inglaterra donde publica: "La cena de le ceneri" ("La cena del miércoles de ceniza"), "De la causa, del principio y de lo uno", "Del universo infinito y de los mundos", "Expulsión de la bestia triunfante", "Cábala del caballo Pegaso". Regresa luego a Italia donde, quizá imprudentemente, pretende que la Santa Inquisición sea

¹⁰⁸ BACON, citado por BELTRAN PEÑA y SANZ ADRADOS, Op, cit., p. 386-391.

tolerante con él, siendo que había producido serias heridas a la doctrina cristiana católica.

Bruno escribió muchas obras más, pero para considerar su posición filosófica y respecto a la concepción del universo bastan las mencionadas. Había alcanzado gloria con sus estudios sobre la memoria, considerándose fundador del arte de memorizar o Mnemotecnia en que hace unas interesantes incursiones en el campo de la psicología, proponiendo técnicas para cultivar y desarrollar la memoria, incluyendo aspectos que hoy llamaríamos de "lectura rápida" y "asociación de ideas". Sus planteamientos llamaron tanto la atención que inclusive el Papa Pío V (1566-1572) se sintió seducido y le pidió a Bruno que le enseñara tales técnicas, a pesar de que sus formulaciones se hallan ya impregnadas del hermetismo egipcio, propiamente relacionadas con el Tarot que es un esquema simbólico de las energías del ser humano. Era el año 1571, antes de recibir la ordenación sacerdotal y unos cinco años antes de darse su ruptura con la Iglesia e iniciarse la larga persecución en su contra.

No obstante, lo que aquí interesa es su posición respecto al conocimiento del mundo, en que Giordano Bruno se declara partidario del sistema heliocéntrico de Copérnico, aunque hace algunas reparaciones aduciendo que el autor polaco no comprendió el fondo mismo de la estructura del universo; esto, debido a que, como afirma la autora Francés A. Yates, había acogido al igual que no pocos renacentistas (Ficino, Pico de la Mirándola) las doctrinas herméticas procedentes del antiguo Egipto a través de una obra "Asclepius" atribuida a un sabio egipcio llamado Hermes Trismegisto (que unos asimilan al dios "Toth"). Al dar prelación a tales doctrinas sobre el cristianismo y plantear un sincretismo mágico-religioso, Bruno se hizo a enemigos intransigentes en el clero romano. Al respecto, afirma Yates:

El extraordinario prestigio de la hermética en el Renacimiento fue alentado por la creencia de que había escritos de Hermes Trismegisto, un sabio egipcio que predijo el cristianismo y cuya sabiduría había inspirado a Platón y a los platónicos (...) Los magos cristianos, como Ficino y Pico de la Mirandola, mostraron alguna precaución en su abordamiento de los pasajes mágicos del *Asclepius* hermético... Esas precauciones fueron abandonadas en gran parte por el mago Cornelio Agrippa y del todo por Bruno, que adoptó la posición de que la religión mágica hermética era la verdadera religión, la religión de la naturaleza en contacto con sus poderes.¹⁰⁹

En Oxford dictó unas charlas cosmológicas, basadas en un texto de Ficino ("De vita coelitus comparanda" o "Sobre la representación de la vida del cielo"), en que se muestra adepto al copernicanismo. Pero es en "La cena del miércoles

¹⁰⁹ YATES, Francés A. Renacimiento y reforma: La contribución italiana. México: Fondo de Cultura Económica.

de ceniza" donde Bruno enmarca en una discusión sobre una cena la discusión entre la teoría heliocéntrica de Copérnico y los doctores neoaristotélicos de Oxford, lo cual levanta no pocas controversias. En "Del universo infinito y de los mundos", fundándose en la obra de Lucrecio: "Rerum natura" Bruno describe su visión del espacio infinito y los innumerables mundos habitados.

Indudablemente, la formulación de la existencia de otros mundos habitados, hizo que la Santa Sede mirara con recelo y mucha prevención a Bruno quien, además, en sus argumentaciones ya fueran filosóficas o cosmológicas introducía la defensa de la antigua religiosidad egipcia, la magia, aparte de que era defensor de la teoría copernicana cuestionada por las autoridades eclesiásticas con base en la oposición de los peripatéticos. Claro que es oportuno señalar que el heliocentrismo de Bruno se diferencia del propuesto por Copérnico en que es más especulativo, dado que Bruno le impregna en todo su sistema de ideas los presupuestos herméticos, mágicos y ocultistas de la cultura egipcia.

En efecto, en primer lugar Bruno discrepa de Copérnico por hacer una demostración sólo "matemática" del heliocentrismo, y califica a Copérnico de "mero matemático", porque abiertamente el Nolano mostraba desprecio por la matemática y los matemáticos; en cambio, él explicaba el heliocentrismo desde ángulos animistas y mágicos, afirmando que la teoría de Copérnico lo que hizo fue validar la filosofía egipcia, como al respecto sostiene Yates:

En "La cena de le ceneri", donde describe a Copérnico como "meramente un matemático" que no ha visto el verdadero significado de su descubrimiento como él, Bruno, lo ha visto (...) La opinión de Copérnico, para él [Bruno], había confirmado la filosofía "egipcia" de la animación universal Así, la aceptación por Bruno del heliocentrismo copernicano no descansaba en los argumentos matemáticos de Copérnico. Por el contrario, Copérnico, "mero matemático", merecía su desprecio como una persona superficial que no había entendido el verdadero significado de su descubrimiento. Bruno estaba siempre "contra" los matemáticos. Aunque estaba hasta cierto punto familiarizado con las bases científicas de la teoría copernicana, no era sobre bases matemáticas sobre las que Bruno defendía el copernicanismo contra los aristotélicos reaccionarios, sino sobre bases animistas y mágicas.¹¹⁰

Para confirmar lo afirmado, Yates remite a la mencionada obra, "La cena del miércoles de ceniza", concebida en forma de diálogos, en uno de cuyos pasajes Bruno recurre a presupuestos herméticos de Trismegisto para explicar el por qué la Tierra gira alrededor del Sol, configurándose la respuesta de unos de los

¹¹⁰ Ibid., p.189.

personajes con una cita literal del texto del sabio egipcio, según refiere Francés Yates:

Cuando uno de los personajes de esos diálogos ["La cena de le ceneri"] pregunta cuál es la causa del movimiento de la Tierra alrededor del Sol, la respuesta es una cita literal del Corpus Hermeticum XII, donde Hermes Trismegisto explica que la energía de la vida es el movimiento y que por consiguiente nada en el universo está inmóvil, ni siquiera la Tierra. Bruno aplica esas palabras como explicación de la causa del movimiento de la Tierra alrededor del Sol.¹¹¹

La inclusión de Giordano Bruno en esta galería de antecesores de Galileo en la construcción del método científico, obedece no a que el Nolano hubiese hecho aportes claros y contundentes al conocimiento científico, sino a que, por un lado, fue uno de los defensores de la teoría heliocéntrica de Copérnico, aunque lo hiciera desde su ángulo metafísico y hermético, pero de todas maneras contribuyó a que el mundo de entonces se fijara en la nueva visión del universo agregando, además, la teoría de la existencia de otros mundos no sólo habitables sino habitados por otros seres vivos; y en segundo lugar, Bruno tuvo que vivir como Galileo el enfrentamiento y la persecución de la Iglesia por profesar ideas contrarias a la ortodoxia cristiana padeciendo, inclusive, el proceso inquisitorial en toda su dureza.

En efecto, entre Giordano Bruno y Galileo se da una convergencia de vicisitudes experimentadas en su confrontación con la ideología cristiana dominante en ese tiempo, pero el Nolano era mucho más radical que el Pisano, y mientras Galileo se retractó al final, al menos en el proceso, Bruno que al principio se había retractado al final se negó a confirmar su abjuración a sus ideas, lo cual le significó que fuera condenado a morir en la hoguera, tildado de brujo, mago y hereje, hecho que tuvo lugar el año 1600, cuando Galileo contaba con 36 años de edad. Después de Inglaterra Bruno se encuentra en París y luego en Alemania (Frankfort), en 1591 regresó a Italia por invitación de un noble veneciano (Mocenigo) para enseñarle su arte mnemotécnico. Yates expresa la incomprensión por tal decisión, o mejor, por "el atrevimiento" de Bruno de ponerse al alcance de las autoridades inquisitoriales. El desastre no se deja esperar:

Es extraño que alguien que había afirmado en sus obras publicadas que Cristo era un mago y que la religión mágica de los egipcios era mejor que el cristianismo sintiera que podía ponerse impunemente al alcance de la Inquisición (...) Fue detenido en Venecia y arrojado a las prisiones de la Inquisición. Al final del proceso de Venecia se retractó de sus herejías, pero fue enviado a Roma para someterse a otro proceso.¹¹²

¹¹¹ Ibid.

¹¹² Ibid. p. 185-186.

Es de suponer que Giordano Bruno fue sometido a incontables torturas que, sin duda, lo obligaron a retractarse, pues la Inquisición no lo tuvo en sus manos como a Galileo en su ancianidad, sino en plena madurez, tenía apenas 43 años cuando el Santo Oficio le echó mano en Venecia y al ser deportado en extradición y llevado a Roma, desde los 44 años soporta el largo proceso de siete años lleno de torturas, para morir quemado vivo a la edad de 52 años. En este tipo de muerte se mira la saña con que obraron los inquisidores, porque se solía hacer morir a los condenados en prisión y quemar sus cuerpos delante de la gente, pero si se trataba de brujos o magos y herejes recalcitrantes que representaban gran peligro para la fe de los cristianos, como escarmiento se les quemaba vivos. Tales sucesos padecidos por Bruno son referidos así por Maurice de Gandillac:

[En 1591] acepta imprudentemente confiarse a la tradicional tolerancia veneciana y atraviesa nuevamente los Alpes para enseñar los secretos de su arte Mnemotécnico al rico patricio Mocenigo, quien muy pronto lo denunciará a la Inquisición. Ante sus jueces venecianos permanece sosegado, explica libremente sus posiciones, piensa escapar del asunto con algunos lamentos y unos arreglos de forma, y propone incluso dedicar al Papa (Clemente VIII] su último libro. Pero Roma exige la extradición del prisionero; comienza entonces un proceso de siete años, abundante en torturas, cuyos autos originales se han perdido. Bruno tuvo sus horas de debilidad, pero en el otoño de 1599 se recupera plenamente, rechaza las retractaciones, las únicas que le habrían salvado la vida, y se muestra tan obstinado", tan "pertinaz en el error" (a la vez teológico y cosmológico ya que no se separaban los dos dominios) que en lugar de hacerle morir en prisión para quemarlo en efigie (así se sería hacer cada vez más), se lo entrega vivo a las llamas de la hoguera el 8 de febrero de 1600 en el Campo de las Flores.¹¹³

Es de anotar que en la posición sincrética de Giordano Bruno, se encuentra una anticipación al espíritu contemporáneo del llamado movimiento filosófico de la postmodernidad, por cuanto en la actualidad desde los años 60 o 70 del siglo XX se propende por la conjugación integral de los distintos discursos del saber, y es así como en el presente, en actitud interdisciplinaria y de la pluralidad discursiva se fusionan ciencia, magia y religión dentro de los presupuestos de un esoterismo o renovación de ciencias "ocultas", con ingredientes de la cábala hebrea y de la sabiduría egipcia, como en su tiempo lo asumiera Bruno; inclusive hoy como en el tiempo del Nolano, se hace énfasis en la habitabilidad de otros mundos y en la vida extraterrestre, y ya se han descubierto gran cantidad de planetas alrededor de otras estrellas o sistemas solares diferentes.

¹¹³ GANDILLAC, Op. cit., p. 306.

2.1.5 Nicolás Copérnico un Revolucionario de los Astros.

Nacido en Thorn, Polonia, el 19 de febrero de 1473 y fallecido en Frauenburg el 24 de mayo de 1543, este clérigo que dedicó muchos de sus setenta años de existencia al estudio del universo y a la comprobación matemática de la estructura heliocéntrica del sistema planetario a que pertenece la Tierra, tiene el honor de haber generado con su obra "De la revolución de los cuerpos celestes" una verdadera revolución en el conocimiento humano, en el conocimiento científico, siendo el hito definitivo del "segundo despertar" de la humanidad en las ciencias, ya que el primero lo habían protagonizado los científicos jonios hace 2.500 años, sacando al hombre del letargo crédulo de un universo movido como marioneta por hilos manejados por los dioses.

Nicolai Kopernik, que era su nombre en polaco, había nacido del matrimonio de Johann Kopernik y Bárbara Watzelrode, quedó huérfano de padre cuando apenas contaba con diez años de edad. La madre confió la educación de su hijo a sus dos hermanos: Telmo de Al/en, magistrado de Thorn, y Lucas Watzelrode, canónigo que llegaría a ser obispo de Ermeland. El adolescente era despierto e inquieto; Nicolás aprendió latín y griego que destacó por el estudio de los clásicos. Viajó a Cracovia, en cuya universidad estudió filosofía y medicina (siendo ésta, la medicina, una veta semejante a la de Galileo en sus comienzos). Pero fueron las lecciones de matemáticas y astronomía de Doménico de Novara las que pusieron un sello definitivo a su destino. A los 23 años hizo su primer viaje a Bolonia, en donde estudió leyes, mientras su tío Lucas obtenía para su sobrino una canonjía o designación de un cargo como director de una parroquia en Frauenburg. Viaja de nuevo, esta vez a Roma y Padua, donde perfecciona sus conocimientos de matemáticas, leyes y medicina. Como Galileo leyó profusamente a Aristóteles, Platón, Plutarco, Ovidio, Virgilio, Euclides, Arquímedes y Cicerón. Así, versado en la literatura y la ciencia regresó a su patria en 1506, con el nombre latinizado, Nicolaus Copernicus a asumir sus obligaciones de canónigo en Frauenburg.

Copérnico, que era un infatigable coleccionador de libros, era un gran admirador de Tolomeo, siendo una de las obras que más minuciosamente estudió precisamente el "Almagesto", la obra de Tolomeo, hasta el punto que su libro "Sobre la revolución de los cuerpos celestes" tiene la apariencia de una imitación del Almagesto, según afirma Timothy Ferris, quien apunta que Copérnico admiraba a Tolomeo como astrónomo:

Grande era su admiración por Tolomeo, y lo admiraba como un astrónomo totalmente profesional, con grandes conocimientos matemáticos y dedicados a adecuar su modelo cosmológico a los fenómenos observados. En verdad, De *revolutionibus* (*Sobre las revoluciones...*), el libro que pondría la Tierra en movimiento alrededor

del Sol y provocaría el derrumbe de Tolomeo, por lo demás sólo parece una continua imitación del Almagesto de Tolomeo.¹¹⁴

Sin embargo, parece que al proponer su teoría heliocéntrica Copérnico tenía la finalidad de corregir algunas inexactitudes del modelo tolemaico, porque tal vez en su madurez (o quizá en su juventud) se percató de que el sistema del astrónomo griego no era del todo satisfactorio. Posiblemente en su exaltación del Sol como centro del universo incidió la influencia que en Copérnico tenía el culto neoplatónico del Sol, muy en boga en el Renacimiento, según demuestra Ferris:

Copérnico fue influido también por el culto neoplatónico del Sol. Esta era una idea popular en la época -hasta Cristo era modelado por los pintores del Renacimiento sobre bustos de Apolo, el dios solar- (...) En *De revolutionibus* invoca la autoridad nada menos que de Hermes Trismegisto, una figura fantástica de la astrología y la alquimia que se había convertido en el santo patrón de los nuevos adoradores del Sol: Trismegisto llama al Sol un "dios visible", y la Electra de Sófocles, "el que contempla todas las cosas". Cita la declaración del místico neoplatónico Marsilio Ficino de que "el Sol puede significar Dios mismo para ti, y ¿quién osaría decir que el Sol es falso?"¹¹⁵

En esta tónica, Copérnico va mostrando su predilección del Sol como el cuerpo celeste que, por asemejarse a Dios también, obviamente cumplirá como Aquél las funciones de gobernante del universo, según consta en su libro en un texto citado por Ferris:

Finalmente -agrega Ferris-, Copérnico intenta elaborar un himno solar propio:

*En este bellissimo templo, ¿quién pondría esta lámpara en una posición diferente o mejor que aquella desde la cual puede iluminar todas las cosas al mismo tiempo? Pues no sin razón llaman algunos al Sol el faro del universo, otros su mente y otros aun su gobernante.*¹¹⁶

Siguiendo a Ferris parece, sin embargo, que una vez terminado su modelo completo del universo basado en la hipótesis heliocéntrica, que luego expondría en su libro, Copérnico encontró que tal modelo no llenaba las satisfacciones investigativas más que el modelo tolemaico. Pero ello se debió principalmente a que Copérnico seguía los postulados no sólo de Aristóteles sino también de Platón y Eudoxo, según los cuales se tenía la esfera y el círculo como las figuras y formas geométricas "más perfectas" y, como tal, creía que los planetas

¹¹⁴ FERRIS, Op. cit., p. 51.

¹¹⁵ Ibid. p. 53.

¹¹⁶ Ibid.

en su girar alrededor del Sol lo harían configurando órbitas circulares a velocidades constantes. Claro, casi un siglo después llegaría quien corregiría tal suposición, Kepler, demostrando que las órbitas planetarias son elípticas aunque, como se verá oportunamente, también Kepler suponía inicialmente que las órbitas deberían ser circunferencias. Entre tanto, desde una torre de la catedral de Frauenburg, Copérnico llevaba a cabo sus esporádicas observaciones astronómicas, tratando, infructuosamente de perfeccionar su teoría heliocéntrica que había bosquejado cuando aún era joven.

Posiblemente dicha incongruencia de su teoría heliocéntrica con la evidencia del movimiento de los planetas que no concordaban con la circularidad de sus órbitas, hizo que Copérnico mantuviera guardado su manuscrito durante varios años, incluso décadas. Un primer esbozo de su teoría, escrito a mano, hizo circular Copérnico entre sus amigos y de manera clandestina, lo había llamado "El ballet de los planetas", que despertó enorme interés entre los sabios, pero no publicó nada de él. Solamente mucho después, cuando Copérnico era ya viejo, decidió publicar su teoría, y eso por instancias de su discípulo Joaquín Rhetieus.

En efecto, hacia 1530 Copérnico había terminado la redacción de su extraordinaria obra acerca de la teoría planetaria heliocéntrica, constaba de unos 196 folios, pero los escrúpulos religiosos le obligaron a mantenerla en reserva durante trece años. Claro, el astrónomo y cura polaco tenía razón de sus prevenciones, tenía motivos para temer la censura de las autoridades religiosas no sólo del catolicismo sino también de los reformistas protestantes que estaban en su apogeo. En la Navidad de 1542 Copérnico sufrió un ataque de apoplejía que lo dejó semiparalizado. Su discípulo Joaquín Rhetieus, matemático de Wittemberg, que enteramente emocionado por la magna obra continuamente le instaba a que la publicara, logró por fin convencerlo, y estando Copérnico en su lecho de enfermo le informó de la pronta publicación del libro, que había sido encomendada a impresores de Núremberg, con la anuencia de su autor claro está.

Cinco meses más tarde, en mayo de 1543, estando ya agonizante, Copérnico recibió en sus flácidas manos de las de su discípulo un ejemplar del libro destinado a renovar la concepción del universo. La obra constaba de seis libros o partes, siendo la más importante la primera, en que explica la teoría heliocéntrica. En los tres primeros capítulos de ese primer libro Copérnico demuestra la esfericidad de la Tierra, y en los capítulos cuarto al octavo, relaciona el movimiento de la esfera celeste con la rotación de la Tierra alrededor de su eje en el período de 24 horas. Y hay algo muy interesante en el capítulo noveno, se plantea el germen de la Gravitación Universal, y en el décimo analiza el movimiento de Venus y Mercurio en torno al Sol.

El segundo libro es un tratado de Geometría del espacio y Trigonometría. El tercero está dedicado al movimiento de traslación de la Tierra. El cuarto trata de la Luna. El quinto libro habla de los movimientos de los cinco planetas conocidos en ese entonces (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno). y el sexto y último libro se refiere a las latitudes.

La trascendencia de esa obra "De la revolución de los cuerpos celestes" era enorme, estaba llamada a producir el trompetazo que despertaría a la humanidad de los 1500 años de letargo respecto a la explicación de un universo geocéntrico y, Copérnico tenía sobrados motivos para haber tenido sus prevenciones en publicarla, él sabía perfectamente de la controversia que se levantaría en los círculos científicos y en las esferas del poder religioso. De ahí que se explica el por qué el teólogo luterano Andreas Osiander, quien era el editor del libro, considerase prudente escribir un prefacio en nombre y representación de Copérnico, con el sólo fin de calmar los ánimos. Después de dedicar la obra al Papa Paulo III, Osiander ponía en boca de Copérnico la siguiente afirmación:

No dudo que tan pronto se conozca este escrito sobre los movimientos de la Tierra, se levantará una gran polvareda. Por este motivo, y por temor de que a causa de la novedad y del aparente absurdo de mis doctrinas, se me convierta en objeto de risa y vilipendio, estuve a punto de renunciar a mi empresa.¹¹⁷

Además, según Gamow, en dicho prefacio Osiander "declaraba que todas las ideas expresadas en [el libro] eran de carácter puramente hipotético y representaban más bien un ejercicio matemático que una descripción de las cosas reales".¹¹⁸ De su parte, Timothy Ferris pone en evidencia la repulsa de los cristianos tanto católicos como protestantes a aceptar la teoría heliocéntrica, justificando el por qué el prologuista Osiander juzgó necesario hacer unas aclaraciones que sosegaran la emotividad de los lectores:

La amenaza de la reprobación papal era suficientemente real como para que el teólogo luterano Andreas Osiander juzgase prudente apaciguar las aguas escribiendo un prefacio no firmado al libro de Copérnico, como si hubiese sido escrito por el mismo Copérnico agonizante, donde tranquilizaba a los lectores diciendo que la revelación divina era la única fuente de verdad y que los tratados astronómicos como este sólo pretendían "salvar los fenómenos". Tampoco los protestantes eran más propensos a aceptar la doctrina heliocéntrica. "¿Quién se aventurará a poner la autoridad de Copérnico por encima de la del Espíritu Santo?", tronaba Calvino, y Martín Lutero se quejaba, en su estilo locuaz, de que

¹¹⁷ CIMPEC, Op. cit., p. 32. 118.

¹¹⁸ GAMOW, Op, cit., p. 32.

"este loco quiere alterar toda la ciencia de la astronomía, pero la Sagrada Escritura nos dice que Josué ordenó detenerse al Sol, y no a la Tierra".¹¹⁹

Y efectivamente, como lo temían no sólo Lutero y los eclesiásticos católicos fundados en la Biblia, sino también los neoplatónicos, Copérnico a través de su libro y su doctrina alteró toda la ciencia de la astronomía, confiriéndole al hombre una nueva visión del mundo y del universo. Pocos días después de su publicación Copérnico fallecía a la edad de setenta años.

Nicolás Copérnico es el más inmediato antecedente no sólo de Galileo en su concepción del universo, sino en la actitud de hacer ciencia, superando la simple percepción sensorial y apoyando los postulados en demostraciones matemáticas fehacientes. Por tanto, no cabe duda y es justo hacerlo, que Copérnico sea mencionado entre los fundadores del método científico y, por supuesto, de la ciencia moderna, ya que dejaba sentadas unas bases sólidas de cómo explicar científicamente los fenómenos materiales y el comportamiento del universo, actitud que sería refrendada y consolidada casi cien años después por Galileo Galilei con sus observaciones y demostraciones respecto a la estructura heliocéntrica del sistema planetario. No importa que la teoría de Copérnico tuviese sus deficiencias, de las que era consciente el astrónomo polaco, porque precisamente en base a una actitud científica vendrían otros personajes después que reevaluarían algunos aspectos y consideraciones copernicanas, detectarían los errores y los superarían mediante la corrección de observaciones y demostraciones.

2.1.6 Tycho Brahe y Johannes Kepler

Estos dos astrónomos, que ya vivieron en el tiempo de Galileo, no serían propiamente antecedentes históricos ni de Galileo ni del método científico, precisamente porque como contemporáneos del Pisano a veces simultáneo y paralelamente realizaban sus investigaciones, llegando por sus propios caminos al procedimiento metódico de la ciencia. Es decir, ellos al igual que Galileo aportaron a la construcción de la ciencia como una esfera específica del saber humano dotada de sus propias herramientas metodológicas. Esta es la razón de su inclusión en esta parte del trabajo que, además, será rápida porque cada uno de estos dos personajes amerita a que se haga densos estudios como el del mismo Galileo.

Tycho Brahe nacido y fallecido en Dinamarca (1546-1601), de noble familia, trabajó bajo la protección de Federico 11 de Dinamarca y, en Praga, bajo la del emperador Rodolfo II. Hizo observaciones muy numerosas y exactas que luego utilizaría Kepler. Es reconocido por Ferris como "el más grande observador

¹¹⁹ FERRIS, Op. cit., p. 55.

astronómico del cielo del siglo XVI".¹²⁰ Mientras que Sagan afirma: "Había entonces un solo hombre en el mundo que tenía acceso a observaciones más exactas de las posiciones planetarias aparentes... Ese hombre era Tycho Brahe".¹²¹

Fue uno de los científicos de su tiempo que demostró los errores de Aristóteles respecto al comportamiento de los cuerpos celestes. En efecto, mientras Aristóteles había afirmado que nada que estuviera más allá de la Luna podía cambiar, Brahe observó el brillante cometa de 1577 y halló pruebas de que la explicación aristotélica estaba equivocada, pues el astrónomo se dedicó a hacer observaciones y cálculos matemáticos sobre el cometa, hizo la triangulación del cometa estableciendo su posición noche tras noche, y comparando sus datos con los de otros observadores en otros lugares de Europa y en la mismas fechas, constató que el cometa registraba posiciones diferentes pero los datos de los distintos observadores eran los mismos, lo cual significaba que el cometa se encontraba más allá de la Luna, porque de haber sido lo contrario se hubiera detectado una diferencia en la posición sobre el fondo celeste.

Cinco años antes, localizó la supernova de 1572, y pudo darse cuenta que esa "estrella" que "nunca antes ha brillado en ese lugar" durante meses no cambiaba de posición, "desde hace varios meses no ha avanzado por su propio movimiento ni un solo minuto del lugar en que la vi por primera vez", afirmaba luego lleno de sorpresa.¹²² Concluyó, entonces, que esa estrella que brillaba de manera impresionante no podía estar bajo la Luna o dentro de las órbitas planetarias sino mucho más allá, en los ámbitos de las estrellas fijas, según sus propias palabras citadas por Ferris: "Por consiguiente, esta nueva estrella no está situada... debajo de la Luna ni en las órbitas de las siete estrellas errantes, sino en la octava esfera, entre las otras estrellas fijas".¹²³

Sin embargo, Tycho Brahe no era un defensor de la teoría copernicana, sino un ferviente seguidor del geocentrismo de Tolomeo, por cuanto había sido por su influencia que se había despertado en él su pasión por la astronomía. Tenía 13 años cuando el 21 de agosto de 1560 observó un eclipse parcial de Sol que había sido predicho por los astrónomos de entonces consultando las tablas tolemaicas. Eso le pareció, sencillamente "algo divino", que los hombres pudiesen conocer los movimientos de las estrellas con exactitud y prever con mucha antelación sus lugares y posiciones relativas. No obstante, cuando Tycho comenzó a hacer sus propias observaciones, se dio cuenta de la

¹²⁰ Ibid., p. 57.

¹²¹ SAGAN, Op. cit., p. 57.

¹²² FERRIS, Op. cit., p. 58.

¹²³ Ibid.

inexactitud de las predicciones de Tolomeo. Tal el caso de la observación de la conjunción de Saturno y Júpiter el 24 de agosto de 1563, encontrando que el momento de mayor acercamiento de los dos planetas brillantes se produjo con varios días de diferencia respecto a las predicciones de las tablas de Tolomeo. De todas maneras, dicha experiencia le inspiró a dedicarse por el resto de su vida a la observación de las estrellas, como un verdadero apasionado por la exactitud y precisión.

Claro que, como sostiene Ferris, la tarea de compilar datos más exactos y precisos requería de un equipo moderno, que Tycho pudo conseguir gracias a ser un hombre rico, gracias a que el rey Federico " de Dinamarca, en agradecimiento al padre adoptivo de Tycho que le había salvado de morir ahogado, contrayendo una pulmonía que a su vez mató al héroe, le dio una cuantiosa beca al joven astrónomo. Con ese dinero Brahe construyó Uraniburg, un extraordinario observatorio situado entre el castillo de Elsinor y Copenhague.

Por toda Europa consiguió los mejores instrumentos astronómicos para equipar su observatorio. Allí, con un equipo de ayudantes, Tycho Brahe realizó su sueño de buscar las observaciones más exactas de los cuerpos celestes, registrando la posición de las estrellas y el itinerario de los planetas. La atracción del observatorio lo constituía una esfera celeste de bronce en que Tycho y sus colaboradores iban marcando el producto de sus nuevas observaciones, la refacción del mapa celeste. Respecto a esta dedicación de Brahe a la astronomía y su aporte al desarrollo de esta ciencia, afirma Ferris:

El elemento esencial del observatorio era un globo celeste de reluciente bronce, de un metro y medio de diámetro, en el que estaban indicados un millar de estrellas, que eran introducidas por Tycho y sus colegas una a una a medida que rehacían el mapa del cielo visible. Tycho, que no era ningún diletante, llevó a cabo con sus ayudantes una incesante búsqueda de las observaciones más exactas posibles, registrando las posiciones de las estrellas y el curso de los planetas noche tras noche durante más de veinte años. Los datos resultantes tenían una exactitud de más del doble que los de los astrónomos anteriores, suficientemente precisos, por fin, como para desentrañar los secretos del sistema solar.

¹²⁴

Infortunadamente Brahe no contó con el telescopio, eso sólo ocurriría años después con la aplicación que Galileo haría del instrumento a la observación astronómica. Además, Tycho era un observador y no un teórico, específicamente un observador matemático, por cuanto sus apreciaciones del espacio estelar las sometían a cálculos matemáticos y así llegaba a sus conclusiones.

¹²⁴ Ibid., p. 59.

Como se dijo, Tycho no era copernicano sino, más bien, inclinado por el sistema geocéntrico de Tolomeo. De ahí que una vez surgida la teoría heliocéntrica de Copérnico, guardando una posición conciliatoria entre los dos sistemas, Brahe planteó, esto sí teóricamente, un sistema "híbrido", combinando el geocentrismo y el heliocentrismo. En efecto, el científico danés optó por formular un sistema doble, en que los planetas giraban alrededor del Sol, pero este sistema planetario giraba alrededor de la Tierra, con lo cual no hacía sino crear nuevos problemas a los ya existentes, como al respecto afirma Ferris:

Pero Tycho era un observador, no un teórico. Su principal contribución a la cosmología teórica -un modelo geocéntrico de compromiso en el que los planetas giraban alrededor del Sol, que a su vez giraba alrededor de la Tierra- creaba tantos problemas como los que resolvía.¹²⁵

Considerando que era necesario sintetizar un sistema del mundo con coherencia y precisión, Tycho Brahe tuvo conocimiento de la existencia de un matemático que descollaba por sus cálculos astronómicos y que, además era un gran teórico, al que quiso conocer y llamar a conformar el equipo de sus colaboradores. Ese hombre era precisamente Johannes Kepler.

Johannes Kepler, nacido en Suabia, Alemania en 1571, quien había iniciado estudios de teología en un seminario protestante que no culminaría, a la vez estudiaría griego, latín y música. En la Universidad de Tubinga ampliaría sus conocimientos matemáticos y conocería la cosmología heliocéntrica a través de su profesor, Michael Mastlin que, según Ferris, era uno de los pocos profesores copernicanos de la época.

El interés de Kepler por la astronomía se inició en plena infancia, cuando de apenas seis años su madre lo llevó a observar el cometa de 1577 y, tres años más tarde, el aspecto rojizo de la Luna durante un eclipse. Sin embargo, en su primera época, la astronomía de Kepler está plagada de misticismo y presupuestos neoplatónicos, esto es, mágicos. Quizás su madre influyó en este tópico místico, por cuanto parece que ella vendía drogas y sustancias entogénicas o sugestivas y que, incluso practicaba la comunicación mediúmnica. Al menos de brujería fue acusada por un tribunal protestante en la ciudad alemana de Wurtemberg; quizá su madre era solamente una médica empírica o "curandera".

De todas maneras a ese desagradable suceso aportó Kepler al escribir su obra "El Somnium" ("El Sueño") en el que con el estilo propio de la ciencia ficción imaginó un viaje a la Luna y concibió a los viajeros del espacio situados en la

¹²⁵ Ibid.

superficie de la Luna observando cómo el planeta Tierra giraba lentamente en el cielo. Como afirma Sagan, "Kepler había escrito uno de los primeros libros de ciencia ficción, con el fin de explicar y popularizar la ciencia".¹²⁶ Pero la mayoría de sus contemporáneos no lo vio así y, por el contrario, en vista de que Kepler afirmaba que por virtud de un espíritu convocado por la madre había podido emprender ese viaje imaginario (o espiritual) a la Luna, el libro aportó a la persecución de la madre. Al respecto afirma Sagan:

Hay fragmentos del *Somnium* claramente autobiográficos. El protagonista, por ejemplo, visita a Tycho Brahe. Sus padres venden drogas. Su madre se comunica con espíritus y demonios, uno de los cuales por cierto le consigue los medios para viajar a la Luna. El *Somnium* nos explica, aunque no todos los contemporáneos de Kepler lo entendieran, que "en un sueño hay que permitir la libertad de imaginar a veces lo que nunca existió en el mundo de la percepción de los sentidos". La ciencia ficción era una idea nueva para la época de la guerra de los Treinta Años y el libro de Kepler sirvió como prueba de que su madre era una bruja.¹²⁷

Kepler, desesperado, acudió a ayudar a su madre, a la que encontró confinada en un calabozo y tuvo que hacer ingentes esfuerzos para encontrar explicaciones naturales a los distintos hechos laborales de su madre que hacían acusarla de brujería, investigando inclusive algunas enfermedades que los burgueses de Wurtemberg atribuían a efecto de los hechizos de Catalina Kepler. La investigación tuvo una culminación feliz, la razón se sobreponía a la superstición y el análisis científico triunfaba sobre suposiciones sin ningún fundamento.

Pero claro, este episodio ocurriría ya casi en las postrimerías de la vida de Kepler, que aquí ha sido referido al mencionar la inducción que la madre operó sobre su hijo al llevarlo a observar unos fenómenos del espacio sideral. De manera que es necesario regresar atrás, cuando se encuentran Tycho Brahe y Kepler. Siendo el primero el más grande observador astronómico del momento y el segundo el mayor exponente de la astronomía teórica que en ese momento era un afamado matemático, lo ideal era que se juntaran y complementaran sus investigaciones respectivas. Por sugerencia de Rodolfo "emperador de Praga, Tycho hizo la invitación a Kepler para que se reuniera con él en esa ciudad, adonde Brahe había trasladado su observatorio, al castillo de Benatek.

Hasta llegar ese momento Kepler había hecho el siguiente periplo: en la ciudad de

¹²⁶ SAGAN, Op. cit., p. 64.

¹²⁷ Ibid., p. 66.

Maulbronn hizo sus estudios como seminarista protestante, permaneció dos años, en 1589 cuando contaba 18 años de edad se dirige a Tubinga donde ingresa a la Universidad, allí conoce a Michel Mastlin y por él la teoría heliocéntrica de Copérnico. Fracasó en su ideal de convertirse en pastor luterano y se casó con una mujer cuya tía había sido quemada por bruja. Parece ser que la esposa de Kepler también escapó de ser llevada a la hoguera y según cuentan los biógrafos del científico, aquella mujer tenía la costumbre de agregar drogas psicóticas a las bebidas de las personas. En el matrimonio fue infeliz, vivieron en la ciudad de Graz, donde dictaba clases. En 1598 unas medidas provenientes de los católicos hicieron que los protestantes fueran excluidos del poder político y económico. La escuela donde enseñaba Kepler fue cerrada y él salió con su mujer y un hijastro camino a Praga.

Dándose cuenta Kepler que Tycho poseía lo que él necesitaba, unos datos de observaciones sobre los planetas mucho más exactos de los que dispusieron Tolomeo y Copérnico, pues había reflexionado: "Tycho posee las mejores observaciones... Sólo necesita el arquitecto que use todo esto de acuerdo con su propio esquema", ¹²⁸ se había decidido escribir cartas a Brahe, alabándole y rindiéndole admiración, entonces Tycho elogiando las teorías de Kepler, aunque las llamó "ingeniosas", lo invitó a incorporarse al personal del observatorio en el castillo de Benatek.

El 4 de febrero de 1600 Kepler llega a Praga y se da el encuentro con Brahe. Kepler ya había escrito la obra: "Mysterium Cosmographicum" ("El misterio del cosmos" o "El secreto del universo"), publicada entre 1595 y 1597 pues fueron dos ediciones, la segunda con algunas adiciones y correcciones a la primera, en que explica la estructura del universo y, particularmente del sistema planetario en base a los cinco poliedros, conocidos como los cinco sólidos regulares o "platónicos", aunque propiamente son euclidianos (cubo, tetraedro o pirámide, dodecaedro, icosaedro y octaedro). Estando en Graz, durante una clase de matemáticas le sobrevino una idea, una iluminación repentina que él consideró ser una revelación divina. Creyó que los seis planetas conocidos hasta entonces (Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno) se conectaban en su disposición alrededor del Sol con los cinco sólidos regulares inscritos uno dentro de otro. Pero como Kepler era un neoplatónico, de fuerte inclinación mística, articuló su propuesta geométrica con el hecho de que al explicar el universo estaría explicando al Creador, al Arquitecto, considerado por Kepler el Geómetra Divino, como al respecto apunta Sagan:

Kepler pensó que los dos números [6 de los planetas y 5 de los sólidos regulares] estaban conectados, que la razón de que hubiera sólo seis planetas era porque había sólo cinco sólidos regulares, y que esos

¹²⁸ FERRIS, Op. cit., p. 63.

sólidos, inscritos a anidados uno dentro de otro, determinarían las distancias del Sol a las planetas. Creyó haber reconocido en esas formas perfectas las estructuras invisibles que sostenían las esferas de los seis planetas. Llamó a su revelación "El Misterio Cósmico". La conexión entre los sólidos de Pitágoras y la disposición de los planetas sólo permitía una explicación: la Mano de Dios, el Geómetra.¹²⁹

Entonces Kepler le presentó una propuesta al duque de Wurtemberg para que financiara la investigación y la construcción tridimensional de sus sólidos inscritos uno dentro de otro, sugiriendo que la estructura fuera de plata y piedras preciosas, para así mostrar al mundo la grandeza de la "Sagrada Geometría". La propuesta fue rechazada aconsejándole que primero realizara un modelo menos costoso y más sencillo, de papel, o sea, una maqueta del proyecto grande. Lleno de entusiasmo el joven matemático puso manos a la obra, sin ahorrar esfuerzos de ningún tipo en la búsqueda matemática que comprobara su hipótesis. Las expectativas eran grandes porque con su trabajo tenía dos opciones: comprobar la coincidencia de su hipótesis con las órbitas de Copérnico o encontrarse con la incompatibilidad. Respecto a las grandes expectativas y la dedicación de Kepler a su proyecto, son elocuentes las siguientes palabras suyas, citadas por Sagan:

El placer intenso que he experimentado con este descubrimiento no puede expresarse con palabras... No prescindí de ningún cálculo por difícil que fuera. Dedicué días y noches a los trabajos matemáticos hasta comprobar que mi hipótesis coincidía con las órbitas de Copérnico o hasta que mi alegría se desvaneciera en el aire.¹³⁰

Lastimosamente, a pesar de sus incontables esfuerzos y dedicación, Kepler se sintió desconcertado, los sólidos y las órbitas planetarias no encajaron. Sin embargo, Kepler, obstinado y con una fe total en que su concepción era acertada, y seguro de que las observaciones proporcionadas por Copérnico eran erróneas, decidió entonces buscar al hombre que contaba con las observaciones más exactas del momento. No obstante, el libro "Misterio Cósmico" estaba destinado a ser el fundamento de la transformación de la astronomía, pues Kepler en el fondo lo que se propuso realmente fue ese proyecto mayor, el de restaurar la astronomía. De ahí que como afirma Eloy Rada García: "Su gran proyecto (la restauración de la astronomía) prosiguió su curso con el apoyo de las observaciones de Brahe, pero, como el propio Kepler confiesa, dentro del programa general trazado en el *Mysterium*".¹³¹ Entonces

¹²⁹ SAGAN, Op. cit., p. 57.

¹³⁰ Ibid.

¹³¹ RADA GARCÍA, Eloy. Introducción a: KEPLER, J. El Secreto del Universo. Barcelona: Altaya, 1994, p. 30.

Kepler se hizo a la idea de que junto a Brahe confirmaría sus formulaciones de la explicación geométrica del universo, como al respecto apunta Sagan:

Se imaginó [Kepler] que los dominios de Tycho serían un refugio para los males del momento [su situación laboral que al quedar sin trabajo generaba una crisis económica en el hogar, agravada por los continuos conflictos con su esposa], el lugar donde se confirmaría su "Misterio Cósmico". Aspiraba a convertirse en un colega del gran Tycho Brahe, quien durante treinta y cinco años se había dedicado, antes de la invención del telescopio, a la medición de un universo de relojería, ordenada y precisa.¹³²

Infortunadamente esas expectativas de Kepler no se cumplieron porque, como afirma Sagan y mucho más todavía Ferris, Brahe y Kepler eran dos personajes muy disímiles: el primero un hombre ostentoso, preocupado por el dinero, sumamente rico y extravagante hasta llegar a un despotismo grosero con el séquito de súbditos a quienes dominaba y hacía objeto de burlas; mientras que Kepler, un hombre sufrido, de una existencia errabunda, de personalidad extremadamente introvertida y, sobre todo, de muy mal genio. Dos personas totalmente incompatibles en sus comportamientos, que continuamente se trenzaron en riñas, despedidas y reconciliaciones, y eso que convivieron muy poco tiempo, solamente año y medio. Además, Tycho era muy celoso de Kepler que, como afirma Sagan, "no estaba dispuesto a regalar toda la labor de su vida a un rival en potencia, mucho más joven. Se negaba también, por algún motivo, a compartir la autoría de los resultados conseguidos con su colaboración, si los hubiera".¹³³

Según lo refiriera luego el astrónomo alemán, al darse cuenta Brahe de la audacia de Kepler, decidió dejar que hiciera sus propias elecciones sobre observaciones de un solo planeta, Marte. Ello, porque Tycho sabía perfectamente que por estar Marte cerca de la Tierra su posición en el cielo había sido establecida con gran exactitud, pero, por lo mismo, para Marte más que para ningún otro planeta las inexactitudes de Tolomeo y Copérnico eran más evidentes. Kepler cayó en la sutil trampa y el problema que pensó resolver en ocho días le llevó ocho años, como al respecto afirma Ferris:

Marte, como Tycho sabía pero Kepler no, presentaba una dificultad casi insuperable. Puesto que Marte está cerca de la Tierra, su posición en el cielo había sido establecida con gran exactitud; para ningún planeta las inexactitudes de los modelos tolemaico y copernicano eran más evidentes. Kepler, quien al principio no se percató de las dificultades involucradas, profetizó con temeridad que resolvería el problema de

¹³² SAGAN, Op. cit., p. 58.

¹³³ Ibid., p. 59.

determinar la órbita de Marte en ocho días. Tycho debió de estar muy alegre en la cena esa noche, que los platónicos se encargasen de Marte. Ocho años más tarde Kepler todavía estaba trabajando en el problema.¹³⁴

Kepler tuvo que continuar en el mencionado problema sin la supervisión de Tycho, porque a Brahe se le acabó el tiempo. Efectivamente, después de asistir a una cena ofrecida por el barón de Rosenberg, el genial observador de los astros enfermó gravemente, se había excedido en comer y beber licores, se le desencadenó una complicación de afección vesicular e infección urinaria que lo llevó al lecho de muerte.

Allí, agonizante, en medio de un delirio en que se apagaba la vida, Tycho Brahe repetía una y otra vez una solicitud dirigida a Kepler relacionada con que se hiciera todo lo posible porque no se tuviera la idea de que vivió en vano. En este punto, los biógrafos, quizá por traducción, caen en una incoherencia, pues mientras unos afirman que Tycho decía que no dejen que parezca que había vivido en vano, otros aseguran que afirmaba que su petición era que no dejen que parezca que hubiera muerto en vano. Por ejemplo, mientras Carl Sagan afirma: "En su lecho de muerte legó sus observaciones a Kepler, y en la última noche de su lento delirio iba repitiendo una y otra vez estas palabras, como si compusiera un poema: <Que no crean que he vivido en vano...¹³⁵ Que no crean que he vivido en vano>." Por su parte Timothy Ferris afirma: " 'No dejéis que parezca que he muerto en vano... No dejéis que parezca que he muerto en vano', gritó repetidamente esa noche".¹³⁶ Aunque las dos afirmaciones tengan sentido, éste es completamente distinto, ya que una cosa es "vivir en vano" y muy otra "morir en vano". Parece que la más acorde con la realidad de Brahe es la primera afirmación.

Tycho Brahe murió el 24 de octubre de 1601 a la edad de 55 años. Johannes Kepler haría realidad el deseo de Brahe, por cuanto habiendo sido nombrado sucesor de Tycho en el cargo de matemático imperial de Rodolfo II de Praga, continuó su búsqueda en una sola dirección, establecer una teoría simple para explicar el movimiento de Marte.

Kepler tuvo que sacrificar la figura que más amaba hasta entonces, el círculo perfecto, lo cual no fue fácil, porque según propia afirmación, tuvo que remover los supuestos sobre la perfección del círculo preconizada por los filósofos antiguos y por la visión metafísica e idealista como correspondía a los

¹³⁴ FERRIS, Op. cit., p. 64.

¹³⁵ SAGAN, Op, cit., p. 59. 136.

¹³⁶ FERRIS, Op. cit., p. 64.

platónicos y neoplatónicos, como era el caso del mismo Kepler. Ferris cita la afirmación de Kepler: "Mi primer error fue haber supuesto que la órbita en la que se mueven los planetas es un círculo. Este error fue tanto más pernicioso cuanto que había sido apoyado por todos los filósofos, y sobre todo porque era muy aceptable metafísicamente".¹³⁷

Y Claro, allí se dio cuenta Kepler de lo errada que era su pretensión de explicar la estructura y configuración planetaria por los cinco sólidos regulares. Aunque, valga decir, que los planteamientos de su "Misterio Cósmico" sólo fueron refutados por completo muchos años después con los descubrimientos de los planetas Urano, Neptuno y Plutón y según había sido demostrado por los antiguos, desde Pitágoras hasta Euclides, los sólidos regulares eran cinco y, como agrega Sagan: "no hay más sólidos platónicos que permitan determinar su distancia [de los últimos tres planetas) al Sol".¹³⁸ Pero ya en el tiempo de Kepler su propuesta se mostraba inconsistente, puesto que, como afirma Sagan: "Los sólidos pitagóricos anidados tampoco dejaban espacio para la luna terráquea, y el descubrimiento por Galileo de las cuatro lunas de Júpiter era también desconcertante".¹³⁹ Pero Kepler no se desanimó sino que, por el contrario, continuó su titánica tarea de restaurar la astronomía.

La incesante e infatigable constancia que debe caracterizar al científico la asumía en toda la extensión de la palabra Kepler, quien sometió a prueba setenta órbitas circulares con los datos de Tycho sobre Marte sin resultado alguno. Según afirma Sagan, después de tres años de cálculos Kepler creyó haber encontrado los valores correctos de una órbita circular marciana, que coincidía con diez de las observaciones de Tycho con un error de dos minutos de arco.

Agrega Sagan que unos cuantos minutos de arco "constituyen una cantidad muy pequeña para medir, sobre todo sin un telescopio". Pero entonces, se le presentó a Kepler otro problema, que sus cálculos eran incompatibles con otras dos observaciones de Tycho sobre Marte, y la diferencia era mayor, ocho minutos. Entonces Kepler, reconociendo las extraordinarias capacidades de observador de Brahe, aceptó el error y comprendió que debía abordar la orbitación marciana desde otras perspectivas, que significarían, indudablemente, una transformación y replanteamiento de la astronomía. Al respecto afirma Sagan:

¹³⁷ Ibid.

¹³⁸ SAGAN, Op. cit., p. 59.

¹³⁹ Ibid.

Pero el éxtasis inminente de Kepler pronto se convirtió en tristeza, porque dos de las observaciones adicionales de Tycho eran incompatibles con la órbita de Kepler con una diferencia de ocho minutos de arco: *"La Divina Providencia nos ha concedido un observador tan diligente en la persona de Tycho Brahe que sus observaciones condenan este cálculo a un error de ocho minutos... Si yo hubiera creído que podíamos ignorar esos ocho minutos hubiera apañado mi hipótesis de modo correspondiente. Pero esos ocho minutos, al no estar permitido ignorarlos, señalaron el camino hacia una completa reforma de la astronomía"*.¹⁴⁰

De repente, en otro golpe de revelación, como cuando le había sucedido al concebir las distancias de los seis planetas respecto al Sol mediante los cinco sólidos regulares, Kepler se imaginó estar en Marte e intentó reconstruir el camino que seguiría el movimiento de la Tierra mirándola desde un observatorio en Marte, escribió mucho sobre esta experiencia hipotética sin lograr resolver el problema principal. Finalmente, trató de imaginar cómo sería el movimiento de Marte visto desde el Sol. Entonces descubrió que Marte giraba alrededor del Sol siguiendo una elipse y no un círculo, que le hizo escribir a su amigo David Fabricius: "Tengo la respuesta..., la órbita del planeta es una elipse perfecta".¹⁴¹

Sin duda el sacrificio de desechar el círculo fue enorme para Kepler, que le reportó innumerables fatigas, tratando de corroborar la teórica armonía espacial con mediciones precisas, esto es, con la experiencia y aceptando los hechos por encima de las postulaciones hipotéticas. Para llegar a la conclusión de que las órbitas planetarias son elípticas, Kepler siguió un proceso de depuración, seleccionando configuraciones de movimientos de los planetas hasta quedarse con la forma que era descartada por ser una imperfección del círculo. De la mano de Carl Sagan apoyada en afirmaciones del astrónomo alemán, es posible apreciar ese proceso evolutivo en la teoría kepleriana sobre los planetas:

La diferencia entre una órbita circular y la órbita real podía distinguirse con mediciones precisas y con una valerosa aceptación de los hechos: "El universo lleva impreso el ornamento de sus proporciones armónicas, pero hay que acomodar las armonías a la experiencia". Kepler quedó muy afectado al verse en la necesidad de abandonar una órbita circular y de poner en duda su fe en el Divino Geómetra. Una vez expulsados del establo de la astronomía los círculos y las espirales, sólo le quedó, como dijo él: "una carretada de estiércol", un círculo alargado, algo así como un óvalo. Kepler comprendió al final que su fascinación por el círculo había sido un engaño. La Tierra era un planeta, como Copérnico

¹⁴⁰ SAGAN, Op. cit., p. 60.

¹⁴¹ KEPLER, citado por FERRIS en Op. cit., p. 64.

había dicho, y para Kepler era del todo evidente que la perfección de una Tierra arrasada por las guerras, las pestes, el hambre y la infelicidad, dejaba mucho que desear. Kepler fue una de las primeras personas desde la antigüedad en proponer que los planetas son objetos materiales compuestos, como la Tierra, de sustancia imperfecta. Y si los planetas eran "imperfectos", ¿por qué no había de serlo también sus órbitas? ¹⁴²

Entonces Kepler se dedicó a hacer los cálculos con curvas ovaladas, errores aritméticos lo hicieron dudar de su emprendimiento, pero al probar con una fórmula de una elipse, que había estado esperando durante dieciocho siglos al lector sagaz desde que la había concebido Apolonio de Pérgamo y reposaba en la Biblioteca de Alejandría, Kepler verificó cómo esta vez sus cálculos sí encajaban con las observaciones del observador danés:

Probó [Kepler] con varias curvas ovaladas, las calculó y las desechó, cometió algunos errores aritméticos (que al principio le llevaron a rechazar la solución correcta), pero meses después y ya un tanto desesperado probó la fórmula de una elipse, codificada por primera vez en la Biblioteca de Alejandría por Apolonio de Pérgamo. Descubrió que encaja maravillosamente con las observaciones de Tycho: "la verdad de la naturaleza, que yo había rechazado y echado de casa, volvió sigilosamente por la puerta trasera, y se presentó disfrazada para que yo la aceptara ... Ah, ¡qué pájaro más necio he sido yo!" ¹⁴³

De ahí en adelante, Kepler pudo formular y completar en el transcurso de varios años las Leyes que describen los movimientos de los planetas, llamadas justamente en honor a su descubridor, las Leyes de Kepler, y son tres: **Primera:** Un planeta se mueve siguiendo una elipse alrededor del Sol y ocupando el Sol uno de los dos focos; **Segunda:** el radio vector que une a un planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales, y **Tercera**, llamada también armónica: los cuadrados de los períodos de revolución de los diferentes planetas en torno al Sol están en la misma razón que los cubos de sus distancias medias al Sol. Las dos primeras leyes aparecieron formuladas en su libro "Nueva Astronomía", en que recoge pormenorizadamente todo lo referente a su estudio sobre Marte, su órbita y sobre la naturaleza del plano de la órbita de la Tierra respecto al plano ecuatorial del Sol; este estudio fue publicado en 1609. Diez años después, en 1619 publica "Las Armonías del Mundo", en que consigna la Tercera Ley, llamada precisamente Ley Armónica. Habían pasado 18 años después de la muerte de Tycho Brahe.

¹⁴² SAGAN, Op. cit., p. 61.

¹⁴³ Ibid.

Entre 1618 y 1621 Kepler escribe y publica "*Epítomes Astronomiae Copernicanae*", libro confeccionado en forma de "Diálogo", en que configura un modelo copernicano de sistema solar conforme con las tres Leyes sobre el movimiento de los planetas.

Justamente después de haber descubierto la tercera Ley se dio comienzo a la guerra de los Treinta Años, una guerra religiosa entre católicos y protestantes, por lo cual Kepler tuvo que salir de Praga ante la persecución de que eran objeto los protestantes, y luego tuvo que vivir la desagradable situación de la detención de su madre, para completar su desgracia personal, pues su mujer y su hijo murieron en una epidemia y Kepler mismo fue excomulgado de la iglesia luterana, "por su individualismo intransigente en materias doctrinales". No obstante, continuaba escribiendo, esta vez recopilando y comentando los resultados observacionales del "tesoro" de Tycho Brahe, que recogió en un libro llamado "Tablas Rudolfinas" y publicado en 1627, que al decir de los entendidos "representan un grado de precisión y exactitud en sus datos de posiciones y movimientos desconocidos hasta entonces".¹⁴⁴

Nuevamente como peregrino y refugiado, Kepler vivió sus últimos años en situación muy difícil, sin apoyos financieros se la pasó pidiendo dinero y buscando protectores; tuvo que dedicarse a confeccionar horóscopos para el duque de Wallenstein, tal como antes lo había hecho para Rodolfo II. Fue despedido por tal duque y pasó a una ciudad de Silesia llamada Sagan, pero que era controlada por Wallenstein. Por tanto, salió de nuevo y viajó solo, a caballo, a la ciudad de Ratisbona con la esperanza de cobrar una parte de un dinero que le debía el emperador, allí enfermó de unas fiebres y murió el 15 de noviembre de 1630, le faltaba algo más de mes y medio para cumplir los 59 años de edad. Pero ni siquiera queda su sepultura porque fue arrasada por la mencionada guerra entre cristianos. No obstante, a pesar de esas "injusticias" circunstanciales y hasta superficiales con relación a la última morada del astrónomo, Kepler es recordado como un claro ejemplo de la actitud del científico, que supo sobreponer la verdad por encima de sus convicciones y afectos, como al respecto afirma Carl Sagan:

Su epitafio [de Kepler], que él mismo compuso, reza: "*Medí los cielos y ahora mido las sombras. Mi mente tenía por límite los cielos, mi cuerpo descansa encerrado en la Tierra.*" Pero la Guerra de los Treinta Años arrasó su sepultura. Si hubiera que erigirle hoy una estela podría rezar: "*Prefirió la dura verdad a sus ilusiones más queridas.*"¹⁴⁵

¹⁴⁴ RADA GARCIA, Op. cit., p. 38.

¹⁴⁵ Ibid., p. 67.

Y es que una de las características de Johannes Kepler fue la de ser un crítico implacable no sólo con hipótesis o teorías de otros sino también consigo mismo, lo cual implica una ética profesional del científico imparcial y objetivo, sumamente riguroso en y con la investigación, hasta el punto de haber recibido, posteriormente, elogios encomiables como de Emmanuel Kant, que era un crítico implacable. Al respecto afirma Ferris:

Teórico extraordinariamente perspicaz -un crítico tan exigente como Immanuel Kant lo llamó "**el pensador más agudo que ha existido**"-, Kepler abrigaba la convicción extática de que el mundo que lo había tratado tan duramente era, no obstante, fundamentalmente bello (...) Pero la inclinación de Kepler por el éxtasis platónico iba unida a un ácido escepticismo hacia la validez de todas las teorías, inclusive las suyas. De ningún pensador se burlaba más que de sí mismo, ni puso a prueba ninguna idea más rigurosamente que las suyas.¹⁴⁶

Tal vez dicha rigurosidad, la idoneidad y esmero del trabajo kepleriano tengan una explicación en el subfondo teológico, o místico, con que Kepler abordó la exploración y conocimiento del universo, ya que para él el Universo era la manifestación de Dios, una posición claramente panteísta, y en esta medida consideraba que en ese proceso de desentrañamiento del pensamiento divino, del Geómetra creador del mundo, no había cabida para las inexactitudes, por tanto el cálculo exacto fue el criterio que hizo de la labor de Kepler una carrera abnegada, heroica y, sobre todo, honesta, como al respecto afirma Eloy Rada García:

Kepler abordó su estudio del mundo como un estudio de la revelación visible de Dios. Esta idea se extiende no sólo a la forma arquetípica o geométrica del mundo, sino también a la entidad física del mundo (...) Kepler consideró, pues, al mundo como una manifestación de Dios, escrita en una clave que era necesario descifrar; de lograrlo se estaría comprendiendo a Dios, o a parte de sus pensamientos, a saber, aquellos que habían sido fundamento del mundo (...) Kepler se sintió siempre en esta disposición, aunque **teniendo siempre claro que descubrir los términos geométricos del proyecto divino no permitía concesiones a la inexactitud. Por ello su trabajo siempre resulta apasionadamente honesto con las exigencias de la exactitud.** Puede considerarse que el rigor no solo era para Kepler una garantía del saber, sino también una garantía de que lo "sabido" pertenecía al proyecto divino.¹⁴⁷

Ya para cerrar esta parte, es preciso agregar que, según se puede apreciar tras este interesante recorrido por los caminos del tiempo en busca de gérmenes y

¹⁴⁶ FERRIS, Op. cit., p. 61-63.

¹⁴⁷ RADA GARCIA, Op. cit., p. 32

antelaciones de la actitud científica fundada en un procedimiento metódico y veraz, a cuya cristalización aportaría enormemente el pisano Galileo Galilei, la estela de personajes que con mirada y mente visionaria previeron y prepararon el terreno del quehacer científico es vasta, hasta el punto que es dable afirmar que al llegar la época de Galileo, los elementos, las piezas, los hitos marcantes de la orientación científica estaban dados; las fichas estaban allí, sólo era necesario que llegase el jugador audaz que dispusiese de ellas en forma ordenada. Y después de considerar la rigurosa ética del científico encarnada en Johannes Kepler, contemporáneo y continuador de Galileo, no hay temor de asegurar que si no hubiese sido Galileo cualquier otro de sus inquietos contemporáneos habría echado las bases de lo que hoy se conoce como método científico y, claro, de la ciencia moderna, pues parece que la época misma contenía un espíritu científico en su seno, era el tiempo de que la ciencia moderna eclosionara en el mundo.

3. INCURSIÓN CIENTÍFICA DE GALILEO

Siendo los dos pilares fundamentales del conocimiento científico la Teoría y la Observación, ya que como afirma Sagan la ciencia moderna es "hija de la teoría y de la observación", ¹⁴⁸ Galileo cumplió como el que más con las dos condiciones que exige la verdad en este ámbito cognoscitivo. Sin olvidar que al hablar de observación se hace en la connotación de experimentación, puesta a pruebas repetidas de las suposiciones, conjeturas o formulaciones hipotéticas, y ya no como hicieran los anteriores filósofos de la naturaleza que al igual que Aristóteles reducían la observación y la experiencia a la sola percepción sensorial, a la información inmediata proporcionada por los sentidos.

Claro que es imprescindible hacer una salvedad con aquellos personajes de la Grecia clásica que, como casos excepcionales, contribuyeron al quehacer de la ciencia, puesto que Demócrito, Anaxágoras y Aristarco realizaron cálculos exactos, unos de ellos en el campo de la astronomía, y normalmente se cree que llegaron a sus trascendentales conclusiones sólo por razonamiento, pero si como es frecuente en ellos, la obra en que registraron sus procedimientos desapareció toda o gran parte de ella como efecto de las persecuciones por razones ideológicas, entonces cabe esperar que junto con sus obras desaparecieron los vestigios del método utilizado por ellos, porque sin el auxilio de cálculos intensos para comprobar las observaciones no hubiesen llegado a tan asombrosos resultados que, por desconocimiento, tuvieron que esperar miles de años hasta que llegaran otros hombres a desenterrar de los dominios del tiempo sus valiosas contribuciones. Es decir, no es aventurado afirmar que ya en la antigua Grecia los científicos jonios realizaron el conocimiento científico con base en la teoría y la observación experimental.

En cambio, los neoplatónicos y neoaristotélicos del Renacimiento si se limitaron a conformarse con una observación superficial y con escasa o nula teorización. De ahí que personajes como Galileo y el mismo Kepler, tuvieron que luchar denodadamente contra los prejuicios del conocimiento ya previstos por Francisco Bacon.

Galileo sintió la necesidad de construir un procedimiento que le diera validez a sus investigaciones, tanto en la mecánica, como en la física y astronomía, y sobre todo en este último campo urgía el consolidar la teoría copernicana de un mundo heliocéntrico. Con su rigurosidad proverbial fue estableciendo los principales

¹⁴⁸ SAGAN, Op. cit., p. 59.

pasos o momentos de dicho procedimiento que, luego se constituiría en el llamado método científico.

El método utilizado por la ciencia moderna es, precisamente, un procedimiento controlado, ordenado, por medio del cual se llega a saber plantear problemas científicos, formular las respectivas hipótesis o soluciones supuestas a dichos problemas y, finalmente, a comprobar o verificar dichas hipótesis que tras la demostración dejan de ser hipótesis o conjeturas para pasar a ser tesis o afirmaciones contundentes.

En una visión panorámica del procedimiento científico, es preciso afirmar que el método de la ciencia busca ante todo, establecer un conocimiento objetivo, válido universalmente, partiendo de hechos reales, con bases tanto racionales como experimentales y, finalmente, conducir a nuevos conocimientos, los que a su vez, pueden ser susceptibles de perfeccionamiento, renovación o transformación mediante la aplicación del mismo método.

Si se considera la actitud de Galileo a la luz de la anterior concepción del método científico, se encuentra que, efectivamente, él aplicó cada uno de los pasos o etapas que componen este procedimiento que garantiza la verdad científica, puesto que en cada uno de sus estudios o investigaciones, Galileo partió de la observación detenida de hechos o fenómenos en los cuales detectaba alguna incoherencia, inmediatamente surgía el "por qué" como formulación del problema respecto a la incoherencia captada, luego proponía o suponía soluciones o hipótesis, que después de someter a repetidas pruebas observacionales y experimentales, o si se trataba de supuestos teóricos o conceptuales, sometía las conjeturas a cálculos matemáticos apoyado en principios, leyes que conocía, para finalmente llegar a conclusiones.

Sin embargo, como se vio oportunamente no han faltado detractores de la labor galileana que ponen en tela de juicio que el Pisano realmente haya realizado experimentos, aduciendo que simplemente se remitió a experimentos mentales o imaginarios. En efecto, en "1.2 Innovaciones de Galileo en el Pensamiento" de este trabajo, al considerar los descubrimientos celestes que hiciera con el telescopio y que le acarrearón serios problemas con las autoridades eclesiásticas y académicas de entonces, se hizo alusión a cómo el infortunio de Galileo no paró con su muerte, sino que le ha seguido después hasta llegar inclusive a nuestros días, por cuanto, según refiere Carlos Solís en su Introducción al libro de los "Discursos sobre dos nuevas ciencias" del científico renacentista, unos comentarios de Alexandre Koyré sobre la obra de Galileo han generado un malentendido, toda vez que este autor sostuvo en los años cincuenta el idealismo de Galileo, insistiendo "en el platonismo de Galileo y en el carácter apriórico de su ciencia, sugiriendo que Galileo no habría realizado

ninguno de los experimentos de los que habla en los Discorsi, que no serían sino imaginarios o mentales".¹⁴⁹

No obstante, controvirtiendo tales afirmaciones, que más bien son suposiciones infundadas, agrega Solís que los opositores de Koyré, tras exhaustivas investigaciones, han resaltado "la sofisticación y precisión de las técnicas experimentales de Galileo", apoyándose en manuscritos del científico que lo muestran "hallando experimentalmente (a veces, mientras buscaba otras cosas) fenómenos que treinta años más tarde aparecerán enunciados como principios o teoremas fundamentales de la Tercera Jornada [Tercera Parte de sus 'Discursos']"¹⁵⁰

Precisamente, reafirmando la actitud experimentalista de Galileo, Carlos Solís sostiene que el científico italiano como su homólogo griego Arquímedes, "metodológicamente" desconfiaba de la investigación y el descubrimiento puramente empírico o resultado de la experiencia sensorial y del sentido común, ya que ello no pasaría de ser un conocimiento basado en deducciones apriorísticas o llegar a un caso particular de un modelo desarrollado según las costumbres de los geómetras. En efecto, afirma Solís: "Metodológicamente, Galileo (al igual que su predecesor Arquímedes) desconfía del interés científico de un descubrimiento meramente empírico, que tratará siempre de deducir a priori o de reducir a una pieza de un modelo desarrollado *more geométrico*."¹⁵¹

Para superar el sentido común, Galileo procede a la cuantificación de los fenómenos, a la matematización de la naturaleza, para lo cual distingue las cualidades primarias y secundarias de los objetos, así como Demócrito había diferenciado el verdadero conocimiento racional y matemático de las opiniones fundadas en las apariencias sensibles. Las cualidades secundarias son los "accidentes" como color, sabor, olor que sólo tienen existencia en tanto haya un cuerpo sensitivo que las perciba, eliminado el cual, ellas desaparecen. Es decir, esas cualidades son más unas cualificaciones subjetivas provenientes del sujeto que percibe, según se desprende de la afirmación de Solís:

Del mismo modo que Demócrito había separado el verdadero conocimiento racional y matemático de las propiedades geométricas de los átomos respecto a la mera opinión relativa a las apariencias sensibles, Galileo distingue lo que Boyle será el primero en denominar cualidades "primarias" y "secundarias". Estas, como los colores, olores o

¹⁴⁹ SOUS, Op. cit., p. 19.

¹⁵⁰ Ibid.

¹⁵¹ Ibid.

sabores, no tienen más existencia que la que les confiere un cuerpo sensitivo, eliminado el cual, desaparecen, nos más que nombres.¹⁵²

En cambio, las cualidades "primarias" son consustanciales, esenciales, inherentes a los objetos observados y no pueden eliminarse porque de hacerla se eliminaría el objeto o los objetos a que pertenecen; además, éstas cualidades, llamadas también "accidentes reales" existen como elementos racionales o pensables y medibles o cuantitativos. Por tanto, al matematizar o cuantificar los fenómenos físicos y naturales, Galileo iba más allá de la simple percepción por los sentidos, y la cuantificación, que implica experiencia, debía ser cuidadosamente teorizada para no quedarse en mera opinión por sentido común. Al respecto, afirma Solís:

Por el contrario, las otras ["cualidades primarias"], "*primi e reali accidenti*", no pueden eliminarse, al estar necesariamente ligados al concepto de cuerpo físico, existiendo en éstos como un elemento racional y cuantitativo conmensurable con los términos de la aritmética y la geometría. La genuina realidad, pues, según Galileo, está bien lejos de las evidencias inmediatas de los sentidos, interpretadas a la luz del sentido común, por lo que la experiencia ha de ser sometida a una cuidada y sofisticada elaboración teórica.¹⁵³

Con su actitud "matematizante" Galileo se alejó del método aristotélico, continuado y defendido en su tiempo por los peripatéticos, pues la visión y actitud científica del físico no se dejó seducir de las "evidencias" sensoriales avaladas y refrendadas por el sentido común. En esta forma Galileo se presenta como el "constructor de la experiencia científica", o como iniciador del carácter experiencial del método científico, era otra visión y concepción de la experiencia en el contexto de la ciencia. Allí radica, pues, la diferencia de Galileo respecto al Estagirita. Si Aristóteles proponía una experiencia cualitativa, Galileo lo hace desde una experiencia cuantitativa. Afirma Solís:

Galileo tuvo el mérito (que tal vez haya sido la llave maestra de su éxito) de no dejarse seducir por el carácter evidente de las observaciones de sentido común y de haber emprendido su reforma sistemática a la luz de la cosmología copernicana. Pero si su "construcción de la experiencia" es mucho más sofisticada que la aristotélica y más alejada del sentido común, ello se debe a que elimina de ella las cualidades, reduciendo la naturaleza a términos puramente cuantitativos conmensurables con las matemáticas. Frente al cualitativismo de la experiencia aristotélica, Galileo entronca más o menos directamente con el atomismo griego [un cuantitativismo de los fenómenos y la experiencia] (...) Ahora bien,

¹⁵² Ibid., p. 24.

¹⁵³ Ibid.

hemos señalado que la experiencia galileana es un producto complejo que reduce las cualidades sensibles a términos cuantitativos. Siendo la experiencia objeto de reinterpretación en términos de cualidades primarias sofisticadas, no es de extrañar que [Galileo] introduzca en sus explicaciones conceptos teóricos inobservables que les confieren así un grado de generalidad insospechado en la tradición del empirismo ingenuo peripatético.¹⁵⁴

Por consiguiente, se puede apreciar cómo Galileo Galilei propone y efectúa un conocimiento que busca explicar la naturaleza y sus fenómenos mediante un procedimiento ajustado al análisis racional y sopesado con la experimentación que es comprobación cuantificable que va más allá del simple empirismo ingenuo o de la sola información inmediata proporcionada por los sentidos. Es en esta forma que Galileo hace su aporte al descubrir los pasos rigurosos del método propio de las ciencias, el método científico, para diferenciar el conocimiento vulgar del conocimiento científico.

De manera que, para corroborar la valiosa y ponderable contribución de Galileo al método científico y, en consecuencia, a la construcción de los lineamientos de la ciencia moderna, a continuación se considerarán en primera instancia las características de la ciencia y, en segunda instancia, las etapas del mencionado método convergiendo con las realizaciones galileanas. Se procede así, porque no sería suficiente considerar simplemente las etapas básicas del Método Científico, sino que de modo más sucinto, se abordarán las características de la ciencia o conocimiento científico en que, por supuesto, se halla comprendido el método.

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CONOCIMIENTO CIENTIFICO

Siendo que la ciencia obtiene por su método la particularidad como un conocimiento diferenciado del conocimiento vulgar y empírico, entonces si, como Mario Bunge establece, al hablar de características de la ciencia se está haciendo referencia a las características de su método y viceversa.

Pues bien, sobre el método científico se encuentra en la actualidad una amplia literatura, destacándose entre otros los trabajos de Charles Pierce y de Mario Bunge. Para los cometidos de este trabajo investigativo, se ha acogido, básicamente, la obra del argentino Mario Bunge: "La ciencia, su método y su filosofía".

Mario Bunge establece unas características del método científico, las que en sí mismas conllevan las etapas del método; además, cuando Bunge se refiere a las características de la ciencia también está haciendo referencia a las

¹⁵⁴ Ibid. p. 23-27.

características de su método y viceversa, por cuanto en su segundo ensayo "¿Cuál es el método de la ciencia?", uno de los cuatro ensayos de la mencionada obra, comienza hablando de "La ciencia, conocimiento verificable" para entrar a considerar la veracidad y verificabilidad que en sí es una característica del método científico. Por tanto, siguiendo al autor argentino, se consideran a continuación algunas características, las más esenciales del conocimiento científico, confrontando con las realizaciones de Galileo Galilei o sus aportes a la constitución de los pasos metódicos y, por supuesto, de la ciencia moderna.

3.1.1 Veracidad y verificabilidad

Mario Bunge inicia la consideración del método científico estableciendo la diferencia entre el conocimiento científico y otros tipos de conocimiento, y sostiene que el científico no puede aceptar algo sólo por gusto, o por conveniencia, o por autoridad, o por parecer evidente, pues eso no pasa de ser una creencia u opinión, pero no es conocimiento científico porque, arguye Bunge, una de las características del conocimiento científico es la verificabilidad, lo que hace que frecuentemente choque con el sentido común. En efecto, afirma Bunge:

El conocimiento científico es a veces desagradable, a menudo contradice a los clásicos (sobre todo si es nuevo), en ocasiones tortura al sentido común y humilla a la intuición; por último, puede ser conveniente para unos y no para otros. En cambio, aquello que caracteriza al conocimiento científico es su **verificabilidad**: siempre es susceptible de ser verificado (confirmado o refutado).¹⁵⁵

Precisamente Galileo, por asumir el conocimiento de la naturaleza y de los fenómenos físicos con criterio científico encontró serios obstáculos, en su mayoría opiniones de sentido común, inclusive en IDS círculos académicos en que supuestamente se hacía ciencia. Por ejemplo, si como afirma Solís, el mérito de Galileo radica en no haberse dejado seducir por el carácter evidente de las observaciones de sentido común y haber emprendido su reforma sistemática del conocimiento del mundo a la luz de la teoría copernicana, eso le acarreó duros enfrentamientos con los neoaristotélicos o peripatéticos, como se vio oportunamente en este trabajo. Y es que la explicación galileana de los fenómenos físicos y, particularmente, de la teoría heliocéntrica, confrontaba el parecer de algunos clásicos, especialmente de Aristóteles y de Ptolomeo que con su geocentrismo era ya un clásico de la cosmología, y eso por ser nuevo su procedimiento: comprobar el heliocentrismo mediante la ayuda del telescopio, como quedó dicho, aunque no fue su inventor, sí fue el primero en dirigir el telescopio al firmamento.

¹⁵⁵ BUNGE, Mano. La Ciencia, su método y su filosofía. Buenos Aires: Siglo XX, 1972, p. 41.

Por otra parte, y a la luz de la afirmación de Bunge, las conclusiones a que llegaba Galileo "torturaban" el sentido común y "humillaba" [a intuición de sus contradictores, los escolásticos y peripatéticos. Además, según el teórico argentino, el conocimiento científico, "puede ser conveniente para unos y no para otros" y, precisamente, la teoría copernicana aunque fuera verdadera si era conveniente para [a ciencia no lo era en el mismo sentido para la Iglesia Católica que apoyaba y defendía con argumentos teológicos el geocentrismo.

De ahí que Galileo, muy consciente del disgusto que generaban sus planteamientos en las esferas eclesiásticas, prevé el conflicto entre la ciencia y la fe y pronostica que cuando en el futuro se "verifique" y compruebe la veracidad de la nueva teoría, se le vendría un serio problema a la Iglesia al tener que reconsiderar y reajustar sus afirmaciones. En efecto, meses antes de que se dictara la sentencia final contra Galileo y contra la teoría copernicana, Galileo afirmaba en carta a su amigo Ella Diodati, según texto citado por Gamow: "Si alguien sostiene que es herejía decir que la tierra se mueve y si posteriores **verificaciones y experimentos** mostrasen que así es en realidad, ¡qué dificultades no encontraría la Iglesia!".¹⁵⁶

Ahora, siguiendo con Bunge, él sostiene que no se pretende que el conocimiento científico sea "verdadero", por contraste, al conocimiento ordinario, tecnológico o filosófico, aunque, agrega, "ciertamente lo es con frecuencia, y siempre intenta serio más y más".¹⁵⁷ Sencillamente, explica, porque la "veracidad, que es un objetivo", no caracteriza el conocimiento científico de manera tan contundente como el mismo método que utiliza la ciencia, y éste implica, precisamente, la verificación de las soluciones que se proponen a un problema debidamente formulado: "Pero la veracidad, que es un objetivo, no caracteriza el conocimiento científico de manera tan inequívoca como el modo, medio o método por el cual al investigación científica plantea problemas y pone a prueba las soluciones propuestas".¹⁵⁸

De otro lado, la verificabilidad, que comprende el sometimiento de algunas conjeturas o hipótesis a continuas y numerosas pruebas, le confiere a la investigación científica **Objetividad**, que según Bunge es uno de los dos rasgos esenciales de las ciencias naturales y aun de la sociología, siendo el otro rasgo la **Racionalidad**. Es decir, el conocimiento científico en el caso de las Ciencias Naturales y Físicas no acepta conclusiones subjetivas, que simplemente se acomoden al parecer del investigador sino, más bien, que concuerde con la realidad del objeto de estudio; y, en cuanto a la "Racionalidad" del conocimiento

¹⁵⁶ GAMOW, Op. cit., p. 50.

¹⁵⁷ BUNGE, Op. cit.

¹⁵⁸ Ibid, p. 41-42.

científico, sostiene el autor argentino que aunque el científico, por ejemplo el físico o investigador de los fenómenos naturales y físicos, como Galileo, trabaje con hechos tangibles, su conocimiento está conformado por elementos racionales, por ideas, conceptos, juicios y raciocinios, y no por "sensaciones o imágenes" aunque, agrega Bunge, "sin duda, el científico percibe, forma imágenes (modelos visualizables) y hace operaciones", pero, apunta, "tanto el punto de partida como el punto final de su trabajo son ideas".¹⁵⁹

Además, continuando con Bunge, la racionalidad de la ciencia implica que tales ideas se pueden combinar con algún conjunto de reglas lógicas, como el silogismo que es aplicado generalmente en los teoremas matemáticos, con la sola finalidad de producir nuevas ideas o efectuar "inferencias deductivas"; y, finalmente, éste rasgo racional comprende el que las ideas, juicios o raciocinios no se "amontonan caóticamente o, simplemente, en forma cronológica, sino que se ordenan en sistemas de ideas, esto es, en conjuntos ordenados de proposiciones (teorías)".¹⁶⁰

Al considerar Bunge la objetividad del conocimiento científico, llega al tratamiento de la facticidad de la ciencia que implica dos etapas básicas del método científico, la observación y el experimento. En efecto, sostiene el citado autor:

Que el conocimiento científico de la realidad es objetivo, significa: a) que concuerda aproximadamente con su objeto; vale decir, que busca alcanzar la verdad fáctica; b) que verifica la adaptación de las ideas a los hechos recurriendo a un comercio peculiar con los hechos (observación y experimento), intercambio que es controlable y hasta cierto punto reproducible.¹⁶¹

Luego Bunge demuestra con ejemplos, cómo la racionalidad y la objetividad están estrechamente correlacionadas, que interactúan y se complementan recíprocamente, esto es, que a veces unos razonamientos, conceptos o juicios devienen de la experimentación y otras veces las observaciones son el resultado de una hipótesis o conceptos o juicios:

Ambos rasgos de la ciencia fáctica, la racionalidad y la objetividad, están íntimamente soldados. Así., por ejemplo, lo que usualmente se verifica por medio del experimento es alguna consecuencia -extraída por vía deductiva- de alguna hipótesis; otro ejemplo: el cálculo no sólo sigue a la

¹⁵⁹ Ibid., p. 15.

¹⁶⁰ Ibid., p. 15-16.

¹⁶¹ Ibid., p. 16.

observación sino que siempre es indispensable para planearla y registrarla.¹⁶²

Considerando las anteriores afirmaciones a la luz de las actividades galileanas, se verifica que el científico renacentista, efectivamente, realizaba siempre una investigación de tipo objetivo y a la vez racional. Por ejemplo, cuando Galileo se dedicó a formular la ley del péndulo partió de la observación, sea verídica o legendaria, de la oscilación de una lámpara en la catedral de Pisa, o en su defecto, observando las oscilaciones de una piedra atada a una cuerda sostenida con su mano o del techo de una habitación, al ver cómo cada vez las oscilaciones eran más cortas Galileo se pregunta si también el tiempo de cada oscilación va siendo cada vez más corto. Realiza experimentos haciendo variaciones de longitud de cuerda, tamaño de la piedra y, finalmente, como producto de sus observaciones experienciales Galileo llega al descubrimiento de la Ley pendular que es expresada matemática y teóricamente.

3.1.2 Facticidad.

El conocimiento científico es fáctico, esto es, que está referido a hechos, fenómenos perceptibles, sucesos de la naturaleza o de la materia, tanto en su punto de partida como en el de llegada. En efecto, la ciencia parte de hechos y tras averiguar sus causas y explicarlos racional y empíricamente regresa a ellos. Los hechos son para el científico la antesala de la investigación, teniendo una connotación de objeto de estudio, un valor cognoscitivo y, por lo tanto, para él no tienen valor emocional, idealista o poético ni comercial, aunque de alguna manera los hechos que son abordados por la ciencia también afectan esas otras áreas humanas de percepción. Además, la facticidad de la ciencia implica que el científico aplica una curiosidad impersonal, es la curiosidad propia de la misma ciencia que exige explicaciones y, sobre todo, no se ciñe a la opinión o sentido común prevaleciente sino que, por el contrario, desconfía de ellos, lo cual requiere que el científico posea y desarrolle una sensibilidad a lo nuevo e imprevisto. Al respecto, afirma Bunge:

*El conocimiento científico es fáctico: parte de los hechos los respeta hasta cierto punto, y siempre vuelve a ellos. La ciencia intenta describir los hechos tales como son, independientemente de su valor emocional o comercial: la ciencia no poetiza los hechos ni los vende, si bien sus hazañas son una fuente de poesía y de negocios. En todos los campos la ciencia comienza estableciendo los hechos; esto requiere curiosidad impersonal, desconfianza por la opinión prevaleciente, y sensibilidad a la novedad.*¹⁶³

¹⁶² Ibid.

¹⁶³ Ibid.

Galileo hacía precisamente eso: tomaba los hechos en sí mismos, aislándolos de otros valores que no fuera el valor puramente investigativo, como causa y objeto de investigación; establecía los hechos dudando y desconfiando siempre de la opinión prevaleciente y predispuesto en todo momento a lo nuevo, como con la aceptación de la teoría copernicana, tomando el heliocentrismo como un hecho en sí, lejos del sentido común de la percepción visual del movimiento del sol alrededor de la tierra, entusiasmado siempre por la novedad de la teoría que hacía mover la tierra alrededor del sol.

Pero, de acuerdo con la característica de la ciencia, poseedora de sus dos rasgos esenciales, la racionalidad y la objetividad, la facticidad de la ciencia no desplaza la racionalidad sino que, por el contrario, hace concluir los enunciados de los hechos, denominados "datos empíricos", y las teorías en que se apoya para su enunciación, y a la vez, dichos enunciados se convierten en el elemento primario para la elaboración teórica de la investigación. Además la facticidad de la ciencia implica que se dé una coherencia entre los enunciados fácticos y un sistema de ideas reconocido previamente, lo que en sí constituye la racionalidad, pero ésta sola no basta para comprobar la veracidad de los enunciados fácticos sino que es necesaria la experimentación, porque sólo apoyándose en la experiencia se verifica la adecuación de una hipótesis con los enunciados fácticos, como al respecto afirma Bunge:

Los enunciados fácticos confirmados se llaman usualmente "datos empíricos"; se obtienen con ayuda de teorías (por esquemáticas que sean) y son a su vez la materia prima de la elaboración teórica (...) La racionalidad -esto es, la coherencia con un sistema de ideas aceptado previamente- es necesaria pero no suficiente para los enunciados fácticos; en particular, la sumisión a algún sistema de lógica es necesaria pero no es una garantía de que se obtenga la verdad. Además de la racionalidad, exigimos de los enunciados de las ciencias fácticas que sean "verificables" en la experiencia, sea indirectamente (en el caso de las hipótesis generales), sea directamente (en el caso de las consecuencias singulares de las hipótesis). Únicamente después que haya pasado las pruebas de la verificación empírica podrá considerarse que un enunciado es adecuado a un objeto, o sea, que es verdadero, y aun así hasta nueva orden. En resumidas cuentas, la coherencia es necesaria pero no suficiente en el campo de las ciencias de hechos: para afirmar que un enunciado es (probablemente) verdadero se requieren datos empíricos (proposiciones acerca de observaciones o experimentos). En última instancia, sólo la experiencia puede decirnos si una hipótesis relativa a cierto grupo de hechos materiales es adecuada o no.¹⁶⁴

¹⁶⁴ Ibid., p. 13-16.

Pero la ciencia, además, no sólo parte de los hechos sino que también los trasciende, descartando algunos y produciendo nuevos hechos que, lógicamente, son explicados. Es decir, esta trascendencia de los hechos comporta una diferencia sustancial de la ciencia respecto del sentido común, por cuanto éste "parte de los hechos y se atiene a ellos: a menudo se limita al hecho aislado, sin ir muy lejos en el trabajo de correlacionarlo con otros o de explicarlo".¹⁶⁵ En cambio, la investigación científica "no se limita a los hechos observados: los científicos expresan la realidad a fin de ir más allá de las apariencias; rechazan el grueso de los hechos percibidos..., controlan hechos y, en lo posible, los reproducen. Incluso producen cosas nuevas".¹⁶⁶ Para corroborar la actitud científica de Galileo en esta parte basta recordar cómo adoptando la teoría copernicana el astrónomo italiano descartaba la percepción visual del aparente movimiento de la Tierra, y en el transcurso de su investigación para confirmar la teoría llegó a producir cosas nuevas, el telescopio por él perfeccionado y con aplicación a la observación astronómica.

3.1.3 La ciencia es analítica.

Esto es que para su investigación el científico toma el objeto de estudio o los hechos y los descomponen con la finalidad de descubrir y explicar el "mecanismo interno" que ocasiona el o los fenómenos observados. Sin embargo, como afirma Bunge, esta actitud analítica de los objetos no se queda en su fragmentación e investigación de la naturaleza de las partes, sino que como paso siguiente procede a examinar la interdependencia o interacción de las partes para, finalmente, intentar reagrupar las partes, "reconstruir el todo en términos de sus partes interconectadas".¹⁶⁷ Por lo tanto, el análisis, que en sí es un método particular del método científico, no implica el descuido de la totalidad. De manera que la ciencia no desconoce o ignora la síntesis, otro método particular o sub-método del método mayor, "lo que sí rechaza es la pretensión irracionalista de que las síntesis pueden ser aprehendidas por una intuición especial, sin previo análisis".¹⁶⁸

En cualquiera de los casos investigativos de Galileo se evidencia como él, efectivamente, no se limitaba a tomar el todo, un objeto o un hecho en su globalidad y creer que ya lo explicaba sin más ni más, sino, todo lo contrario, somete esos "todos" a examen riguroso, descomponiendo los fenómenos en aspectos factoriales, en partes, como en el caso del péndulo, toma el hecho de la oscilación de un cuerpo colgante en el extremo de una cuerda y comienza a analizar las incidencias del peso del cuerpo, la longitud de la cuerda, la

¹⁶⁵ Ibid.

¹⁶⁶ Ibid p. 18.

¹⁶⁷ Ibid p. 20.

¹⁶⁸ Ibid.

periodicidad de las oscilaciones, los cuales son en sí elementos componentes del objeto "péndulo" o del fenómeno "movimiento pendular" para, finalmente, establecer la ley del péndulo que comprende los distintos elementos constituyentes que, en esta forma, convergen o confluyen en el fenómeno observado, o el todo.

3.1.4 La investigación científica es especializada

Como consecuencia directa del enfoque analítico del método científico se llega a la especialización de la ciencia, lo que hace que aunque el método científico sea unitario, se diversifica en su aplicación, dependiendo la especialización del asunto u objeto de estudio, lo cual explica la multiplicidad de técnicas y la relativa independencia de las ciencias. Inclusive, dentro de una misma ciencia, en la Física, por ejemplo, se den saberes o investigaciones especializadas y las técnicas son diferentes, tal el caso de la estática, la dinámica, la balística, como al efecto trabajó Galileo utilizando procedimientos específicos para cada campo.

Pero la especialización y diversidad de las áreas de la ciencia no impide que se dé "la formación de campos interdisciplinarios, tales como la biofísica, la bioquímica, la psicología social, la geofísica, la astrofísica, etc."¹⁶⁹

3.1.5 El conocimiento científico es claro y preciso

A diferencia del sentido común o conocimiento ordinario, que a menudo es vago e inexacto, la ciencia se preocupa por dar definiciones precisas y descripciones y mediciones exactas; pero claro, no se debe considerar el conocimiento científico simplemente como sentido común organizado ya que, como afirma Bunge, "la ciencia es mucho más que sentido común organizado: aunque proviene del sentido común, la ciencia constituye una rebelión contra su vaguedad y superficialidad".¹⁷⁰

La anterior característica de la ciencia explica el por qué Galileo era riguroso en sus investigaciones, sometiendo sus postulaciones hipotéticas a numerosas pruebas y mediciones, como se puede verificar en sus cálculos de las leyes de la caída libre de los cuerpos, en que al no poder estudiarla en detalle, porque, según Gamow: "la libre caída de los cuerpos se realiza demasiado rápidamente para estudiarla en detalle sin el empleo de aparatos modernos, tales, por ejemplo, como la fotografía instantánea".¹⁷¹ Entonces, sin rendirse ante las

¹⁶⁹ Ibid., p. 20.

¹⁷⁰ Ibid., p.21.

¹⁷¹ GAMOW, Op. cit., p. 39.

dificultades que le presentaba el fenómeno, Galileo decidió "diluir la fuerza de gravedad" -según palabras del propio científico-, haciendo que la esfera rodase por un plano inclinado, observando que cuanto más inclinado estaba el plano más rápido se desplazaba la esfera.

Se le presentaba la dificultad de medir el tiempo empleado por la esfera para recorrer distancias diferentes, Galileo no se rige por la intuición sino que, efectivamente, se dedica a realizar esas mediciones valiéndose del reloj de agua, que le permitió ir "marcando las posiciones de la esfera en iguales intervalos de tiempo", y así encontró que las distancias recorridas durante esos intervalos de tiempo estaban en la proporción 1: 3: 5: 7, etc. "Cuando el plano estaba más inclinado, las correspondientes distancias eran más largas, pero sus relaciones eran siempre las mismas".¹⁷² Galileo concluyó que esta ley también debe regir para el caso límite de la caída libre y el resultado obtenido lo pudo expresar matemáticamente, que era lo que se proponía: "Conocer las leyes matemáticas que rigen el movimiento acelerado",¹⁷³ por cuanto al soltarse un cuerpo, una piedra, por ejemplo, ésta cae cada vez más rápidamente.

Además, la ciencia procura siempre medir y registrar los fenómenos porque, según afirma Bunge, "los números y las formas geométricas son de gran importancia en el registro".¹⁷⁴ Que es lo que, en efecto, hizo Galileo, lo cual se comprueba en sus obras, en que recurre a representaciones geométricas con cálculos aritméticos para demostrar "matemáticamente" sus "teoremas" en "Diálogos sobre dos nuevas ciencias", por ejemplo.

Entre otros aspectos de esta característica de la ciencia figura el de que los problemas se formulan de una manera clara, pero como se identifica precisamente con una etapa del método científico, será considerada de modo particular más adelante en lo relativo precisamente a los pasos, fases o etapas de dicho método.

3.1.6 El conocimiento científico es comunicable

Esto es que, aunque especializado el conocimiento científico no es "inefable" o que no se podría expresar sino, todo lo contrario, es expresable en un lenguaje público y no privado, es decir, se puede difundir a través de un discurso comprensible. Claro que, como afirma Bunge "el lenguaje científico comunica

¹⁷² Ibid.

¹⁷³ Ibid.

¹⁷⁴ BUNGE, Op. cit., p. 22.

información a quienquiera haya sido adiestrado para entenderlo".¹⁷⁵ En Galileo esta característica científica se puede verificar en sus obras, sus Diálogos y Discursos en que de manera detallada describe sus experiencias y los procedimientos seguidos en sus investigaciones, expresados en un estilo literariamente bello, acudiendo a la forma clásica del "diálogo", conformando sus obras a la manera de las de Platón, en que se crean personajes representativos de diversos sectores de la sociedad y del mundo académico.

3.1.7 El conocimiento científico es sistemático

Precisamente a través de las distintas obras de Galileo se puede evidenciar cómo sus investigaciones no son eventos aislados e inconexos, sino que se conforman como un cuerpo organizado, un sistema de ideas conectadas lógicamente entre sí. Es que, precisamente, la ciencia no es un acumulado o agregación de informaciones sin ninguna relación entre sí. Inclusive, en cada uno de los experimentos e investigaciones, Galileo conforma unidades y cuerpos temáticos. Por ejemplo, para establecer las leyes de la caída libre parte primero de la consideración del movimiento acelerado, con sus distintas variaciones hasta llegar a la inferencia deductiva de la caída libre de los cuerpos; pero esto último no se puede desligar de lo primero porque, precisamente, la caída libre es un caso especial del movimiento uniformemente acelerado.

3.1.8 El conocimiento científico es general y legal

Significa que aunque por lo general las investigaciones científicas parten de hechos particulares, el científico ubica los enunciados singulares en pautas generales, en esquemas amplios. Analiza los casos particulares, extiende la aplicación de algunas hipótesis, teorías o principios a otros casos, es decir, va ampliando el abanico de comprobación, hasta llegar finalmente a establecer leyes. En algunos casos el científico busca establecer unas leyes desconocidas partiendo de los hechos y suponiendo respuestas a sus problemas, en otros casos parte de leyes ya establecidas y los hechos particulares observados los inscribe en leyes o principios aceptados científicamente.

Con relación a esta característica, Galileo actuó de acuerdo procurando siempre circunscribir los resultados de sus investigaciones en un marco de legalidad científica. Si partió de la observación y problematización del movimiento oscilatorio y periódico de una piedra atada al extremo de una cuerda, después de repetidas observaciones introduciendo variaciones, pudo establecer y formular la Ley del Péndulo. En sus "Diálogos sobre dos nuevas ciencias", la primera de ellas se refiere a "la resistencia de los cuerpos sólidos a

¹⁷⁵ Ibid.

la fractura", para cuya argumentación y demostración matemática Galileo recurre a principios y leyes establecidos por Arquímedes, conocidas como leyes de la palanca, que el italiano aplica a casos particulares, otorgándoles a éstos el carácter de generalidad y legalidad requeridos por la ciencia.

Con este principio de generalidad y legalidad, que Bunge separa en dos, se puede conjugar otra característica de la ciencia, referida a que es "explicativa", pero que está estrechamente relacionada con las dos anteriores, por cuanto hace alusión a que la ciencia siempre intenta explicar los hechos en términos de leyes y las leyes en términos de principios. Retomando los "Diálogos sobre dos nuevas ciencias", se evidencia cómo Galileo recurre continuamente a principios y leyes aceptadas para explicar sus deducciones y conclusiones. Por ejemplo, en la Jornada Segunda de la mencionada obra, tratando "la resistencia que oponen los cuerpos sólidos bajo la acción de una fuerza", tras largas digresiones llega a lo que él llama "inferir la conclusión general de que dos pesos, cualesquiera que sean, permanecen en equilibrio a distancias inversamente proporcionales a sus pesos".¹⁷⁶ Seguidamente afirma: "Una vez establecido este principio", y continúa sus demostraciones, confirmándose así el carácter explicativo de la ciencia en los trabajos de Galileo.

3.1.9 La ciencia es abierta

Sostiene Bunge que esta característica hace referencia a que la ciencia admite e incluso establece, la posibilidad de refutación de las teorías, es decir, niega la infalibilidad de la ciencia, lo cual es precisamente una consecuencia de que la ciencia y el científico admiten que la investigación no tiene punto final, o que sus resultados son considerados verdaderos hasta que nuevas investigaciones demuestren las fallas o errores. O sea, que el conocimiento es científico cuando es susceptible de refutación tarde o temprano, ya que como afirma Bunge: "Si un conocimiento fáctico no es refutable en principio, entonces no pertenece a la ciencia sino a algún otro campo (...) Un sistema cerrado de conocimiento fáctico, que excluya toda ulterior investigación, puede llamarse sabiduría pero es en rigor un detritus de la ciencia".¹⁷⁷

3.1.10 La ciencia es útil

Por cuanto al partir del estudio analítico y experimental de hechos y fenómenos naturales, la ciencia utiliza instrumentos o inventa nuevos utensilios que aparte de servir en el campo científico pueden ser útiles en otros campos. Pero el sentido pragmático de la ciencia radica principalmente en el hecho que tras

¹⁷⁶ GALILEI, Galileo. Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Madrid: Nacional, 1981, p. 215.

¹⁷⁷ BUNGE, Op. cit., p. 32-33.

descubrir leyes y principios nuevos o aplicar teorías y leyes en hechos particulares, finalmente sus resultados son transferibles a eventos de la vida cotidiana, generando lo que se conoce como la tecnología que no es otra cosa que la ciencia aplicada. Se puede verificar cómo estudios en ingeniería física, química y biológica tienen enormes aplicaciones en medicina y en la producción industrial. En este aspecto, Galileo también incursionó al hacer aplicación del movimiento pendular en el pulsómetro, del que luego derivaría el tensiómetro. También el movimiento del péndulo fue básico para la construcción de los hermosos relojes pendulares considerados hoy día "clásicos".

3.1.11 La investigación científica es metódica.

Esto es que la ciencia no es errática e improvisada, sino que es planeada y ceñida a un procedimiento prefijado. Por tanto, el científico no anda a tientas en sus investigaciones sino que sabe lo que busca y prevé la manera de cómo encontrarlo. Así, cuando Galileo se encontraba en sus investigaciones sobre el movimiento pendular sabía que buscaba los principios y leyes que regulan dicho movimiento, igualmente cuando iba detrás del movimiento uniforme y acelerado sabía que buscaba las leyes matemáticas de dichos fenómenos y procedía matemáticamente para establecerlas.

En el caso concreto de la ciencia fáctica, ella emplea el **método experimental**, el cual implica llegar a conclusiones particulares extraídas de hipótesis generales, que en sí es un tipo de verificación, que requiere de manipulación de hechos, observación y registro de fenómenos y, claro, el control de variables. Es decir, el método experimental comporta en sí mismo las etapas principales del Método Científico, ya que como afirma Bunge: "El método científico, aplicado a la comprobación de afirmaciones informativas se reduce al método experimental".¹⁷⁸

Por consiguiente, una vez hecho este rápido recorrido por algunas de las principales características del conocimiento científico y llegado a su carácter metódico, es preciso destacar a continuación solamente las etapas relevantes del método científico aunque, como quedó dicho, en las características de la ciencia se comprende, de hecho, los pasos necesarios del mencionado método, a cuya construcción aportó enormemente Galileo Galilei, según las referencias señaladas en cada una de tales características.

¹⁷⁸ Ibid., p. 52.

3.2 ETAPAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

Según se anotó más arriba, las características del conocimiento científico abarcan en sí mismas los momentos básicos que componen el método científico. Pero cabe hacer la aclaración que así como las características de la ciencia reseñadas en este trabajo no son todas, pues pueden haber -y de hecho las hay- otras, inclusive aquí se conjugaron a veces dos características, como la generalidad y legalidad de la ciencia; también en lo relativo a las fases o etapas del método empleado por la ciencia pueden haber más de las que aquí se mencionan. Es que como afirma Bunge, el método científico no es un recetario, sus reglas son múltiples algunas de ellas no muy conocidas, sugiriendo, finalmente que se debe desconfiar de toda descripción del método científico pero, igualmente, no se debe descuidar ninguna. En efecto, afirma Bunge:

La investigación científica es legal, pero sus leyes -las reglas del método científico- no son pocas, ni simples, ni infalibles, ni bien conocidas; son, por el contrario, numerosas, complejas, más o menos eficaces, y en parte desconocidas. **El arte de formular preguntas y de probar respuestas -esto es, el método científico-** es cualquier cosa menos un conjunto de recetas; y menos técnica todavía es la teoría del método científico. La moraleja es inmediata: desconfíese de toda descripción de la vía de la ciencia -y en primer lugar de la presente-, pero no se descuide ninguna.¹⁷⁹

El "corpus" del método científico, de manera sintética es relacionado de la siguiente manera por Hernando Barragán Linares:

El punto de partida del método científico está en saber formular problemas: se parte siempre de un examen detenido de hechos, es decir, de un cuerpo de conocimientos. Dentro de esos hechos se descubre alguna incoherencia o dificultad. Se busca entonces formular esa incoherencia a nivel de problema. Luego viene la invención de hipótesis centrales, es decir, suposiciones o conjeturas acerca de los nexos entre distintos fenómenos; formuladas las hipótesis se les busca bases tanto racionales como empíricas. Se pone la hipótesis a prueba (aquí entran en juego observaciones, experimentos, mediciones, diseños, etc.), se clasifican, ordenan los datos, se levantan estadísticas. Se contrasta la (o las) hipótesis con los resultados obtenidos, hasta elaborar los nuevos conocimientos.¹⁸⁰

Sintetizando aún más los anteriores pasos, Barragán Linares concibe el siguiente esquema de los pasos del método científico: "Conjunto de

¹⁷⁹ Ibid p. 61.

¹⁸⁰ BARRAGÁN LINARES, Hernando. Epistemología. Bogotá: USTA, 1988, p. 100.

conocimientos existentes, hechos, lagunas o incoherencias; planteamiento del problema; formulación de hipótesis; prueba de la hipótesis; valoración de la hipótesis con los resultados obtenidos y, finalmente, conocimiento obtenido (detección de nuevas lagunas)".¹⁸¹

Según el mismo Barragán Linares el esquema que del método científico concibe Mario Bunge consta de las siguientes etapas: "Cuerpo de conocimiento disponible que implica la detección y formulación del problema; formulación de hipótesis; contrastación del problema y la hipótesis; consecuencias o evidencias; estimación de la hipótesis, para llegar finalmente a un nuevo cuerpo de conocimiento que en sí es un nuevo problema".¹⁸²

El mismo autor refiere cómo otros, caso del filósofo y matemático contemporáneo Bertrand Russell reducen las etapas del método científico a tres: observación de hechos significativos, formulación de hipótesis y demostración de las mismas en base a la observación y comprobación. En efecto, Russell, citado por Barragán Linares, afirma lo siguiente sobre el método científico:

Para llegar a establecer una ley científica existen tres etapas principales: la primera consiste en observar hechos significativos; la segunda en sentar hipótesis que, si son verdaderas, expliquen aquellos hechos; la tercera, es deducir de estas hipótesis consecuencias que puedan ser puestas a prueba por la observación. Si las consecuencias son verificadas se acepta provisionalmente la hipótesis como verdadera, aunque requerirá ordinariamente modificación posterior, como resultado del descubrimiento de hechos ulteriores.¹⁸³

Pues bien, para efectos de este trabajo y siguiendo a Bunge que en la obra mencionada: "La Ciencia, su método y su filosofía", establece cinco grandes pasos de la pauta general de la investigación científica, o sea, como él mismo afirma, "el método científico";¹⁸⁴ que en términos sencillos son: Observación de hechos significativos; formulación del problema; invención de hipótesis; prueba de hipótesis o comprobación y, formulación de leyes mediante introducción de las conclusiones en fa teoría. Por consiguiente, estas cinco etapas se verán a continuación considerando el aporte de Galileo en su construcción.

¹⁸¹ Ibid., p. 100-101.

¹⁸² Ibid p. 101.

¹⁸³ RUSSELL, Bertrand. La perspectiva científica, citado por BARRAGÁN LINARES, Op. cit., p. 102.

¹⁸⁴ BUNGE, Op. cit., p. 62-63.

3.2.1 Observación de hechos significativos.

El primer paso del científico en su investigación fáctica es la de observar hechos relevantes que exigen una explicación racional satisfactoria. Es decir, el investigador parte de hechos empíricos o racionales, es decir, pueden ser hechos o eventos tangibles o también conceptuales que necesitan ser explicados y demostrados como verdaderos. Así, por ejemplo, Galileo Galilei en lo relativo al movimiento pendular partió de hechos tangibles, verificables por los sentidos como el de la oscilación periódica de un cuerpo pendiente en el extremo de una cuerda. Poco o nada importa si Galileo tuvo la experiencia inicial al observar el movimiento de una lámpara en la catedral de su ciudad. El hecho es que le llamó la atención al descubrir que aunque las oscilaciones eran cada vez más cortas, el tiempo de su duración era exactamente el mismo, cosa que hizo utilizando como referente de tiempo su pulso.

Pero en el caso de la astronomía sobre el movimiento de la tierra alrededor del sol, Galileo partió de un hecho racional, de un concepto, una teoría, la formulada por Nicolás Copérnico sobre el sistema heliocéntrico, la que mientras no fuera demostrada suficientemente no pasaba de ser solo hipótesis. Y es que, además, la teoría copernicana contrastaba o chocaba con un hecho tangible, la percepción visual del movimiento del sol alrededor de la tierra.

3.2.2 Formulación del problema

La siguiente etapa del método científico es la de formular el problema, plantearlo de manera clara, y es que el científico no puede quedarse simplemente en describir un hecho y sus incoherencias, sino que debe identificar el problema y formularlo en términos científicos, es decir, con relación a la búsqueda de principios o leyes. Bunge afirma: "Los problemas se formulan de manera clara; lo primero, y a menudo lo más difícil, es distinguir cuáles son los problemas".¹⁸⁵

En el caso del movimiento pendular Galileo formula el problema preguntándose "¿Por qué el tiempo de duración es el mismo si las oscilaciones son más cortas?"

3.2.3 Formulación de hipótesis

Una vez formulada la incoherencia de los hechos o fenómenos observados en forma de problema, el científico enuncia proposiciones que tienden a dar respuesta o solución a dicho problema, es lo que se denomina hipótesis, que en

¹⁸⁵ Ibid., p. 21.

sí son suposiciones, conjeturas, posibles soluciones que deben ser sometidas a prueba para verificar si efectivamente satisfacen el problema.

Pero, porque sean conjeturas o suposiciones las hipótesis no pueden ser simples afirmaciones al azar, sino que son "suposiciones plausibles" al decir de Bunge, relativas a las variables del problema. Por tanto, las hipótesis, dentro del marco científico, son supuestos teóricos o conceptuales, "formulación de enunciados de ley que se espera puedan amoldarse a los hechos observados".¹⁸⁶

Esta es una etapa muy importante del método científico, por cuanto las hipótesis tienen carácter de ser afirmaciones predictivas, ya que los supuestos predicen la explicación de las causas de los fenómenos o la razón de ser de los mismos. Es por ello que las hipótesis, ya sean proposiciones singulares o universales, deben guardar coherencia con teorías, ser contextualizadas en teorías y, por lo tanto, no pueden tener sustentos solamente empíricos u observables sino también sustentos racionales, esto es, teóricos o conceptuales. Al respecto afirma Bunge:

El tipo de hipótesis característico de la ciencia moderna no es el de los enunciados descriptivos aislados, cuya función principal es resumir experiencias. Lo peculiar de la ciencia moderna es que consiste en su mayor parte en teorías explicativas, es decir, en sistemas de proposiciones que pueden clasificarse en: principios, leyes, definiciones, etcétera, y que están vinculadas entre sí mediante conectivas lógicas tales como "y", "o", "si... entonces... ", etc. (...) Una hipótesis de contenido fáctico no es sólo sostenida por la confirmación empírica de cierto número de sus consecuencias particulares (predicciones). Las hipótesis científicas están incorporadas en teorías o tienden a incorporarse en ellas.¹⁸⁷

Galileo establece sus hipótesis en enunciados conjeturales que presuponen una verdad que hay que demostrar. Por ejemplo, al mirar por primera vez la luna a través del telescopio y verificar que su suelo no es uniforme, que su borde no es nítido sino irregular, que tiene montañas y valles como la tierra, lanza la suposición de que posiblemente la luna sea una tierra y la tierra una luna, y que en su comportamiento como cuerpos apagados ellos brillan porque están iluminados por la luz del sol, de donde Galileo conjetura que en este aspecto, el ser cuerpos fríos y oscuros, la tierra y la luna no se diferencian. En efecto, en el drama biográfico sobre Galileo, de Bertold Brecht, dialogan Galilei y su amigo Sagredo sobre los descubrimientos que ha hecho el astrónomo con su

¹⁸⁶ Ibid. P. 63.

¹⁸⁷ Ibid, p. 56-58.

telescopio dirigido por primera vez a la luna durante su fase de creciente o menguante porque se menciona "la hoz iluminada":

GALILEI: ... Ayer a la noche lo dirigí [el telescopio] a la luna.

SAGREDO: ¿Y qué viste?

GALILEI: El borde entre la hoz iluminada y la parte redonda oscura no es nítido sino completamente irregular, áspero y dentado. ¡Ni huellas de luz propia! ¿Entiendes lo que esto puede significar? (...) Si la Luna fuese una Tierra, y en verdad su apariencia es la de una Tierra ... sí, por el instrumento puede verse claramente ... entonces, me pregunto, ¿qué es la Tierra? (...)

SAGREDO: ¿A qué atribuyes que el borde de la hoz no sea nítido ni liso?

GALILEI: La Luna tiene montañas.

SAGREDO (mirando por el telescopio, a media voz): El borde de la hoz es áspero. En la mitad oscura, cerca del borde iluminado, hay puntos de luz. Van apareciendo uno detrás del otro. La luz sale de ellos y se desparrama sobre superficies cada vez mayores para desembocar al fin en la parte iluminada.

GALILEI: ¿Qué explicación das a esos puntos?

SAGREDO: No, no es posible.

GALILEI: Sí, señor. Son montañas gigantescas

SAGREDO: ¿En una estrella?

GALILEI: Montañas. El Sol dora las cimas mientras que en las pendientes reina la noche. Lo que tú vez es la luz que va bajando de las cimas hasta los valles (...) La Luna puede ser una Tierra con montañas y valles, y la Tierra puede ser una estrella, un astro común, uno entre miles. Mira de nuevo: ¿ves, acaso, la parte oscura de la Luna totalmente oscura?

SAGREDO: No. Ahora que miro con atención, veo todo cubierto por una luz tenue, una luz de color ceniza (...)

GALILEI: Es la luz de la Tierra.

SAGREDO: ¡Qué disparate! ¡Cómo va a brillar la Tierra! Con sus cordilleras y bosques y ríos. Un cuerpo frío.

GALILEI: Del mismo modo que brilla la Luna. Porque los dos astros están iluminados por el Sol, por eso brillan. Lo que es la Luna para nosotros somos nosotros para la Luna. Y ella se nos aparece una vez como hoz, otra vez como semicírculo, una vez llena y otra vez, nada.¹⁸⁸

Se puede apreciar cómo Galileo formula varias hipótesis singulares: la luna tiene montañas, la tierra es un astro entre miles (y, por lo tanto se cuestiona que sea el centro del universo), la tierra vista desde la luna se vería en sus distintas fases como la luna, la luna brilla porque es iluminada por el sol, la tierra y la luna son cuerpos celestes semejantes.

¹⁸⁸ BRECHT, Op. cit., p. 20-23.

Buscando pruebas para confirmar la teoría de Copérnico sobre la tierra y los planetas girando alrededor del sol, Galileo descubrió cuatro lunas de Júpiter, conformando un "pequeño sistema planetario", entonces formula la hipótesis de que así como Júpiter tiene lunas (que Galileo denominaba erróneamente estrellas) que giran a su alrededor, de la misma manera se debe estructurar y comportar el sol y los planetas circundantes. En el mismo drama de Brecht se hace referencia a ese momento clave en la investigación galileana:

SAGREDO: No existe ningún astro en el cielo que se mueva alrededor de otro. Pero, en cambio, alrededor de la Tierra se mueve siempre la Luna.

GALILEI: Yo me pregunto... Desde anteayer me pregunto... ¿Dónde está Júpiter? (*Lo enfoca*). Cerca de él hay cuatro estrellas que se captan con el antejo. Las vi el lunes pero no les dediqué mayor atención. Ayer miré de nuevo y hubiera jurado que habían cambiado de posición... ¿Y ahora, qué es esto? Se han movido de nuevo. (*Dejando el sitio*) Mira, mira tú.

SAGREDO: Sólo veo tres.

GALILEI: y la cuarta, ¿dónde está? Aquí tengo las tablas. Tenemos que calcular los movimientos que pueden haber realizado. (Excitados comienzan a trabajar) Está demostrado. La cuarta sólo pudo haberse ido detrás de Júpiter, donde no se la puede ver. **Ahí tienes un sol en torno al cual giran las estrellas pequeñas.**

SAGREDO: Pero ¿y la esfera de cristal a la que está fijado Júpiter? [*Según afirmaba Ptolomeo.*]

GALILEI: Sí, ¿dónde está ahora? ¿Cómo puede Júpiter estar sujeto si hay otras estrellas que dan vueltas en torno a él? Ahí no hay ningún parante, en el universo no hay ningún apoyo. ¡No es nada menos que otro sol! (...)

SAGREDO: ¿Has perdido el juicio? ¿Sabes acaso realmente en lo que te metes si eso que tú ves es la verdad? ¿Y más si lo gritas en todos los mercados? ¡Que existe un nuevo sol y nuevas tierras que giran alrededor de él!

GALILEI: Sí, sí. ¡Y no que todo el gigantesco universo con todos los astros es el que da vueltas en torno a nuestra pequeñísima Tierra, como todos piensan!¹⁸⁹

Mario Bunge establece como un subpunto esencial de la invención de hipótesis, que ubica dentro de la construcción de un modelo teórico, la "Traducción matemática" de las hipótesis, esto es, la matematización de las conjeturas tendientes a explicar un hecho o fenómeno. Bunge propone que esa traslación al lenguaje matemático se haga en cuanto sea posible, si no de la totalidad al menos de unas partes de las suposiciones, afirmando: "cuando sea posible,

¹⁸⁹ Ibid., p. 26-27.

traducción de las hipótesis, o de parte de ellas, a alguno de los lenguajes matemáticos".¹⁹⁰

En el episodio mencionado anteriormente, en que Galileo y Sagredo observan las lunas de Júpiter, se pone en evidencia cómo las hipótesis singulares son sometidas a cálculos matemáticos por el científico italiano, pues cuando se da cuenta que los satélites jovianos han cambiado de lugar y uno de ellos ha desaparecido porque no puede ser visto detrás de Júpiter, Galileo afirma: "Aquí tengo las tablas. Tenemos que calcular los movimientos que pueden haber realizado", obviamente son cálculos matemáticos los que hace Galileo.

Además, si se toma cualquiera de los pasajes de los "Diálogos sobre dos nuevas ciencias", se encuentra frecuentemente teoremas de demostración ya sea sobre la resistencia de los cuerpos sólidos o sobre el movimiento de los cuerpos, Galileo recurre continuamente a demostraciones matemáticas apoyándose en graficaciones o representaciones geométricas no sólo de los cuerpos, palancas, fuerzas y masas, sino de los fenómenos, tales como el movimiento compuesto o acelerado, por ejemplo.

En fin, como se ha dicho quizá reiteradamente la matematización de la realidad natural y del conocimiento sobre el cosmos fue una de las grandes diferencias procedimentales de Galileo respecto a las demostraciones "empíricas y lógicas" de Aristóteles y sus seguidores. De manera que esta instancia del método científico la cumplió Galileo, siendo en ello, ciertamente, su creador. Respecto a esta novedosa actitud científica de Galileo, Carlos Solís afirma:

Así pues, estaban por un lado las hipótesis de los matemáticos con una función puramente instrumental y no descriptiva, y, por otro, las hipótesis filosóficas (físicas) con pretensiones realistas, aunque divorciadas de los enfoques cuantitativos matemáticos. Fue el rechazo de esta situación de esquizofrenia explicativa la que constituyó la fuerza motriz de la cosmología copernicana, y Galileo era un copernicano a carta cabal. Su esencialismo matemático es un intento de aprovechar toda la potencia de las matemáticas (sin duda la ciencia más desarrollada de la época) a favor de la construcción de una cosmología realista.¹⁹¹

3.2.4 Prueba de las hipótesis o comprobación

En que el científico debe someter a pruebas continuas y numerosas los hechos o fenómenos a la luz de las hipótesis, o comprobación de que las hipótesis son adecuadas para solucionar el problema o que expliquen los hechos. En este paso el investigador debe planear los medios para poner a prueba las

¹⁹⁰ BUNGE, Op. cit., p. 63.

¹⁹¹ SOLIS, Op. cit., p. 31.

predicciones, diseñar ordenadamente las observaciones, mediciones, experimentos y demás operaciones instrumentales, recogiendo datos de las observaciones y resultados parciales, para finalmente y después de clasificar los datos obtenidos, inferir deductivamente o llegar a conclusiones sobre la veracidad de las hipótesis en contrastación con los hechos y problemas fenomenológicos.

En esta parte es donde se evidencia la verificabilidad como característica de la ciencia, verificabilidad que puede ser empírica y/o racional, es decir, a través de observaciones tangibles y/o conceptuales. Esta etapa la cumplió como el que más, Galileo Galilei, ya que como afirmara Carlos Solís en texto que oportunamente ha sido referenciado, en sus obras se puede apreciar con detalle el gran número de pruebas a que sometía las hipótesis. De esta actitud experimental rigurosa de comprobación de las hipótesis sustentadas sobre un soporte matemático da fe la siguiente afirmación de Carlos Solís:

... Galileo señala, de acuerdo con el método medieval de la *compositio* y *resolutio*, que lo primero es constatar la verdad de las proposiciones mediante la experiencia, para intentar después demostrarlas, resolviéndolas en un principio matemático explicativo "per se". A partir de él se volverá luego, *compositivamente*, sobre otras conclusiones observables (...). El procedimiento de Galileo es bien clásico: dado un efecto observable, la resolución nos pondrá en presencia de ciertas relaciones matemáticas subyacentes. Luego, con suposiciones, se deducen otras consecuencias y, finalmente, lo que también se llama resolución, se procede al examen de tales efectos experimentales para comprobar si de hecho se dan.¹⁹²

3.2.5 Elaboración de conclusiones en términos legales o teóricos.

Inferidas las deducciones finales, el científico llega a conclusiones apoyándose en la coherencia de las hipótesis con el problema, lo que hace que los hechos o fenómenos quedan explicados, produciéndose un nuevo conocimiento que, como afirma Bunge, es en realidad un nuevo problema, por cuanto la validez del descubrimiento explicativo de los hechos dura hasta que posteriores conocimientos, planteamientos y pruebas descubran nuevas incoherencias o inconsistencias, errores o lagunas.

Esta última etapa del método científico pone en evidencia otra característica de la ciencia, su falibilidad o el carácter de un conocimiento provisional, cuya vigencia puede durar años, décadas o siglos. Es que las hipótesis al resultar verdaderas adquieren el rango de teorías, de tesis o leyes, que son afirmaciones rodeadas de contundencia, pero en tanto son conocimientos establecidos ellas son susceptibles de modificación, de ahí que Mario Bunge

¹⁹² Ibid., p. 26-27.

considera que aún los enunciados teóricos confirmados como leyes deberían ser llamados "hipótesis", porque, sostiene, "no hay enunciados fácticos generales perfectos", ilustrando con un ejemplo su afirmación:

Habitualmente se concuerda en que debiera llamarse "hipótesis" no sólo a las conjeturas de ensayo, sino también a las suposiciones razonablemente confirmadas o establecidas, pues probablemente no hay enunciados fácticos generales perfectos. La experiencia ha sugerido adoptar este sentido de la palabra "hipótesis". Considérese, por ejemplo, la ley de Newton de la gravedad, que ha sido confirmada- en casi todos los casos con una precisión asombrosa. Tenemos dos razones para llamarla "hipótesis": la primera es que ha pasado la prueba sólo de un número finito de veces; la segunda, es que hemos terminado por aprender que incluso ese célebre enunciado de leyes tan sólo una primera aproximación de un enunciado más exacto incluido en la teoría general de la relatividad, que tampoco es probable que sea definitiva.¹⁹³

Galileo como todo científico que se respete llegaba a sus conclusiones tras largas sesiones de comprobación y demostración de las hipótesis respecto a sus distintos temas de investigación, y claro, al llegar a puntos finales de su resolución concluía y formulaba sus nuevos descubrimientos, nuevos conocimientos como leyes, tales como la ley del péndulo, del movimiento uniforme, del movimiento acelerado, de la caída libre y en balística, entre otros campos que le ocuparon la mayor parte de su vida y le ocasionaron no pocos desvelos y dificultades, incluidos los conflictos y sinsabores por enfrentarse a las autoridades académicas y eclesiásticas de su tiempo.

En la biografía de Galileo Galilei llevada a las tablas escénicas por el dramaturgo Bertold Brecht, se muestra cómo Galileo no hizo pública su adhesión al copernicanismo sino hasta tener pruebas suficientes que demostraban la teoría heliocéntrica, hasta entonces en sus cátedras universitarias enseñaba el sistema de Ptolomeo. Además, se hace alusión a cómo Giordano Bruno fue quemado vivo por no haber demostrado nada de lo que afirmaba. Galileo es consciente que en cualquier campo del saber, si se hace con criterio científico las hipótesis y teorías no se pueden quedar en meras afirmaciones sino que deben ser demostradas de manera contundente. En el citado drama se da el siguiente diálogo:

SAGREDO: Entonces sólo hay astros [en el gigantesco universo]. ¿ y dónde está Dios?

GALILEI (colérico): ¡Allí no! De la misma manera como no lo encontrarán si lo buscan los de allá, si es que allá hay seres vivientes.

SAGREDO: ¿Y entonces dónde está Dios?

¹⁹³ Ibid., p. 46.

GALILEI: No soy teólogo. Soy matemático.
SAGREDO: Ante todo eres un hombre y yo te pregunto: ¿dónde está Dios en tu sistema universal?
GALILEI: ¡En nosotros mismos o en ningún lado!
SAGREDO (*gritando*): ¿Cómo lo dijo el condenado a la hoguera?
GALILEI: Sí, como lo dijo el condenado a la hoguera
SAGREDO: Por eso lo quemaron hace menos de diez años.
GALILEI: ¡Porque no pudo demostrar nada! ¡Porque sólo pudo afirmarlo!
SAGREDO: Galilei, siempre te he conocido como un hombre astuto. Durante diecisiete años en Padua y tres en Pisa enseñaste pacientemente el sistema de Ptolomeo a cientos de alumnos. Ese sistema que la Iglesia predica y que las Sagradas Escrituras comprueban. ¡El fundamento de la Iglesia! Tú lo tenías por falso a causa de Copérnico, pero igualmente lo enseñabas.
GALILEI: Porque no podía demostrar nada.¹⁹⁴

Pero la mentalidad científica de Galileo le hace ser consciente que en el campo de la ciencia incluso las teorías y conclusiones definitivas son, en el fondo, hipótesis, cuando en otro lugar del mencionado drama de Brecht afirma respecto a la teoría de Copérnico, conversando con el niño Andrea:

GALILEI: Tengo que hacerte una confesión: las teorías de Copérnico son nada más que hipótesis...
ANDREA: ¿Qué es una hipótesis?
GALILEI: Es cuando se considera una cosa por cierta pero todavía no se ha demostrado como hecho real (...) Frente a los astros somos como gusanos de ojos turbios que poco ven. Las viejas enseñanzas en las que se creyó durante mil años están en completa decadencia. Poca madera queda a los parantes que sostienen esos gigantescos edificios. Son muchas leyes que poco aclaran, mientras que las nuevas hipótesis tienen pocas leyes que mucho aclaran.
ANDREA: Pero usted ya me demostró todo.
GALILEI: No, sólo te dije que podía ser así. ¿Entiendes? La hipótesis es muy bella y no hay nada que hable en su contra.¹⁹⁵

¹⁹⁴ BRECHT, Op. cit., p. 27-28

¹⁹⁵ Ibid., p. 17-18

CONCLUSIONES

De verdad que ha sido muy interesante el haber realizado este recorrido por la vida y la obra de Galileo Galilei, por cuanto permitió efectuar un acercamiento a una de las personalidades más apasionantes de la historia del pensamiento y de la ciencia, cuya trascendencia sigue vigente a pesar de que en algunos aspectos de su carrera de científico haya sido revaluado por los adelantos de la ciencia en el curso de cuatro siglos.

Sin embargo, sería injusto no reconocerle al ilustre Pisano sus valiosas contribuciones a la exaltación del conocimiento científico como un campo independiente del saber humano, puesto que el rigor científico con que adelantó sus investigaciones lo ubican, sin duda alguna, en un sitio de preferencia en la historia de la humanidad. De hecho, en la construcción de los cimientos de la ciencia moderna Galileo no es el único promotor, porque como en el Primer Despertar científico de hace dos mil quinientos años son varios los nombres significativos, igualmente en el Segundo Despertar llevado a cabo justamente en el Renacimiento fueron varios personajes los que aportaron a echar las bases del procedimiento científico para definitivamente encauzar la ciencia por los derroteros netamente racionalistas, superando prejuicios ideológicos, religiosos y emocionales propios del sentido común o conocimiento ordinario.

Es claro que Galileo, con su persistencia por explicar empírica y racionalmente los fenómenos físicos naturales, acudiendo principalmente a la matematización del conocimiento, logró sentar de una vez por todas los lineamientos básicos del método científico, poniendo en evidencia cómo en aras de una "ética científica" el investigador debe luchar no sólo contra las incoherencias fenomenológicas y experimentales que le salen al paso en su labor, sino también contra todos aquellos factores de tipo social y político que intentan socavar y obstaculizar su tarea a nombre de una autoridad desbordada e irracional.

Pero la trascendencia y actualidad del físico renacentista no se limita al área científica, lo cual es ya un mérito incuestionable, sino que llega a los linderos de campos extracientíficos, como el de la pedagogía, al fin y al cabo Galileo fue científico y maestro universitario, que conjugaba con acierto las dos esferas. En efecto, la labor de Galileo es pertinente al campo educativo y de enorme utilidad en nuestros días si se toma su personalidad como modelo de lo que debe ser el proceso educativo.

Efectivamente, en Colombia la Ley General de Educación. 115 de 1994, contempla entre los Fines de la educación el que se proporcione el desarrollo de

saber con unos criterios científicos, fomentando la adquisición y generación de los conocimientos científicos y el acceso a la ciencia y la técnica, según reza el Artículo 5° en sus párrafos 5° y 7° .¹⁹⁶

Y qué mejor para el cumplimiento de estos fines en su aspecto científico que proponer los modelos de figuras como la de Galileo, quien deja una enseñanza de que el científico debe ser intransigente con sus cometidos, pues Galilei con su agitada vida llena de controversias, enfrentamientos a todo tipo de autoridad sienta la cátedra de que para desarrollar la investigación, acceder al conocimiento, adquirir y generar ciencia se debe ser inconforme y rebelde en el mejor sentido del término, esto es, tener una mente abierta a nuevas propuestas, cultivar un espíritu crítico y cuestionador, inclusive de saberes y teorías consideradas conocimiento verdadero.

Ahora bien, la proyección pedagógica de Galileo es oportuna en especializaciones como la de Docencia Universitaria, ya que si los parámetros y fines de la Ley General de Educación están dirigidos a la formación de personas íntegras e idóneas para desenvolverse en un mundo tecnocientífico como el presente, los claustros universitarios son precisamente los espacios donde se gestan y desarrollan los futuros docentes quienes, antes que sus estudiantes, deben ejercer la actitud científica, incursionando con celo y abnegación la investigación en cualquiera de las áreas del saber humano, haciendo acopio de una observación crítica del mundo circundante y de una visión prospectiva respecto a la utilidad del conocimiento científico para mejorar las condiciones y calidad de vida. Pero que esa actitud científica sea una práctica consciente de vida y de docencia y no sólo un cumplir con requisitos o prerrequisitos académicos.

¹⁹⁶ MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Ley General de Educación 115 de 1994. Santafé de Bogotá: MEN, 1994, p. 7-8.

BIBLIOGRAFIA

- BARRAGÁN LINARES, Hernando. Epistemología. Bogotá: U STA, 1988, 150 p.
- BEL TRÁN PEÑA, Francisco y SANZ AORADOS, Juan José. Filosofía medieval y del renacimiento. Bogotá: USTA, 1985, 250 p.
- BRECHT, Bertold. Galileo Galilei. 3 ed. Bogotá: ECOE, 1983, 150 p.
- BUNGE, Mario. La Ciencia, su método y su filosofía. Buenos Aires: Siglo XX, 1972,170 p.
- BURMAN, Edward. Los secretos de la Inquisición. Bogotá: Círculo de Lectores, 1969, 220 p.
- CAVENDISH, Richard. Historia de la magia. Bue10s Aires: Luidin, 1979,150 p.
- CENTRO INTERAMERICANO PARA LA PRODUCCIÓN DE MATERIAL EDUCATIVO Y CIENTIFICO PARA LA PRENSA. La estética de Galileo Galilei. Revista CIMPEC. NQ 5. Bogotá: CIMPEC, 1978, 350 p.
- FERRIS, TIMOTHY. La aventura del universo: De Aristóteles a la teoría de los cuantos: una historia sin fin. Barcelona: Grijalbo Mondadori, 1997,241 p.
- GALILEI, Galileo. Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Madrid: Nacional, 1981, 350 p.
- GAMOW, George. Biografía de la física. Estella (Navarra): Salvat, 1971, 370 p.
- GANDILLAC, Maurice de. La filosofía en el renacimiento. Madrid: Siglo XXI, 1980, 220 p.
- GONZÁLEZ ÁLVAREZ, Luis José y SANZ ADRADOS, Juan José. Filosofía grecorromana. Bogotá: UST A, 1984, 350 p.
- HAWKING, Stephen. Breve historia del tiempo... Del big bang a los agujeros negros. Barcelona: Crítica-Grijalbo, 1989,200 p.
- HUGHES, Pennethorne. La brujería. Barcelona: Bruguera, 1976, 150 p.
- LLANOS ENTREPUEBLOS, Joaquín. Tomás de Aquino. Circunstancia y biografía. Bogotá: UST A, 1984.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Ley General de Educación 115 de 1994. Santafé de Bogotá: MEN, 1994.

NACAR FUSTER, Eloino y COLUNGA CUETO, Alberto. Sagrada Biblia. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos, 1975.

RADA GARCIA, Eloy. Introducción a: KEPLER, Johannes. El secreto del universo. Barcelona: Altaya, 1994.

SAGAN, Carl. Cosmos. Barcelona: Planeta, 1994.

SOLÍS, Carlos. Introducción (Semblanza de Galileo Galilei) a: GALILEI, Galileo. Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Madrid: Nacional, 1981.

YATES, Francés A. Renacimiento y reforma: La contribución italiana. México: Fondo de Cultura Económica, 1991.

163