


LA NARRACIÓN HISTÓRICA ILUSTRADA: HACIA UNA CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA Y BIOGRÁFICA DEL PENSAMIENTO NEWTONIANO SOBRE EL MOVIMIENTO Y GRAVITACIÓN

**AUTOR: WILLIAM ANDRÉS OVALLE ORTIZ
ASESOR: JUAN CARLOS OROZCO CRUZ**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN FÍSICA
BOGOTÁ D.C.
2019**

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>ANÁLISIS DEL REALIDAD</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 3	


1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	La Narración Histórica Ilustrada: Hacia Una Contextualización Histórica Y Biográfica Del Pensamiento Newtoniano Sobre El Movimiento Y Gravitación.
Autor(es)	Ovalle Ortiz, William Andrés
Director	Orozco Cruz, Juan Carlos
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2019. 65p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	NARRACIÓN; HISTORIA; ILUSTRACIÓN; NEWTON; LEYES DE MOVIMIENTO; GRAVITACIÓN

2. Descripción

Este trabajo de grado tiene por objeto la reconstrucción histórico-crítica de la vida de Isaac Newton y su pensamiento referido a las leyes de movimiento y gravitación universal. Los hechos, eventos y sucesos que se contemplan en la investigación de documentos de diferentes estudiosos de Newton se presentan en el diseño de una NARRACIÓN HISTÓRICA ILUSTRADA, dividida en capítulos cortos y de muy breve especificación, tratando de ser directa en el texto y su relación con cada ilustración. Dicha ilustración muestra hechos filosóficos, religiosos e intelectuales de Inglaterra en el siglo XVII, las diferentes etapas de la vida de Newton como su infancia, el momento en que llega a la universidad y de la influencia de los filósofos de la naturaleza y matemáticos de la época. El nuevo espíritu que trae el asombro y la curiosidad por la nueva ciencia empírica y la explicación de los fenómenos que da origen a la Royal Society. La visita de Halley y la obra de los Principia, su lenguaje geométrico en contraste en cómo se presenta en la enseñanza de las leyes de Newton en la actualidad. Dios y alquimia y los últimos años de su vida.

3. Fuentes

- Aristóteles (1995). *FÍSICA ARISTÓTELES*. Traducción por Guillermo R. De Echandía. Editorial Gredos, S.A.
- Campo, (2011). *Estrategia didáctica para la comprensión de la tercera ley de Newton*. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.
- Céspedes, J. (2012). *El movimiento de los cuerpos: una estrategia didáctica para la básica primaria*. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá
- Cohen, B. (1980). *La revolución Newtoniana y transformación de las ideas científicas*, Madrid España. Alianza Editorial.
- Cherres, Y. (2012). *El Movimiento: una propuesta para reconocer los aspectos involucrados en la* Documento Oficial. Universidad Pedagógica Nacional

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 3	

formalización de conceptos Físicos con los grados 11. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

Chimal C. (1993). *El joven Newton*. México. Universidad de México. Revista UM.

Galindo. S, (2012). *Entre vórtices y gravitación newtoniana: la cosmología de Andres de Guevara y Basoasabal S.J.* Departamento De Física, Instituto nacional de investigaciones nucleares, México.

Gamow G, (2007). *Biografía de la Física*, Alianza Editorial.

Granés J. y Caicedo L. Marina. *Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

Granés José, (2005). *Isaac Newton: Obra y contexto una introducción*, Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Granes José, (1988). *NEWTON Y EL EMPIRISMO*, Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Henry John. (2008). *Isaac Newton: ciencia y religión en la unidad de su pensamiento*. Universidad de Edimburgo.

Kuhn, Thomas S (1997). *La Tensión Esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*. Fondo de Cultura Económica. México.

Max Weber, (2001). *La ética protestante y el “espíritu” del capitalismo*, Alianza Editorial, Madrid, España.

Mercedes M, (2006). *Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

Merton R, (1984). *“Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII”*, Alianza Universidad.

Ministerio de Educación Nacional. República de Colombia (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Colombia.

Newton Isaac, (1687). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Traducción Eloy Rada. España.

Osborne Richard. (2005). *Filosofía I para principiantes*. Buenos Aires: Longseller ISBN 987- 9065-301.

Sebastía José. (2013). *Las leyes de Newton de la mecánica: Una revisión histórica y sus implicaciones en la enseñanza*. Universidad Simón Bolívar. Venezuela


Solbes, J y Traer M. (1995). *la utilización de la Historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química*. Institut de batxillerat Sant Vicent Ferrer. Valencia

Sung, M Young. (2013), *De la narración literaria a la narración visual: Proyecto de ilustración*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

Thomas Levenson, (2009), *Newton y el falsificador*. Barcelona. Alba Editorial

Westfall Richard. (1996) *“Isaac Newton: Una Vida”*. Universidad de Cambridge. Inglaterra

4. Contenidos

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO		
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE		
Código: FOR020GIB	Versión: 01		
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 3		

El estudio y la reconstrucción desde el análisis histórico-crítico, abarcado en la vida de Isaac Newton y su pensamiento referido a las leyes de movimiento y gravitación, se desarrolla en el marco teórico que abarca el contexto cultural, filosófico, religioso y científico de la Inglaterra de finales del siglo XVI y XVII. El Puritanismo en Inglaterra, Empirismo filosófico y su influencia de la nueva ciencia, Orígenes de la Royal Society, vida de Newton, influencias filosóficas, científicas y matemáticas y Contexto en la creación de los Principia, su estilo y estructura.

5. Metodología

Acopio de documentos relacionados con el contexto científico, filosófico, religioso del siglo XVI y XVII y textos de biógrafos de Newton y estudiosos de su obra los Principia.
 Reconstrucción desde el análisis histórico-crítico de la vida de Isaac Newton y en el cual se genera su obra los Principia.
 Elaboración de la estructura y organización cronológica de los textos que aparecen en la narración histórica ilustrada.
 Elaboración de los bocetos que se digitalizarán para realizar la ilustración.

6. Conclusiones

La narración histórica ilustrada puede ser una herramienta que facilite la comprensión de un concepto de las ciencias. permite concebirlo desde el contexto (filosófico, político, social, religioso) del cual emerge, entendiendo que la ciencia es una actividad humana que se ve influenciada por los eventos y sucesos que se establecen en las diferentes épocas. Presentarla como un escenario histórico en el salón de clases, puede ser una manera en la que la ciencia se muestre interesante, logre atrapar la atención y despierte la curiosidad por conocer y descubrir el mundo que nos rodea.

El diseño de la narración histórica ilustrada es el producto de este trabajo de grado, nace de la curiosidad personal de entender y comprender como los conceptos científicos se ven influenciados por la época en la que emergen, de la reconstrucción histórica de la vida de un personaje como lo es en este caso Isaac Newton, de lo llamativa que se muestra la historia en el proceso de contrastar sucesos y relacionarlos con la actividad científica con la vida del personaje y de cómo estos se pueden presentar en el contexto educativo para que sean más atractivos e interesantes en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias

Elaborado por:	William Andrés Ovalle Ortiz
Revisado por:	Juan Carlos Orozco Cruz

Fecha de elaboración del Resumen:	14	11	2019
--	----	----	------

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA PERSPECTIVA CULTURAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE FISICA

**TRABAJO DE GRADO: LA NARRACIÓN HISTORICA ILUSTRADA: HACIA UNA
CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA Y BIOGRÁFICA DEL PENSAMIENTO
NEWTONIANO SOBRE EL MOVIMIENTO Y GRAVITACIÓN.**

ESTUDIANTE: WILLIAM ANDRÉS OVALLE ORTIZ

ASESOR: JUAN CARLOS OROZCO

A Dios, a mi madre, a mis hermanos, a mi sobrino y
a mi primo Jose, quienes me animaron y creyeron en mí.

CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo general	12
2.1.1 Objetivos específicos	12
3. JUSTIFICACIÓN	12
4. ANTECEDENTES	14
4.1. Locales.....	14
4.1.1 Cherres, Y. (2012). El Movimiento: una propuesta para reconocer los aspectos involucrados en la formalización de conceptos Físicos con los grados 11. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia	14
4.1.2 Campos. (2011). Estrategia didáctica para la comprensión de la tercera ley de Newton. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.	14
4.1.3 Céspedes, J. (2012). El movimiento de los cuerpos: una estrategia didáctica para la básica primaria. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.....	15
5. MARCO TEÓRICO.....	16
5.1. El Análisis Histórico-Crítico En La Narración Histórica Ilustrada	16
5.2. La Narración Ilustrada: Algunas definiciones de narración.....	18
5.3. Narración	19
5.4. Narración Visual	20
5.5. Diseño De La Narración Histórica Ilustrada	21
5.5.1. El Contexto Religioso, Filosófico Y Científico De La Inglaterra De Los Siglos XVI Y XVII.....	22
5.5.2. Contexto Religioso: El puritanismo en Inglaterra.....	22
5.5.3. Contexto Filosófico: Empirismo Como Corriente Filosófica.....	25
5.5.4. El Empirismo En La Influencia De Diferentes Autores De La Ciencia Moderna....	26
5.5.5. Contexto Científico: El Colegio Invisible y la Royal Society.	30
5.5.6. Movimiento Y Gravitación: La Vida De Un Genio “Y Dios Dijo Hágase Newton: Y Todo Fue Luz”	34
5.5.7 Formación académica y autodidacta de Newton	38
5.5.8 Anni mirabiles “años extraordinarios”	42
5.5.9. Newton el Puritano.....	42
5.5.10 Alquimia	44

5.5.11. Los sistemas del mundo antes de los <i>Principios matemáticos de la filosofía natural</i> .	46
5.5.12. Los primeros acercamientos a la Gravitación universal.....	48
5.5.13. Petición de Hooke a Newton “el problema de la atracción de los cuerpos hacia el cuerpo central”	49
5.5.14. Visita de Edmund Halley a Newton y el libro de loscuarenta chelines	51
5.5.15. De Motu	52
5.5.16. Principios Matemáticos de la filosofía natural	53
6. FASES DEL TRABAJO DE GRADO	61
6.1 Fase I: Acopio documental y referentes conceptuales.....	61
6.2 Fase II: Estudio histórico-crítico Newton y su contexto.....	62
6.3 Fase III Elaboración de la narración histórica ilustrada.....	62
6.3.1 Estructura y argumento de la narración.....	62
6.3.2 Elaboración de criterios pedagógicos para el diseño de la narración histórica ilustrada	62
6.3.3 Elaboración de textos narrativos y bocetos.....	64
6.3.4. Derechos De Autor De Ilustraciones.....	66
6.3.5. FASE IV Reflexiones finales: Aprendizajes y conclusiones.....	67
7. BIBLIOGRAFÍA	69
8. ANEXOS	71

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El interés principal de la física como el de todas las ciencias naturales es comprender la naturaleza y los sucesos, eventos y fenómenos que transcurren en ella. En la antigüedad uno de los interrogantes que más llamaba la atención era el fenómeno del cambio y movimiento de los cuerpos. Del conocimiento occidental, el primer principio del movimiento se encuentra con Aristóteles, según él: “*el cuerpo en movimiento se detiene cuando un cuerpo que lo empuja deja de actuar*”¹; Aristóteles relacionaba el movimiento de los cuerpos con el cambio, lo diferenciaba del reposo y lo asociaba a un estado momentáneo entre un estado inicial y un estado final. Para este pensador no había relación entre el espacio y el tiempo, el concepto de espacio estaba relacionado con el lugar que ocupan los cuerpos sin ningún vínculo con la transformación que estos pueden sufrir con el tiempo.

Es con Galileo Galilei que el estudio del movimiento empieza a ser tratado de manera experimental; Galileo trabaja la caída de los cuerpos y con base en sus observaciones concluye que “*un cuerpo podría moverse indefinidamente con velocidad constante sobre un plano horizontal*”². Esta ley conocida como ley de la persistencia del movimiento horizontal o ley Galileana de la inercia más tarde fue complementada por Sir Isaac Newton, mencionándola como la base fundamental de la cual se desprenden sus otros principios de movimiento. Estas leyes las cuales se constituyen las novedades de la física en el siglo XVII y marcarían de forma revolucionaria las ciencias físicas para los siglos posteriores.

La revolución que nace con las ideas de Newton se presenta en los Principia, en ellos se desarrolla un sistema del mundo donde se relacionan las matemáticas con los fenómenos físicos, se mencionan por primera vez las leyes que rigen el movimiento de los cuerpos y la ley de gravitación universal. allí expuso su interpretación mecanicista de los fenómenos físicos, que dominaron la física hasta la teoría de la relatividad y la teoría cuántica. Después de formular sus principios procedió a desarrollar el tratamiento matemático de los fenómenos

¹ Aristóteles (1995) *Física libros III* Editorial Gredos, S.A España. *Indeterminación del movimiento. Precisiones sobre lo moviente en lo movido* pág.84.

² José Granés (2005) *Isaac Newton: Obra y contexto Una introducción. La caída de los graves y la matematización del movimiento*. Universidad Nacional de Colombia. Pág.29.

mecánicos de forma tan clara y precisa que siguen siendo utilizados en los libros modernos de mecánica clásica.

Los Principia son de gran importancia en la Revolución Científica y en la historia intelectual de la humanidad, en las palabras de Cohen (1980) *“el aspecto más revolucionario de los Principia de Newton fue la elaboración de un método increíblemente eficaz para abordar matemáticamente las realidades del mundo externo, tal y como se muestran en los experimentos y observaciones y se codifican mediante la razón. A eso es lo que yo llamo el estilo Newtoniano, el estilo adoptado en los Principia de Newton en aras del desarrollo de los principios matemáticos susceptibles de aplicarse de manera significativa y fecunda a la filosofía natural”*³.

*En los Principia Newton define los conceptos de “Cantidad de materia” (masa), “cantidad de movimiento” (momento mecánico), “vis insita” (fuerza innata, o inercia o resistencia de todo cuerpo al cambio de estado de reposo o movimiento) y fuerza imprimida-aquella que ejercida sobre un cuerpo es capaz de cambiar su estado de reposo o movimiento- Conocidas como leyes de Newton – y la ley de la gravitación universal. Newton hace además varias aportaciones en el campo de la dinámica de sólidos y fluidos, óptica y astronomía*⁴.

Las leyes de movimiento de Newton permiten relacionar la fuerza que actúa sobre un cuerpo y las alteraciones que ésta puede causar en el movimiento o en el reposo de dicho cuerpo, estas leyes están implícitas en la gran mayoría de actividades que se realizan en la vida cotidiana, como el desplazarnos, lanzar una pelota, montar bicicleta, la construcción de un puente entre otras.

De acuerdo a lo expresado hasta este momento es posible identificar la importancia y aplicaciones de los planteamientos de Newton, sin embargo en la observación realizada durante la práctica I a los estudiantes de grado décimo del colegio Institucional I.E.D.I.T.I. se pudo evidenciar que: la gran mayoría de los estudiantes presentan desinterés frente a la

³Bernard Cohen. (1980). *La revolución Newtoniana y transformación de las ideas científicas*, Madrid España. Alianza Editorial. Pág. 48.

⁴Gamow George, (2007), *Biografía de la Física, Dios dijo: “Que sea Newton”*. Alianza Editorial. Pág.54.

temática; no logran relacionarla con las actividades cotidianas, memorizan las leyes planteadas por Newton y como no comprenden, presentan dificultades en la representación matemática de las mismas y otro aspecto que resulta relevante se asocia a la forma en la que el maestro enseña la temática y la prevalencia de ausencia del contexto de donde emergió la teoría.

De acuerdo a lo planteado anteriormente y reflexionando acerca de la forma en la que se enseñan las leyes del movimiento de Newton, se hace fundamental pensar si es posible enseñar las leyes de Newton con solo su formulación matemática sin el pensamiento que subyace en las mismas.

La temática del movimiento de los cuerpos se aborda en la escuela según indicaciones de los *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales*⁵ durante todos los ciclos escolares. Frente a la temática mencionan que los estudiantes deben identificar, explicar, registrar, y finalmente en grados superiores modelar matemáticamente el movimiento y las fuerzas que se relacionan entre los cuerpos ya sean objetos, cuerpos celestes, seres humanos, acciones mecánicas, etc.

- Dichos documentos afirman que frente al movimiento el estudiante debe:
- Identificar tipos de movimiento en seres vivos y objetos, y las fuerzas que los producen.
- Registrar el movimiento del Sol, la Luna y las estrellas en el cielo, en un periodo de tiempo.
- Comparar movimientos y desplazamientos de seres vivos y objetos.
- Relacionar el estado de reposo o movimiento de un objeto con las fuerzas aplicadas sobre éste.
- Verificar relaciones entre distancia recorrida, velocidad y fuerza involucrada en diversos tipos de movimiento.
- Modelar matemáticamente el movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos

A través de la practica I de observación realizada en el colegio Internacional resultó posible aproximarse a una primera conclusión relacionada con la enseñanza del pensamiento

⁵*Estándares básicos de competencias en ciencias naturales.* (2004). Ministerio de Educación Nacional.

Newtoniano y es que llega concretamente a través de unas leyes que dejan de lado la vida de Newton su contexto histórico y pensamiento, por lo tanto, surge la siguiente pregunta:

¿Cómo la historia nos permite presentar una imagen del pensamiento Newtoniano en relación a las leyes de movimiento, sin reducirlo a formalismos matemáticos de la mecánica?

2. OBJETIVOS:

2.1 Objetivo general

Diseñar una narración histórica ilustrada de la vida de Newton y del contexto histórico en el cual emerge la obra de los *Principios matemáticos de la filosofía natural*.

2.1.1 Objetivos específicos

- Elaborar un estudio histórico sobre el contexto de la vida de Newton y de su obra los *Principios matemáticos de la filosofía natural*.
- Identificar de manera cronológica hechos religiosos, científicos, y filosóficos que constituyeron el ambiente intelectual en el cual Isaac Newton desarrolló su obra titulada Principios matemáticos de la Filosofía Natural, publicada en 1687. para la elaboración de la narración histórica ilustrada.
- Elaborar una narración histórica ilustrada a partir de la reconstrucción de saberes científicos, el análisis histórico- crítico y una mirada constructivista de la enseñanza de las ciencias.

3. JUSTIFICACIÓN

Diseñar una narración histórica ilustrada en la que se desarrolle el ambiente religioso, filosófico y científico de la Inglaterra de los siglos XVI y XVII, la vida y pensamiento de Newton de su obra *los principios matemáticos de la filosofía natural* son pertinente porque:

La observación realizada a las clases de física permite afirmar que se ignoran aspectos históricos referidos a la vida y obra de Newton lo cual favorece que los estudiantes estructuren una imagen deformada de la manera en la que se construyen y evolucionan los conceptos científicos y las relaciones que estos guardan con otros contextos como la

Filosofía, la religión, la sociedad, la historia y la matemática, desconociendo por completo que las ideas científicas, en nuestro caso las ideas newtonianas, se permearon por el contexto cultural, religioso, filosófico e intelectual de la época. Lo anterior se corrobora con afirmaciones como:

"No hay materia que no pueda hacerse más interesante y atractiva con la introducción de consideraciones filosóficas o históricas... Ver la ciencia como una actividad cultural que afecta a otras áreas de la vida (religión, ética, filosofía) y se ve a su vez afectada e influenciada por ellas. Empezar a comprender como y en qué sentido la ciencia nos da la mejor comprensión que tenemos del mundo en que vivimos⁶"

Los estándares básicos en competencias de ciencias naturales del último ciclo afirman que los estudiantes deben desarrollar ciertas habilidades, como: formular preguntas específicas sobre aplicaciones de teorías científicas, y utilizar las matemáticas para modelar en forma de ecuaciones, funciones y conversiones; podría considerarse que esta temática es de vital importancia porque se constituye en un aspecto que le evaluarán al estudiantes mediante las pruebas de estado y podrían constituirse en los conocimientos de base para ingresar al estudio de algunas carreras como las ingenierías. El futuro ingeniero debe tener sólidos conocimientos de la física clásica, para que este en la capacidad de desarrollar un pensamiento analítico y crítico basado en las leyes del movimiento desde la perspectiva Newtoniana y no en el sentido común, por otro lado, la física clásica es un soporte a la formación integral de un Ingeniero y requiere en él, el entendimiento general de los conceptos básicos que involucran las leyes de las ciencias de la naturaleza.

El pensamiento de Newton cambio la forma de ver el mundo puesto que sus interrogantes no iban frente a la descripción del movimiento, sino a las causas que permitían el movimiento:

“Newton procedió de modo distinto, ya que comenzó discutiendo la índole de la Fuerza que pudiera actuar sobre los planetas, sino que se preguntó por las propiedades matemáticas de una fuerza capaz de producir la ley de áreas, cualesquiera que fuesen sus causas y modo de acción o cualquiera que fuese su índole, así pues, se demostró que una ley que describía

⁶Solbes, J y Traer M. (1995). *la utilización de la Historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química*. Institut de batxillerat Sant Vicent Ferrer. Cita de Matthews (1990). Valencia

matemáticamente los fenómenos era matemáticamente equivalente a un conjunto de condiciones causales de las fuerzas y movimientos”⁷.

Lo anterior implica que los estudiantes deben desarrollar habilidades para poder aprender cuestiones de un cierto nivel de complejidad y abstracción como las que plantean las Ciencias físico natural.

4. ANTECEDENTES

4.1. Locales

4.1.1 Cherres, Y. (2012). El Movimiento: una propuesta para reconocer los aspectos involucrados en la formalización de conceptos Físicos con los grados 11. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

En este trabajo él autor identificó una serie de problemas que se relaciona con la actitud que los estudiantes expresan frente al aprendizaje de las ciencias y a la ausencia de estimulación de las habilidades de pensamiento crítico cuando se presentan diferentes temáticas y esto presenta a la ciencia como verdadera, incuestionable y una acción no humana. A partir de esta problemática, pretende identificar algunos criterios didácticos que favorezcan los procesos de aprendizaje de las causas del movimiento, desde la perspectiva de Newton, para el diseño de una estrategia didáctica.

A partir de la implementación el autor concluye que establecer criterios para una estrategia didáctica de aula sirve como organizador de la misma. En primer lugar, favorece el desarrollo de reflexiones sobre la pertinencia de implementar una u otra estrategia, reconociendo aspectos propios de la disciplina y de la población. También aportó en la identificación de las diferentes características de los estudiantes con los que un docente interactúa en su labor profesional permitiendo construir aproximaciones sobre aquellas acciones que como maestro generan actitudes críticas y reflexivas en los estudiantes.

4.1.2 Campos. (2011). Estrategia didáctica para la comprensión de la tercera ley de Newton. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

⁷ Bernard Cohen. (1980). *Lar revolución Newtoniana y transformación de las ideas científicas*, Madrid España. Alianza Editorial. Pág. 60.

Esta investigación se centró en el diseño de una propuesta didáctica que permite aproximar a estudiantes de décimo grado a una comprensión de los conceptos físicos implicados en las tres leyes de Movimiento de Isaac Newton, en particular la Tercera ley de Newton. Los elementos conceptuales que son el eje central de la propuesta didáctica en términos pedagógicos son: El video, la lectura y la pregunta, en términos disciplinares: la teoría de movimiento de Aristóteles, la teoría de movimiento y la definición del concepto de inercia de Galileo Galilei y las tres leyes de movimiento de Isaac Newton. La propuesta tenía cinco momentos didácticos con los que se buscaba, acercar a los estudiantes a la comprensión de conceptos relacionados con la tercera ley de Newton y que ellos puedan explicar en sus discursos lo que esta significa.

4.1.3 Céspedes, J. (2012). El movimiento de los cuerpos: una estrategia didáctica para la básica primaria. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá

En esta propuesta Investigativa se tuvo como propósito realizar un estudio a partir del diseño y aplicación de una estrategia didáctica, que permitiera identificar aquellos aspectos implicados en la forma en la que los niños de básica primaria se aproximan al estudio de los cuerpos de la naturaleza y las cualidades relacionadas con el movimiento. Este estudio se desarrolla a partir de una reflexión realizada sobre la práctica pedagógica y las comprensiones alcanzadas en relación al proceso de enseñanza y aprendizaje de la física. De este modo se diseña y aplica una estrategia didáctica centrada en el estudio de la física Aristotélica considerando que guarda una estrecha relación con las explicaciones que construyen los niños sobre el movimiento. La implementación de la estrategia favoreció el logro del objetivo general, los niños se familiarizaron con la terminología propia de la física Aristotélica y lograron vincularla con situaciones propias de su experiencia sensible. Además, se hicieron evidentes para el maestro en formación aspectos centrales sobre la forma en la que los estudiantes se aproximan al estudio del movimiento de los cuerpos y las posibles rutas históricas sobre las cuales debería direccionarse el estudio de este tema en los diferentes niveles escolares.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. El Análisis Histórico-Crítico En La Narración Histórica Ilustrada

Para el desarrollo de la narración histórica ilustrada se tendrá en cuenta, entre otros aspectos, el análisis histórico-crítico como base teórica que permitirá establecer la ruta para la construcción de la narración y que dará lugar al abordaje e iniciación de un tema disciplinar en la enseñanza de la física, en este caso; las leyes de movimiento y la gravitación universal, relacionando la vida de Isaac Newton y el contexto Religioso, filosófico y científico de Inglaterra de finales del siglo XVI y el siglo XVII, permitiendo que por la influencia de estos contextos y su ingenio, desarrolla su obra Los principios matemáticos de la filosofía natural.

Según Ayala (2006) *“la ciencia es concebida como una actividad de comprensión del mundo que, de acuerdo a contextos socio-culturales específicos y dando respuesta a éstos, desarrolla una comunidad que se ha venido constituyendo históricamente, legitimándose socialmente, generando tradiciones y recomponiéndose de acuerdo a las dinámicas de las condiciones históricas”*⁸. en este orden de idea, la ciencia es una actividad netamente humana que nace y se ve permeada por el contexto socio-cultural, del cual emergen los conceptos físicos, los cuales están anclados a las dinámicas de la época de la que surgen, respondiendo a necesidades y preguntas que se presentan en la comunidad científica y que en relación a su desarrollo rompen paradigmas que se han establecido históricamente. A la luz de este trabajo y en relación con lo expuesto por Ayala, es necesario que la creación y diseño de la narración histórica de las leyes de movimiento y la gravitación universal, como tema disciplinar, establezca una conexión con el contexto religiosos, filosófico y científico del siglo XVII en Inglaterra y a su vez presente la vida de Isaac Newton y su obra los principios matemáticos de la filosofía natural.

Ahora bien, si se pretende anclar los acontecimientos históricos que dan lugar a un tema disciplinar de la física y la manera de enseñarlos en el salón de clases, es pertinente que el maestro en su formación haya tenido un acercamiento a los escritos y fuentes originales de los conceptos físicos. Granes y Caicedo (1997) mencionan que retornar a los documentos

⁸ Mercedes M, (2006). *Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. Pág. 27

originales permite: *“Entender que los conceptos que finalmente fueron decantados en un paradigma, y que son presentados de manera acabada y precisa en los libros de texto, tuvieron una génesis y un proceso de desarrollo; permiten enriquecer el concepto, flexibilizándolo y sugiriendo nuevos significados y relaciones. - Identificar las problemáticas que originalmente motivaron la elaboración de un conocimiento particular y, en muchas ocasiones, las contradicciones y los debates entre posiciones contrapuestas; problemáticas y debates que, en general, no aparecen en los libros de texto. - Responder adecuadamente a preguntas que se suelen hacer los estudiantes sobre el origen y fundamentación de los principios básicos de la física”*⁹. Esto quiere decir que los conceptos que en algún momento fueron estipulados en los libros de texto para la enseñanza de la física se muestran como conceptos acabados y fuera de contexto, sin un abarcamiento histórico, lo cual dificulta un enriquecimiento general del concepto, sino una aproximación a él, desligándolo de su emergencia, oposiciones, debates y problemáticas que marco en la época de la que surgió.

El Análisis Histórico-críticos, para Ayala (2006) se muestra desde tres vertientes que están directamente relacionadas, la primera es el tema disciplinar, la segunda en la concepción histórica y epistemológica que da lugar a dicho tema y la última al ámbito pedagógico y didáctico en la enseñanza del tema. En este último *“En dicho proceso, es posible distinguir dos momentos: uno, de diseño de la propuesta (definición y estructuración de las actividades didácticas) en el que juega de manera decisiva los supuestos del maestro-investigador sobre las condiciones cognitivas de los estudiantes; y otro, de trabajo en el aula, en el que se realiza un proceso de ajuste permanente de la propuesta, de acuerdo a las especificidades del grupo en cuestión. Sobre este segundo momento, es importante señalar que no se trata de examinar la bondad de la propuesta (si es o no exitosa) o el efecto de la propuesta didáctica. Se busca, ante todo, detectar las dificultades y las posibilidades que surgen de la manera como son expuestas y estructuradas las situaciones problemáticas, así como de las condiciones provistas para abordarlas; se busca también rescatar las acciones diversas que el profesor lleva a cabo para superarlas e identificar formas de abordarlas manifiestas en el trabajo realizado por los estudiantes. Es esta una actividad que enriquece la experiencia del*

⁹Citado en *Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades* Mercedes M, (2006). Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. Pág. 29.

profesor y su conocimiento tanto en física como en pedagogía. Por último, es necesario señalar que con los estudios histórico-críticos se ha buscado también contribuir a ese movimiento generado por investigadores en el campo de la enseñanza de la física que ven la necesidad de modificar la forma como usualmente se presenta esta disciplina, poniendo en circulación en el medio de los docentes de física formas alternas de organizar los fenómenos, con el fin de mostrar la posibilidad de otras selecciones y estructuraciones temáticas que puedan resultar más significativas para la enseñanza de la física”¹⁰. Basándome en lo expuesto anteriormente por Ayala, me es pertinente utilizar el análisis histórico-crítico para la creación y diseño de una narración histórica ilustrada como herramienta pedagógica y didáctica que permita mostrar una manera diferente de presentar y enseñar las leyes de movimiento y gravitación universal a los estudiantes y también sea de interés para los que tienen cierta curiosidad por la historia de las ciencias.

5.2. La Narración Ilustrada: Algunas definiciones de narración

Pérez (2014), define: “La narración es un género literario en donde un narrador cuenta la historia y los personajes pueden dialogar durante las acciones, la acción se ubica en un espacio y un tiempo, manejando hechos ficticios o reales”. Por otro lado, McEwan y Egan (1998), definen que “la narrativa o narración se refiere a la estructura, el conocimiento y las habilidades necesarias para construir una historia. En lenguaje cotidiano, los términos «historia» y «narrativa» son sinónimos: relatos de actos que por lo general involucran a seres humanos o animales humanizados. Una historia tiene personajes; tiene comienzo, medio y fin; y se unifica por medio de una serie de eventos organizados”. Sin embargo, para otros autores, la narrativa y la historia poseen aspecto que las diferencia una de otra, (Culler, 1975) y (Chatman,1978) mencionan que la narrativa es producto de la historia y su “discurso” hace referencia a la manera en se pretende mostrar, dando como resultado a la narrativa como un texto organizado; “Una narrativa tiene dos partes: la historia y el discurso. La historia incluye los acontecimientos, los personajes y los escenarios que constituyen el contenido de una narrativa. El discurso es el relato, expresión, presentación o narración de la historia. El discurso puede ser oral, escrito o representado dramáticamente; también puede ser película cinematográfica, dibujo, mimo o danza. Y por último Young, (2013), define “La narración

¹⁰ Mercedes M, (2006). *Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. Pág. 33

es un tipo de texto en el que se cuentan hechos reales e imaginarios. Tiene importancia de estudiar y argumentar la historia y las acciones. Los personajes que las llevan a cabo, el tiempo y el espacio donde se desarrollan, cómo se ordenan todos estos elementos estructurales desde qué punto de vista se cuentan. El relato presenta una acción principal y varias secundarias. Estas acciones se combinan entre sí, alternando su aparición y entrecruzando sus desarrollos para conformar el ritmo de la narración”¹¹.

5.3. Narración

De acuerdo a estas definiciones la narración hace referencia a una serie de actos, situaciones y hechos particulares en la historia, situándolos de manera espacial y temporal, donde el narrador tiene por objeto no solo contar la historia, sino que pone en juego ciertas habilidades y destrezas que permitirán relatar dicha historia por medio de un “discurso” refiriéndose a las diferentes maneras en la que se narra y se presenta la historia. debido a esto, para la construcción de una narración se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

Autor: selecciona el tema central, los acontecimientos y hechos particulares que considera relevantes para narrar la historia.

Tema central: Idea general del autor y sobre lo que se quiere narrar. Si se pretende contar un hecho particular de la vida de un personaje, se tiene en cuenta ¿Qué se quiere narrar? y ¿Qué situaciones, hechos, momentos particulares son pertinentes de abordar? ya que se puede perder el horizonte en la historia. Respondiendo estas dos preguntas se reconoce el tema central y los diferentes momentos de la historia que se desarrollarán en correspondencia a él. El título o nombre que se le dé a la historia debe estar directamente relacionado con el tema central.

los personajes: hace referencia a las personas (en algunos casos seres) reales o ficticias que protagonizan una historia, Dentro de la narración se muestra su personalidad, sus pensamientos y cualidades, además su protagonismo en la historia depende de su grado de participación en ella.

¹¹ Sung, M Young. (2013), *De la narración literaria a la narración visual: Proyecto de ilustración*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. Pág.29.

Espacio y tiempo: Sitúa los personajes involucrados en la historia en un “espacio” refiriéndose al lugar donde suceden los hechos y acontecimientos, abarca el espacio geografía, sitios específicos, situaciones sociales y culturales, mencionando los ambientes que se consideran pertinentes para desarrollar la historia. Todos los hechos que se narran y acciones de los personajes de la historia deben estar sujetos a un orden cronológico, por tanto, se tiene en cuenta la época y la duración de los acontecimientos en ella.

Discurso: Abarca en su totalidad los elementos mencionados anteriormente mostrando finalmente como se va a presentar y narrar la historia, puede ser oral, escrita, contada, representada o ilustrada.

5.4. Narración Visual

En relación a lo expuesto en el apartado de la Narrativa, es pertinente mencionar que la narración que se va a diseñar en este trabajo, para dar respuesta a la pregunta problematizadora de ¿Cómo la historia nos permite presentar una imagen del pensamiento Newtoniano en relación a las leyes de movimiento, sin reducirlo a formalismos matemáticos de la mecánica? Tendrá un discurso de corte ilustrativo, cito a Mi- Young Sung (2013) en su trabajo de master *De la narración literaria a la narración visual*, en el cual menciona “*La interrelación entre la narración literaria y narración ilustrada desde la definición concurren un concepto de ilustración, más allá de la común valoración utilitaria y está profundamente implicado con el psiquismo, la cultura, el arte y la humanidad. Se perfila así lo que es no ya solo un género creativo, sino una categoría de naturaleza estética y epistemológicamente*”¹².

La narración Ilustrada está dentro del campo de las artes, en ese sentido creo que la importancia de relacionar un tema disciplinar de la física con la parte artística, en este caso la ilustración, muestra una transformación y una propuesta interesante en la manera de presentar los temas disciplinares en física y llevarlos al aula, esta idea descansa en lo expuesto por Ayala, cuando habla de las dos vertientes en la enseñanza de los análisis histórico-crítico (ciencia como actividad humana y el reconocimiento de su génesis y el fenómeno cultural paradigmático que puede generar) y la finalidad de reconocerlos para que enriquezcan, flexibilicen, relacionen y respondan al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias

¹²Sung, M Young. (2013), *De la narración literaria a la narración visual: Proyecto de ilustración*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. Pág.31.

presentadas desde el diseño de propuestas pedagógicas y didácticas que se muestran interesantes e inquietantes ante los estudiantes.

Por otro lado, la ilustración la sigue definiendo Mi-Young como: *“El pensamiento que contiene la ilustración no sólo en construir en objeto de la interpretación individual sino es filosofar a través del trazo de sus líneas y en la extensión de sus colores, metafísica figurada en ella. La auténtica observación de meditar y retratar sobre el mundo real mediante figuras simbólicas. Cabe comprender que se representa mucho más de cuanto se representa. Ilustrar entonces, significa mostrar una especie de unidad que está en la y por la sensación que vive sujeto y objeto, el yo y el mundo y, consecuentemente, el ilustrador y la imagen recreado para contar lo que ve, piensa y transmite visualmente a través de su actitud crítica ante el mundo”*¹³. En este sentido la ilustración va más allá de la creatividad personal, está arraigada a la visión del mundo de una manera crítica ante la sociedad, la historia y la cultura.

Para concluir este apartado quiero destacar que esa relación entre historia y enseñanza se elaboró procurando incorporar los planteamientos y desarrollos logrados por la línea de profundización I **Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural**, con respecto al uso de la historia y la filosofía de las ciencias para el establecimiento de criterios que permitan orientar la investigación de la labor profesional del maestro en ciencias y su relación con la cultura y la sociedad.

5.5. Diseño De La Narración Histórica Ilustrada

Estableciendo las bases teóricas que dan solides al diseño y elaboración de la narración histórica ilustrada, en el siguiente apartado se realiza la narración literaria de la vida de Isaac Newton en relación a las leyes de movimiento y la gravitación desde el contexto Religioso, filosófico y científico de Inglaterra de finales del siglo XVI y el siglo XVII. En cada uno de los apartados al final se mostrarán **ALGUNAS** páginas de la narración histórica ilustrada con su respectiva ilustración y la diagramación de texto que sintetizan la información relevante de cada capítulo.

¹³Sung, M Young. (2013), *De la narración literaria a la narración visual: Proyecto de ilustración*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. Pág.33.

Nota: Todas las imágenes mostradas en este apartado, están bajo la propiedad y los derechos de autor de este trabajo de grado, las imágenes que no sean propias del autor se citarán en el apartado final del trabajo con su respectivo derecho de autor y no podrán ser reproducidas por ningún medio sin el permiso debido del autor.

5.5.1. El Contexto Religioso, Filosófico Y Científico De La Inglaterra De Los Siglos XVI Y XVII.

El contexto cultural que vivió la Inglaterra del siglo XVII, marco la vida científica y la trayectoria personal de Isaac Newton, su protagonismo en la ciencia no puede comprenderse fuera del ambiente religioso, filosófico y científico. En este orden de idea, este apartado pretende hacer un estudio al ambiente que permeó su vida y su obra *los principios matemáticos de la filosofía natural*. Se podría afirmar que su vida, en su actitud frente al conocimiento, a la búsqueda de Dios y su valoración a la filosofía natural, es representativa de la cultura de la época y aun tres siglos después, en donde su obra científica es con considerada como una obra revolucionaria y paradigmática del pensamiento moderno.

Para la comprensión de la actividad intelectual de Isaac Newton y de las características que reviste su trabajo en el campo de la Filosofía Natural, las leyes del movimiento y la gravitación, es necesario analizar el contexto religioso, filosófico y científico de la Inglaterra de los siglos XVI y XVII.

Para los efectos, se tendrán en cuenta, entre otros, los aportes de autores como Max Weber, Robert Merton, José Granés y Richard Westfall y la versión al castellano de *Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* de Eloy Rada.

5.5.2. Contexto Religioso: El puritanismo en Inglaterra

Uno de los mayores acontecimientos históricos en la religión que influyó a Inglaterra en el siglo XVII fue la Reforma Protestante, que surge por la disputa del Rey Enrique VIII y el Papa Clemente VII, debido a la anulación de matrimonio del Rey con Catalina de Aragón, se desencadenan una serie de sucesos que condujeron a la ruptura de Inglaterra con la iglesia católica.

El rey Enrique VIII entra en diferencias con el Papa Clemente VII y decide quitarle su potestad e influencia sobre la iglesia de Inglaterra, ahora es el Rey quien tendrá el mando frente a las instituciones eclesiásticas y esto conlleva a un cambio de costumbres y tradiciones religiosas, es así como nace la Iglesia anglicana. Más adelante el Rey Jacobo I, en 1610 origina la traducción de la biblia al inglés, esto a favor del protestantismo, constituye un hecho importante tanto cultural como capitalista ya que las sagradas escrituras son accesibles de manera individual e interpretadas a modo personal para llegar a alcanzar la salvación.

Todos estos hechos permiten que en el año 1650 en Inglaterra exista una gran dispersión de iglesias tanto anglicanas como calvinistas. Las sectas protestantes se diferenciaban en la forma de hacer sus rituales y su orden eclesiástico era distinto al de la iglesia católica, pero cada uno de ellos llevaba igual a tener una relación personal con el espíritu, un comportamiento de vida alejado de los pecados, y una búsqueda por la ética y la moral, esto se conoce en la historia como *la ética puritana*.

“la ética puritana, constituye un fenómeno cultural de grandes persecuciones políticas, sociales y económicas en la Inglaterra del siglo XVII. Se ha sostenido que la ética puritana fue un terreno fértil para el desarrollo de la economía capitalista y un apoyo para la legitimación social de la nueva ciencia”¹⁴.

El puritanismo abarca la divinidad de Dios sobre todas las cosas como inicio y fin supremo del hombre, sus bases importantes y religiosas a diferencia del catolicismo está en la realización de obras para un bien común y social, donde se articula lo espiritual y lo material de manera que para alcanzar la salvación se logrará a través de las obras terrenales útiles para la comunidad o la sociedad.

La ética puritana pone como principal autor a la razón y a la fe medida por esta, puesto que las sagradas escrituras deben ser leídas e interpretadas por cada persona que a diferencia del catolicismo recae la responsabilidad de las escrituras como la salvación, además la razón es

¹⁴ José Granés (2005) *Isaac Newton: Obra y contexto Una introducción. Puritanismo en Inglaterra*. Universidad Nacional de Colombia. Pág.38. cita de los ensayos de Robert Merton *ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*, Alianza Universidad 1984 y “El estímulo puritano a la ciencia” en Robert Merton *La sociología de la ciencia*, Alianza Universidad 1977, Vol. 2 PP. 309-308. También el libro de Max Weber *La ética protestante y el “espíritu” de capitalismo* Alianza Editorial, Madrid 2001.

considerada como un medio para tener dominio propio y elevarse por encima de la naturaleza pecaminosa.

El desarrollo intelectual en el que actúa la razón en el puritanismo, es un intelecto controlado por lo empírico; *“el de una razón que se esfuerza por interpretar y organizar la experiencia que además se pone en acción en la organización del trabajo en sociedad”*. Granés 2005.

Por lo anterior el puritanismo está acorde con los ideales de la nueva ciencia experimental, en especial al empirismo, en donde predomina la experiencia y la ciencia empírica poniendo en juego los sentidos, esto permite sistematizar, organizar, dar cierto “método” y la razón debe estar acorde a la experiencia. *“El puritanismo defiende la idea de progreso y encuentra en la ciencia un motor de progreso”*¹⁵.

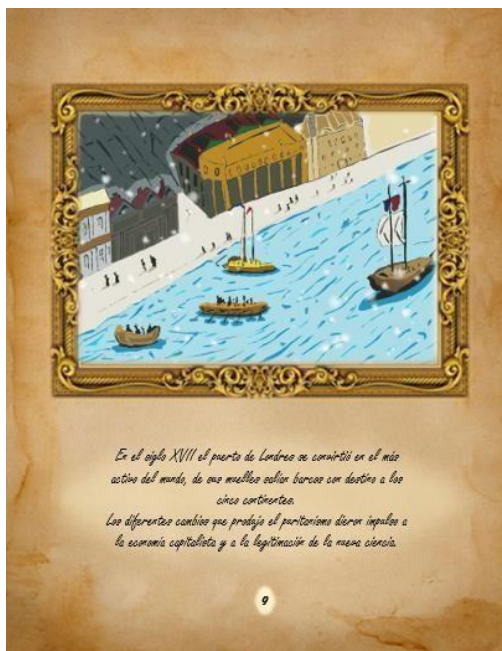
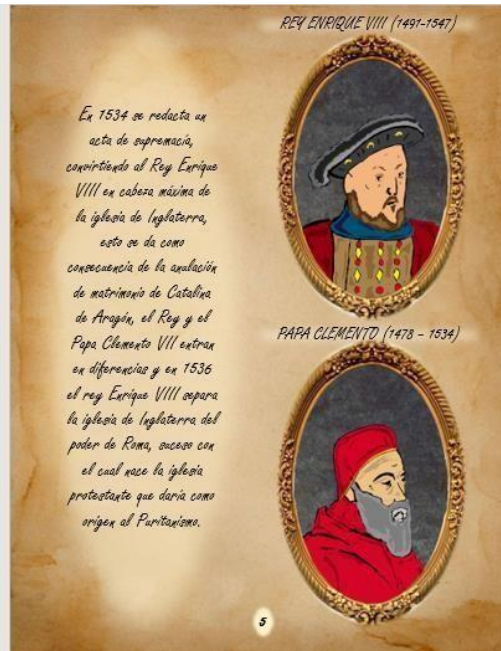
Se empezó a dejar de lado la visión mística a los fenómenos de la naturaleza, para considerarlos tal y como se presentan en la experiencia directa, de esta forma el espíritu del empirismo y de una nueva ciencia habría resultado de esta interpretación literal personal de las sagradas escrituras puesto que ejercer la ciencia era considerado, en sí misma, una actividad religiosa.

*“Los miembros de la Royal Society deben aplicarse a promover, mediante la autoridad de los experimentos, las ciencias de las cosas naturales y de las artes útiles para la gloria de Dios, el creador, y beneficio de la raza humana”*¹⁶.

Ver Anexo I. José Granés Cuadro: Comparación entre Puritanismo y catolicismo. Isaac Newton: Obra y contexto una introducción, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2005, p. 44.

¹⁵ José Granés (2005) *Isaac Newton: Obra y contexto Una introducción. La caída de los graves y la matematización del movimiento*. Universidad Nacional de Colombia. Pág.40

¹⁶ *Ibid.* P.42.



5.5.3. Contexto Filosófico: Empirismo Como Corriente Filosófica

En la edad Moderna la filosofía tradicional es amenazada por la teoría Heliocentrista de Nicolás Copérnico (1473-1543) y posteriormente por los progresos que la ciencia ha mostrado con nuevos métodos de investigación como los realizados por Galileo (1564-1642)

antes de él, hablar de un fenómeno natural implicaba dar cualidades sobre este y no basarse en la observación y el experimento.

La filosofía natural y la ciencia que se establece en el siglo XVII no se basa en especulaciones, cualidades o supuestos, ella establece que el conocimiento deriva a partir de la experiencia y tal cual se muestra a los sentidos. Para el filósofo John Locke (1632-1704) el único conocimiento que los humanos pueden poseer es el conocimiento basado en la experiencia y con ella se manifiestan nuestras ideas primero viene la *sensación* (provenientes de los sentidos) y *reflexión* (provenientes de las operaciones mentales: pensamientos, memorias...), en ambas se hace una apreciación entre ideas simples y complejas. *“Las ideas simples son creadas de un modo pasivo en la mente, luego de obtenerlas mediante la sensación. Por el contrario, las ideas complejas se crean después de la combinación, comparación o abstracción de las ideas simples”*¹⁷. De acuerdo con Locke, nuestro conocimiento de las cosas es una percepción de ideas, y en la agrupación de éstas podemos conocer.

Cabe resaltar que no solamente Locke desarrolló sus ideas frente al empirismo como corriente filosófica, también encontramos a George Berkeley y a David Hume. Berkeley como empirista afirman además que todo conocimiento procede por la experiencia, afirma en contra parte a Locke, que todas las ideas, ya sean simples o complejas, son solamente ideas. Para él *“ser es ser percibido”* es decir; que no podemos percibir la realidad, si no es a través de nuestra percepción de la experiencia, las cosas existen aun cuando no las veamos, porque nosotros ya tuvimos una experiencia con ellas.

Ver anexo 2. Mapa Empirismo como corriente filosófica y científica.

5.5.4. El Empirismo En La Influencia De Diferentes Autores De La Ciencia Moderna

Aunque la filosofía empirista se empieza a desarrollar de manera fuerte a comienzos del siglo XVII, la idea de la experiencia como modo de conocer, no era nueva en años anteriores. Los Autores que se mencionan en este apartado, realizaron observaciones para relacionarlas con la experimentación y deducir, a partir de estas, verdades generales y universales, teorías que permitieran reconocer un método único y general para abordar el estudio de la naturaleza de manera empírica. Cabe resaltar que debido al estudio del movimiento que se abarca en este

¹⁷Osborne Richard. (2005). *Filosofía I para principiantes*. Buenos Aires. Pág. 156.

trabajo, se mencionaran solo algunos autores que influenciaron a Newton a las leyes expuestas en su obra los Principia y que originan la idea de comprender la naturaleza del movimiento, a partir de leyes matemáticas generales.

En el campo de la astronomía Copérnico (1473 - 1543) a pesar de su puesto eclesiástico, de su formación teológica y de la creencia de la iglesia romana de que la tierra se encontraba en absoluto reposo en el centro fijo de la esfera celeste, trabajó arduamente y de manera silenciosa en un nuevo sistema del mundo, un sistema en donde no es la tierra sino el Sol el que está quieto en el centro de todas las cosas, Copérnico se basó en detalles geométricos que se imponían a la idea de una tierra inmóvil. Una de sus ideas centrales en su teoría es que los movimientos celestes son uniformes, eternos, y circulares o compuestos de diversos ciclos ideas que se expresan en términos geométricos como lenguaje del universo.

Así mismo la naturaleza del movimiento de los cuerpos celestes empezó a explicarse desde leyes generales a partir de observaciones. Kepler (1571 - 1630) guiado por un misticismo religioso, que se relacionaba de manera directa con sus explicaciones científicas, quería descubrir la belleza y la armonía de los cielos. Kepler se basó en la obra *las cónicas*¹⁸ del antiguo geómetra Apolonio para enunciar tres leyes del movimiento planetario:

Primera ley: *las órbitas de los planetas son elipses. El sol se encuentra en uno de los focos de la elipse.*

Segunda ley: *La velocidad de un planeta en su órbita es tal que las áreas barridas por la línea que une al sol con el planeta son iguales en tiempos iguales ”*

Tercera ley: *la proporción entre los tiempos periódicos de los planetas cuales quiera es de manera precisa a la proporción sesquiáltera de sus distancias ”*¹⁹

Estas leyes del movimiento planetario expuestas por Kepler son algunos de los ejes orientadores de la obra los principia de Newton.

Posterior a esto Galileo Galilei (1564-1642) en 1609 construyó un aparato que hacía parecer más próximos los objetos lejanos y con él exploró los cielos. En sus observaciones se dio cuenta que la teoría de Copérnico era cierta, pues la tierra se movía en relación a otros cuerpos

¹⁸ Edición de 1654 de Cónica de Apolonio de Perge. *El libro VI: tratado sobre cónicas semejantes.*

¹⁹ Citado por J. Granés en Isaac Newton Obra y Contexto una Introducción del libro Johannes Kepler *the Harmony of the world*, The American Philosophical Society 1997, P. 411. en el texto de Granés se encuentra en Pág 200.

celestes, este hecho se vio en manifiesto cuando observó que las lunas estaban orbitando un cuerpo distinto de la tierra. “*El efecto de esta evidencia y de certeza que produce el razonamiento de Galileo no puede evitar la formulación de preguntas como ¿Cual es, para Galileo, el grado de comportamiento de la representación matemática y el mundo con la realidad?*” en el libro *el saggiatore* nos responde: “*La filosofía está escrita en ese libro enorme que tenemos continuamente abierto delante de nuestros ojos (hablo del universo), pero que no puede entenderse si no aprendemos primero a comprender la lengua y a conocer los caracteres con que se ha escrito. Está escrito en lengua matemática, y los caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas sin los cuales es humanamente imposible entender una palabra; sin ellos es como girar vanamente por un oscuro laberinto*”²⁰.

Galileo quien podemos considerar como padre de la física experimental fue mantenido bajo arresto domiciliario por defender las ideas que exponía Copérnico, cuyas ideas las desarrollo en una de sus obra *Diálogos sobre los dos sistemas principales del mundo, el ptolemaica y el copernicano*, sin embargo no fue este libro quien le despertó el interés a Newton por conocer la manera de hacer ciencia Galileo, fue su trabajo más revolucionario, este tiene que ver con los movimientos de los cuerpos No celestes, en su libro *Discursos* desarrolla sus ideas sobre la ciencia de la mecánica, la ciencia que trata de las causas del movimiento y de sus efectos. En manos de Newton estas ideas se consolidarían en el principio de inercia o ley primera del movimiento en los principia.

En una filosofía más Racionalista, pero importante mencionarla para efectos de su influencia y contraposiciones que se presentaran en el pensamiento Newtoniano, Rene Descartes (1596-1650) desarrolló todas sus ideas basándose en un terreno más filosófico que experimental. la razón, para él; considerada como único medio para descubrir verdades universales del conocimiento. Desarrolló un sistema del mundo y del movimiento de los cuerpos celestes muy controversial para el siglo XVII y paralelamente trabajo en la geometría analítica cuya importancia en la época fue resolver problemas geométricos mediante la manipulación de expresiones algebraicas. Acompañado de Pierre de Fermat desarrollaron una manera de obtener la tangente a una curva en cualquiera de sus puntos, uno de los problemas también

²⁰ Citado en Granés J. Isaac Newton Obra y Contexto Una Introducción, Pág 15. De la OBRA DE Galileo, *El ensayador*, Editorial Sarpe, Madrid 1984, p.61.

abordados en los estudios de las matemáticas de Newton y que lo llevarían al camino de la invención del cálculo infinitesimal.

En el siglo XVII Francis Bacon (1561-1626) plantea que el método inductivo es el único método científico válido, esto quiere decir que registra de manera sistemática, hechos particulares a afirmaciones de carácter general. Incita a los científicos de la época a extraer los datos que dan los sentidos, y de allí la observación y el experimento serán la base del conocimiento científico, estos serán el punto de partida para construir las explicaciones y leyes científicas.

“Las Regulae de Descartes y el Novum organum de Bacon deben mucho a tal tradición. En la época de la Revolución científica una filosofía empírica de la ciencia no fue ninguna novedad.”²¹

“En cuanto a nuestro método, es tan fácil de indicar como difícil de practicar. Consiste en establecer distintos grados de certeza; en socorrer los sentidos limitándolos; en proscribir las más de las veces el trabajo del pensamiento que sigue la experiencia sensible; en fin, en abrir y garantizar al espíritu un camino nuevo y cierto, que tenga su punto de partida en esta experiencia misma”²².

Este método empírico lo adoptaron contemporáneos como Boyle y Hooke para comprobar algunas teorías especialmente en el campo de los gases y la naturaleza de la luz. No es de extrañar que Newton optara entonces por establecer el método empírico a las proposiciones e hipótesis que establecería en sus experimentos y posterior a eso, abordarlos con el lenguaje geométrico.

“Newton insiste repetidamente sobre esta relación que para él es fundamental: las proposiciones provienen directamente de la observación y de los experimentos y se corroboran directamente poniendo a prueba, en experimentos especialmente diseñados, conclusiones deducidas de esos primeros principios”²³

²¹Tomado de KUHN, Thomas S. La Tensión Esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia. Fondo de Cultura Económica. México. 1977. Pág 8.

²² Francis Bacon *Novum Organum, Prefacio del autor, P. 33.*

²³ Granes José. (1988). NEWTON Y EL EMPIRISMO. Universidad Nacional de Colombia, pág. 82.

Newton en sus trabajos muestra que de lo particular llegaría a lo general. la verdad de los principios, leyes o reglas son derivados por la experiencia y por lo tanto son de carácter solamente físico y no matemático, pero en algunos casos los principios se pueden establecer a un sistema matemático, generando un método exacto y confiable para tratar la naturaleza a través de leyes matemáticas. *“la explicación matemática se fundamenta sobre principios “deducidos” de un análisis de la experiencia y que a partir de estos procede deductivamente construyendo un sistema teórico y por otra parte una explicación “física” que pone el énfasis en la naturaleza material de los fenómenos mismos y en la causalidad mecánica que los liga”*²⁴.

Ver Anexo I. línea de tiempo Autores ingleses que desarrollaron el empirismo como corriente filosófica en paralelo a los autores ingleses de la filosofía empírica y natural del siglo XVII.

5.5.5. Contexto Científico: El Colegio Invisible y la Royal Society.

La Royal Society es una institución en la que se difunde y se promociona la investigación científica. Su nacimiento se debe a la reunión informal de diferentes personas prestigiosas de la época del siglo XVII, todos ellos tenían en común discutir sus propias ideas de la filosofía natural y del aprendizaje humano, particularmente la filosofía experimental.

Probablemente esta institución nace del “colegio invisible” que reunió a personajes que se dedicaban a la actividad científica y a desarrollar experimentos que comprobaran las hipótesis o ideas que se establecían en el desarrollo de la nueva filosofía, sin embargo, estas reuniones no contaban con una connotación ni protagonismo social, sino fue hasta 1661 que por permiso del rey Carlos II se reconoce como Royal Society.

En una carta que escribe Francis Bacon a M. Macorbes en 1646 menciona que el colegio invisible nace para desviar la atención de los tristes hechos que dejó la guerra civil en Inglaterra.

“El Colegio Invisible probablemente se refiere a la reunión de personas instruidas y curiosas, que, después de estallido de nuestras guerras civiles, para desviar la atención de

²⁴ Ibid, Pág. 85.

estas escenas melancólicas se aplicaron las indagaciones experimentales y al estudio de la naturaleza, lo que se denominaba entonces la nueva filosofía, y que a la larga dio nacimiento a la Royal Society²⁵”.

En las primeras reuniones asistió John Wallis el autor del libro *Aritmethica infinitorum* y quien como veremos más adelante ejerce una gran influencia en el campo de las matemáticas sobre Newton. Wallis comenta en un documento sobre el origen de la royal Society que tuvo la oportunidad de frecuentar personas interesadas en la nueva filosofía, que en estas conversaciones se omitían los temas de teología y asuntos políticos y todo giraba en torno a la física, la anatomía, la mecánica y a los experimentos naturales.

Es importante mencionar que todos los temas que se abordaban en estas reuniones pertenecían a los nuevos conocimientos que estaban en auge; la circulación de la sangre, el modelo copernicano, la caída de los cuerpos, los movimientos celestes, entre otros, todos tienen en común que parten de la observación y el experimento, ellos también buscaban relacionar el lenguaje matemático con los fenómenos físicos: *“los descubrimientos de Galileo- a quien Wallis menciona, junto a Francis Bacon, como gestor de la nueva ciencia- sobre los cielos presentes, así como sus elaboraciones matemáticas sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos.”²⁶.*

Pero estas reuniones no eran la únicas que estaban presentes en el continente europeo, en Alemania y en Francia se encontraba la *Academie Royale des Sciences*, ella se diferenciaba de la Royal Society en la manutención y la financiación de sus proyectos dependía completamente del estado, mientras que la R.S. se funda como una academia privada e independiente y los proyectos se financiaban con los aportes que generaban cada uno de sus miembros. De estas academias nacieron la publicación de los trabajos que desarrollaban los filósofos de la nueva ciencia y con ellas aparecen las revistas científicas, en las que se presentaban algunos avances de hipótesis, observaciones y resultados arbitrarios de los experimentos, mientras que las publicaciones de Libros solamente se podían colocar a disposición de la comunidad científica si el autor profundizaba y realizaba bastantes

²⁵ Granés J. (2005) *Isaac Newton: Obra y contexto una introducción. La Royal Society, Pág. 52.*

²⁶ Granés J. (2005) *Isaac Newton: Obra y contexto una introducción. La Royal Society. Pág. 54.*

experimentos del tema a desarrollar. Socialmente Europa se encontraba con un nuevo espíritu científico.

Sin embargo, a pesar de lo que acontecía en el ambiente filosófico de la época las universidades desarrollaban y basaban su currículo al pensamiento tradicional, basado en los textos escolásticos y la filosofía de Aristóteles y en contraste a esto, la Royal Society estaba presta a la admiración de las nuevas ideas de los filósofos naturales, según José Granés Newton fue afortunado al encontrarse en medio de una época en la que al alimentarse de los cursos tradicionales de la universidad, también se permeaba de la nueva ciencia empírica y experimental que emergían en las discusiones de la Royal Society.

“De la tradición universitaria (Newton) habría tomado una metafísica del mundo, la idea de sistema y el gran acervo de la matemática, articulándolos con los métodos de la observación elaborada y con la experimentación, más propios del empirismo de la Sociedad. Esta síntesis puede ser una de las claves para entender la originalidad de su pensamiento” (Granés 2005).

...Pero ¿Qué aconteció en la ciencia y filosofía entre los siglos XVI y XVIII?, ¿Con qué ambiente intelectual de Europa se encontrará Newton en la Universidad?, Aquí se muestran algunos autores y aparos de manera general que cada uno desarrolló en la época.

NICOLAS COPERNICO
(1473 - 1543)



La sucesión de hechos que desembocaron la publicación en 1543 "De revolutionibus orbium coelestium", escrito por Copérnico, ha llevado a la mayoría de historiadores a señalar con esto como el inicio de la ciencia moderna. Afirma que era el sol y no la tierra, el que se encontraba en todo el centro de la esfera celeste.

20

JOHANNES KEPLER
(1571 - 1630)



Discípulo de Copérnico, completó la estructura del sistema heliocéntrico al abandonar sus trayectorias circulares por trayectorias elípticas y estableció tres leyes de la mecánica celeste las cuales, según él, abdicaron la soberanía de Dios.

GALEILÉO GALILEI
(1564 - 1642)

Estableció los fundamentos de una nueva ciencia de la mecánica. Para Galileo escribió un "Tratado de movimiento", Además, el ambiente de la mecánica era propicio para resolver problemas cosimicos presentados por la astronomía.



21

EL COLEGIO INVISIBLE



El colegio invisible se refiere a la reunión de personas instruidas y curiosas, un grupo de filósofos de la naturaleza que tenían en común discutir sobre la adquisición de conocimiento a través de la investigación experimental y que a la larga dio el nacimiento a la Royal Society.

22

La **ROYAL SOCIETY** de Londres se fundó formalmente por la reunión de personas instruidas y curiosas de la ciencia experimental y la filosofía natural de la época, ese origen se remonta con lo que se conoce como 20 años atrás de su fundación como el "colegio invisible" en 1646 una carta que le envió Robert Boyle a M. Marcantonio menciona:



"El colegio invisible probablemente se refiere a la reunión de personas instruidas y curiosas, que, después de entallado de nuestras guerras civiles, para desviar la atención de estas sucesos melancólicos se aplicaron a las indagaciones experimentales y al estudio de la naturaleza, lo que se denominó entonces la nueva filosofía, y que a la larga dio el nacimiento de la Royal Society."

23

5.5.6. Movimiento Y Gravitación: La Vida De Un Genio “Y Dios Dijo Hágase Newton: Y Todo Fue Luz”

En medio del escenario desolado de la guerra civil en la que se encontraba Inglaterra en el siglo XVII en el condado de Lincolnshire nace Isaac Newton el 25 de diciembre de 1642. Pareciera ser que el espíritu puritano que gobernaba a la Inglaterra, permitiera que, al mismo año de fallecer Galileo, naciera Isaac Newton Su padre un terrateniente inculto y analfabeta muere tres meses antes de ver nacer a su hijo, dejando una pequeña herencia, una finca y un desconsuelo y futuro incierto para su esposa Hannah Ayscouch y madre de Isaac Newton. En la familia de la madre hubo gente instruida entre hombres de letras y clérigos de la época, como lo es su hermano el clérigo William Ayscouch quien posteriormente vería la capacidad del joven Newton y una inclinación ante la formación de la época e insistiría en persuadir a su hermana para que lo enviara a la universidad.

“John Conduit, esposo de la sobrina de Newton, cuenta que cuando éste nació era tan pequeño que podía caber en una olla de un cuarto de galón y tan débil que no podía mantener su cabeza erguida, de manera que tenía que colocársele una almohada alrededor del cuello. Todos pensaban que moriría en cualquier momento, y no fue bautizado sino hasta el 1 de enero de 1643”²⁷.

La infancia de Newton está marcada por un momento crucial que definiría su personalidad solitaria, apática individual y soberbia, esto se debe a que en su niñez fue alejado de su madre por Barnabas Smith un clérigo ya de edad, quien conoció a Hanna por medio de un primo que le hablo de la joven madre y llamándole la atención por el prestigio de su familia se vio interesado en conocerla y tomarla como esposa.

“la pérdida de su madre por causa de otro hombre fue un evento traumático en la vida de Newton del cual nunca se recuperó. En cualquier momento, en su experiencia posterior, cuando se vio confrontado por la posibilidad de ser privado de lo que era suyo, reaccionó con una violencia conmensurable con el terror y la ira generados por su primera lacerante privación. Consideró que sus realizaciones posteriores y las dignidades adquiridas como partes de sí mismo y el mero peligro de que le fuesen sustraídas lo llenaba de ansiedad”²⁸.

²⁷ Chimal Carlos. (1993). El joven Newton. México. Universidad de México. Revista UM. Pág. 2.

²⁸ Frank E. Manuel. (1968) *A portrait of Isaac Newton* Da Capo Inc. New York, Citado y traducido por José Granés en el libro Isaac Newton Obra y contexto Una introducción. Pág 45.

Al contraer nupcias con Hanna, Barnabas decide dejar a Newton al cuidado de su abuela paterna. Barnabas muere a los 76 años de edad, dejando tres hermanastros junto a Newton y como herencia una libreta que lo acompañaba al clérigo durante su vida, y en la cual escribía sobre sus reflexiones teológicas, Newton la llamo “libro de desechos” que posteriormente se iba a convertir en el libro donde Newton desarrollo comentarios, ensayos de mecánica y matemáticas, de allí surgieron las primeras ideas del cálculo y las leyes de movimiento.

Tal vez el retorno de su madre a la casa de Woolsthorpe fue el tiempo más cercano que vivió Newton junto al cariño de su madre, cariño que compartió con sus hermanastros.

En uno de los manuscritos de Newton que redactó a la edad de 20 años y el cual en 1936 fue adquirido por la universidad de Cambridge por medio de una subasta, se conserva una confesión de sus “pecados” cometidos antes de 1662 “amenazar a mi madre y a mi padre Smith con quemarlos dentro de su casa”.

Luego de un tiempo Newton fue enviado a la escuela de Graham, a unos 8 kilómetros de su casa. Allí fue a estudiar cuando tenía doce años de edad. Estuvo viviendo en la casa del farmacéutico del pueblo, oportunidad que tuvo para conocer sustancias químicas e interesarse por las preparaciones de medicamentos, este acercamiento y la manipulación de dichas sustancias seguramente lo motivaron a que posteriormente se dedicara a una de sus mayores pasiones la alquimia.

“Free Grammar school of King Edward VI de Grantham, la escuela era una institución fundada hacía más de 300 años, cuando Newton ingresó a ella. Allí debió conocer a Henry More, el eminente filósofo platónico de Cambridge, y mientras aprendía latín y más latín y un poco de griego, Cromwell moría, y con él el intento de fundir una tradición revolucionaria popular con alguno de los elementos conservadores del país.”²⁹

Algunos biógrafos resaltan el periodo de vivencia en la casa del Boticario como la primer y única etapa de enamoramiento de Newton al sentir una atracción sentimental por la señorita Storer, hijastra del señor Clark el farmacéutico, quien gozaba de la compañía de Newton y de su habilidad para construirle muebles a la casa de sus muñecas. *“Hasta donde se sabe, el último contacto “amoroso” con una mujer en su vida. Una mujer que parecía haberlo*

²⁹Chimal Carlos. (1993). El joven Newton. México. Universidad de México. Revista UM. Pág. 4.

conocido con cierta profundidad, pues, según recordaba ella, Newton fue siempre un muchacho sobrio, silencioso, reflexivo y rara vez se le vio jugar con otros muchachos”³⁰ sin embargo, esto disgustaba a los hermanos de la señorita Storer, Edward y Arthur Storer, con quienes Newton mantuvo pleitos en la etapa de su educación elemental.

La enseñanza que obtuvo en Grammar se desarrolló en la tradición formal de la época, los cursos que asistió Newton están muy relacionados con la enseñanza de los textos bíblicos, aritmética básica, latín y griego.

“Al cabo del tiempo, lo que todos en Grantham recordaban de Newton era sus extraños inventos y su extraordinaria inclinación por los trabajos mecánicos. El desván de la casa del señor Clark estaba lleno de herramientas que el muchacho había comprado, empleando en estos adminículos todo el dinero que le enviaba su madre”³¹



³⁰ Ibid. Pág. 4.

³¹ Ibid. Pág. 5

"La pérdida de su madre por causa de otro hombre fue un evento traumático en la vida de Newton del cual nunca se recuperó. En cualquier momento, en su apariencia posterior, cuando se ve confrontado por la posibilidad de ser privado de lo que era suyo, reaccionó con una intensidad comparable con el terror y lo no ganadero por su primera desafortunada experiencia. Consideró que sus realizaciones posteriores y las dignidades adquiridas como partes de sí mismo y al mismo tiempo de que lo fueran extraídas le llenaba de ansiedad". (Frank E. Manuel, 1968)



En 1656 Newton sintió la necesidad de cambiar una lista que enumeraba sus posesiones, en la lista incluye "Amoroso a mi padre Smith y a mi Madre Hones con quienes a ellos y a sus cosas" probablemente esta escena puede marcarse en su conciencia, el arrebato y dolor que causó la ausencia de su madre, generó un resentimiento y una mala relación con su padrastro Smith.

La inestabilidad es humana con un dolor emocional excesivo.

Newton era muy ingenioso, su inclinación por los trabajos mecánicos lo hicieron tener una gran habilidad al manejar herramientas y construir aparatos, artefactos y cualquier cosa a medida. La historia registra que diseñó y construyó un reloj de viento, el cual estaba al nombre del pueblo de Grafton y fue de tan buena calidad que funcionaba en el techo de la casa del señor Clark, el boticario de la ciudad.



77

Isaac llega a su casa a los 17 años de edad después de haber convivido en la casa del señor Clark. Su madre quien deseaba que se hiciera cargo de las tareas y negocios de la casa, no con descontento en Newton arrogante, distraído y sin disposición para sus labores, pero en sí viendo las capacidades del muchacho con los artefactos mecánicos, sugiere a Hones que lo envíe a estudiar a la universidad de Cambridge.



El nombre de Newton aparece en la matrícula de la Universidad de Cambridge el 13 de Julio de 1662, junto con el de otros 76 estudiantes recientemente admitidos en el Trinity College.

78

5.5.7 Formación académica y autodidacta de Newton

La universidad de Cambridge se formó en 1029 con profesores que por diferentes disputas se fueron de Oxford. En el siglo XVII es considerada una de las universidades con mayor prestigio y con un alto nivel intelectual, cuenta con alrededor de 3000 estudiantes, teniendo en ese momento la ciudad unos 8000 habitantes. Está dividida por colegios según lo decretado en 1546 por el Rey Enrique VIII, debido a que el nuevo espíritu protestante generó conflictos y disputas entre los entes religiosos de las universidades, el dividirla permitía mantener el orden y la disciplina de los estudiantes.

El plan de estudios estaba dividido entre las ciencias y las artes, lo que se conoce en los tiempos de Newton como Trivium que hace referencia a lo que hoy en día llamamos ciencias humanas: la retórica, la gramática y la dialéctica y posterior a esto, si el estudiante domina este ciclo, podría comprender las disciplinas de la naturaleza que se encontraban en el Quadrivium que abarcaba los saberes de la geometría, las matemáticas, la astronomía y la música.

La base del currículo universitario reposaba en las obras Aristotélicas, aun así, las nuevas concepciones y revoluciones que estaba dando la “nueva ciencia” y que emergía con la Royal Society, la universidad no las optaba y se mantenía en la tradición. En palabras de Granés *“El currículo oficial, como se ve, no estaba a la altura de los nuevos tiempos. La universidad estaba en crisis”*³².

Al regresar a su casa a los 17 años de edad Newton estaba más allá de la comprensión de sus compañeros y de los trabajadores de Woolsthorpe. Su madre esperaba que el joven Isaac se hiciera cargo de las tareas y negocios de la familia, ante esta idea Newton se mostró desinteresado y distraído, sin ninguna disposición frente a sus labores pareciendo un flojo y perezoso frente a todos los de su casa, excepto para su tío, quien veía en el muchacho potencial y capacidad en la construcción de artefactos mecánicos, persuadió a Hanna para que lo enviara a la universidad.

³²Granés (2005) *Isaac Newton: Obra y contexto una introducción. La Universidad*. Pág. 50.

“En el otoño de 1660, mientras Carlos II debía aprender a acostumbrarse a los gajes propios de la corona, un acontecimiento más trascendental tenía lugar en el norte. Isaac Newton regresaba a Grantham, con la universidad en el horizonte. Cuando al fin partió, los sirvientes en Woolsthorpe se abrazaron de alegría, diciendo que era "un bueno para nada excepto para trovar". El nombre de Newton aparece en la matrícula de la Universidad de Cambridge el 8 de julio de 1661, junto con el de otros 16 estudiantes recientemente admitidos en Trinity College”³³.

Al llegar a la universidad Newton sigue el currículo universitario, los cuales se centran en las obras de Aristóteles, en palabras de Granés estas obras permitieron a Newton acercarse por primera vez a la idea de *sistema*, que posteriormente se vería en la organización de su obra científica, sin embargo, Newton inicia por cuenta propia a estudiar las obras de Rene Descarte, Galileo, Thomas Hobbes y Henry More.

Newton toma un cuaderno al que llama “*Questiones*” en el desarrolla ideas de las lecturas que toma por su cuenta, establece un “orden” de estudio; las lecturas deben generar cuestionamientos y problemas y estas deben dar lugar a la creación y el desarrollo de una pregunta: “*Con relación a una proposición de Descartes según la cual la luz es una onda, Newton hace diversos cuestionamientos: si la luz fuese una onda un obstáculo entre la fuente y el ojo no debería impedir la visión de la fuente, tal como ocurre con el sonido; además el cielo debería verse iluminado después de que el sol se oculta. Según la teoría de los vórtices de Descartes y su explicación de las mareas, éstas se producen cuando el vórtice de la tierra pasa entre planeta y luna; Newton pregunta: si la presión sobre el mar aumenta, ¿por qué esta presión no se detecta en el barómetro? Según Westfall, Newton el científico experimental, nació de estas “cuestiones”³⁴.*

Newton estudio la filosofía de Descartes influenciado por un fuerte pensamiento mecanicista del mundo, la filosofía cartesiana establece una separación entre espíritu y materia y la naturaleza opera de manera similar al modo de operar una máquina, sin embargo, para Newton *el puritano* esta idea de separar espíritu y cuerpo puede conducir a un ateísmo, pues quita la influencia de Dios sobre el mundo y su creación, estas ideas se inclinaban hacia la

³³ Chimal Carlos. (1993). *El joven Newton*. México. Universidad de México. Revista UM. Pág. 5.

³⁴ Granés J. (2005) Isaac Newton: Obra y contexto Una introducción. la universidad. Pág 48.

filosofía de Henry More, su idea le daba un completo protagonismo a la divinidad de Dios sobre el mundo y la creación, llamando así que existe un “espíritu de la naturaleza” y ésta es la entidad mediadora entre Dios y el mundo natural. Newton posteriormente adoptaría la concepción de More.

La formación matemática de Newton comenzó en Cambridge y la adquirió por sí mismo, estudiándola en libros y tratados, pues aunque estuviese en la universidad, esta no estaba actualizada con los conocimientos matemáticos que estaban floreciendo en la época, en palabras de Westfall *“la universidad de Cambridge no presentaba el nuevo mundo del pensamiento científico ante sus estudiantes...aunque era un lugar donde se vendían libros y donde las bibliotecas los reunían”*³⁵ así que Newton compro los libros de la nueva matemática que se estaba produciendo en el siglo XVII, compro la *Géometrie* de Descartes, la *Aritmethica infinitorum* de Wallis y la *Clavis mathematica* de William Oughtred.

De las repetidas lecturas que hizo de los Elementos de Euclides aprendió las demostraciones matemáticas; *“En 1663, estando en la feria de Sturbridge, compro un libro de astrología por curiosidad de ver lo que contenía. Lo leyó hasta que llegó a una figura de los cielos que no pudo comprender por cuanto necesitaba cierta familiaridad con la trigonometría. Compro un libro de trigonometría, pero no fue capaz de entender las demostraciones. Tomó entonces a Euclides como preparación para la trigonometría. Leía solo los títulos de las proposiciones, que encontraba tan fáciles de comprender que se preguntó cómo alguien se tomó el trabajo de escribir demostraciones para ellas. Empezó a cambiar de opinión cuando leyó ... esa proposición que afirma que en un triángulo rectángulo el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados. Empezó entonces a leer a Euclides con más atención de lo que había hecho antes y continuo su estudio”*³⁶

Antes de dominar la geometría Euclidiana Newton estudio la *Géometrie* de Descartes según testimonio de Conduit, esposo de una sobrina suya: *“Compro la Géometrie de Descartes, de la que le habían dicho que era muy difícil leyó unas diez páginas y, parando, comenzó de nuevo otra vez, yendo un poco más lejos que la primera vez, paró otra vez, volvió atrás de nuevo al principio, leyó entonces gradualmente hasta que domino la materia de tal modo*

³⁵Westfall R. (1996) *“Isaac Newton: Una Vida”*. Inglaterra. Universidad de Cambridge, Pág 76.

³⁶Westfall Richard. (1996) *“Isaac Newton: Una Vida”*. Inglaterra. Universidad de Cambridge. Pág. 48.

5.5.8 Anni mirabiles “años extraordinarios”

El momento en que llega la epidemia de la peste a Inglaterra, la universidad de Cambridge es cerrada y Newton regresa a su casa en Woolsthorpe, entre 1665 y 1666, en la vida de Newton se le conoce como “años extraordinarios” este periodo de tiempo desarrolló gran parte de sus obras científicas: el método de fluxiones, la gravitación, la teoría de los colores, sin embargo, Westfall comenta que intelectualmente Newton ya se había apartado de Cambridge un año antes de que cerraran la universidad, debido al programa de estudios que llevo de manera personal y privada.

En unos años más tarde, con la disputa que nace del nacimiento del cálculo, Newton menciona los años de la epidemia.

“A comienzos de 1665, descubrí el método de las series aproximativas y la regla para reducir cualquier dignidad de todo binomio en dichas series. En el mes de mayo del mismo año, descubrí el método de las tangentes de Gregory & Slusius, y, en noviembre, obtenía el método de las fluxiones. En enero del año siguiente, desarrollé la teoría de los colores, y en mayo, había comenzado a trabajar en el método inverso de las fluxiones. Ese mismo año, comencé a pensar en la gravedad extendida a la órbita lunar y (habiendo descubierto cómo estimar la fuerza con la cual [un] globo, que gira dentro de una esfera, presiona la superficie de ésta) a partir de la regla de Kepler, según la cual los tiempos periódicos de los planetas guardan una proporción sesquiáltera de sus distancias con respecto al centro de sus órbitas, deduje que las fuerzas que mantienen a los planetas en sus órbitas deben [ser] recíprocas a los cuadrados de sus distancias de los centros alrededor de los cuales giran: por lo cual, comparé la fuerza necesaria para mantener la Luna en su órbita con la fuerza de gravedad en la superficie de la Tierra, y descubrí que éstas eran muy parecidas. Todo esto corresponde al periodo de 1665- 1666, los años de la epidemia. Porque en aquel tiempo, me encontraba en la plenitud de mi ingenio, y las matemáticas y la filosofía me ocupaban más de lo que lo harían nunca después”³⁸

5.5.9. Newton el Puritano

El pensamiento de Newton sobre la presencia y esencia de Dios es evidente en su lista de pecados, la cual menciona algunos que van contra Dios: “No respetar el Sabbat, Fijar mi

³⁸Westfall R. (1996) “*Isaac Newton: Una Vida*”. Inglaterra. Universidad de Cambridge. Pág. 57.

corazón más en aprender los placeres del dinero que en Ti, no amarte por sobre todas las cosas, No desear Tus mandatos, No tenerte temor como para no ofenderte” y según Frank Manuel uno de los psicoanalistas de Newton, Dios padre representaría la figura paterna de Newton, mencionando que “vivió bajo la mirada del Supervisor riguroso”³⁹.

La búsqueda de Isaac Newton por comprender la naturaleza es la misma búsqueda por interpretar a Dios y lo que él representa en su vida. En sus obras de alguna manera, ya sea directa o indirecta, se evidencia el pensamiento de un Dios único, que está presente en el universo para mantener el mundo en movimiento e intervenir en el curso de la naturaleza. Esto lo podemos ver al final de su obra los Principia en la cual dedica gran parte del escolio general al hablar de los atributos de Dios como ente supremo y autor de la creación, establece una diferencia entre lo que él piensa acerca de Dios, no como comúnmente algunas personas instruidas de la época lo pensaban “alma del mundo”, Sino como un Dios externo al mundo pero que ejerce sobre el un permanente dominio “*Él lo rige todo, no como alma del mundo, sino como dueño de todos. Y por su dominio, suele ser llamado señor dios «παντοκράτωρ». Pues dios es una palabra relativa y está en relación con los siervos; y deidad es la dominación de dios, no sobre su propio cuerpo, como creen aquellos para quienes dios es el alma del mundo, sino sobre los siervos. Dios sumo es un ente eterno, infinito, absolutamente perfecto: pero un ente cualquiera perfecto sin dominio no es dios señor*”⁴⁰. Concluye en el escolio general que para hablar de Dios es necesario partir de los fenómenos, lo que representa la fuerte labor científica como una actividad religiosa y que expone como su sistema del mundo es producto de la voluntad divina.

Se podría considerar que para Newton el entender a Dios sería la base para su filosofía natural, pues la mayoría de estudios que florecían en la época eran en función a la omnipresencia de Dios y a los atributos que Newton menciona en el escolio general de la segunda edición de los principia.

³⁹ Ibid. Pág. 40.

⁴⁰ Newton Isaac (1687) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Escolio general. Traducción Eloy Rada. Pág 587.

“Cuando escribí mi tratado sobre nuestro sistema, tenía la atención puesta en que dichos principios pudieran servir para aquellos hombres que tienen en cuenta la creencia en una deidad; y nada me puede regocijar más que encontrarlo útil para tal propósito⁴¹”.

5.5.10 Alquimia

La alquimia fue considerada una práctica secreta que se remonta a mitad del primer milenio antes de Cristo y perdura como un gran movimiento hasta el siglo XVII, considerada como el arte de la transformación del plomo en oro, que se manifestaba simbólicamente como el sol. Según los alquimistas la madre tierra generaba desde lo más profundo los metales para que maduraran y pudieran llegar a la forma perfecta. La actividad del alquimista era intervenir en ese proceso y acelerarlo para obtener la piedra filosofal.

Si bien la alquimia tenía como interés la transmutación de los metales, la fabricación del oro y la búsqueda de la piedra filosofal, estos intereses eran muy insignificantes y no le preocupaban a Newton, era la forma “mística” en la que Dios actúa en el mundo y sobre la naturaleza y de poder relacionar esa “magia” con su obra científica.

“...la alquimia no trata con los metales como piensan los vulgares ignorantes, cuyo error les ha hecho despreciar esa noble ciencia; sino también con las venas materiales de cuya naturaleza Dios creó a sus servidores para que concibieran y procrearan a sus criaturas... esa filosofía no es de la clase que tiende a la vanidad y al engaño, sino más bien al provecho y a la edificación, induciendo primero el conocimiento de Dios en sus maravillosas obras, enseñar al hombre a vivir bien... esta filosofía a la vez especulativa y activa no solo puede hallarse en el volumen de la naturaleza sino también en las sagradas escrituras, como el Génesis, Job, Salmos, Isaías y otros. En el conocimiento de esta filosofía hizo Dios a Salomón el más grande filósofo del mundo”⁴²

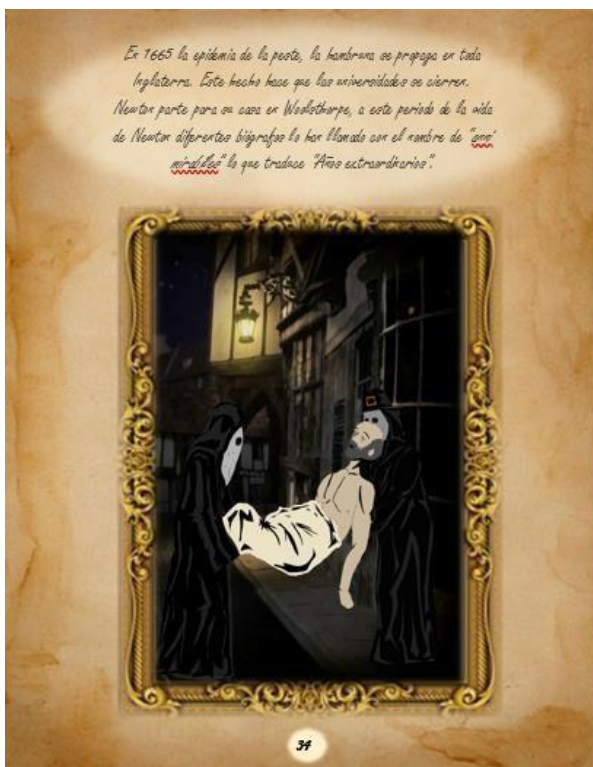
Newton intenta relacionar su sistema del mundo con la alquimia desde una teoría de la materia cuya base nace de los “principios activos”, que se entienden como los causantes de los fenómenos mecánicos y de las formas en que se manifiesta el poder de la divinidad sobre

⁴¹ Henry John, (2007) *Isaac Newton: Ciencia y religión en la unidad de su pensamiento*. Universidad de Edimburgo. Pág. 3.

⁴² Granés (2005) *Isaac Newton: Obra y contexto Una introducción. Alquimia*. Pág. 270. Cita por Gale E. Christianson en *Newton*, Biblioteca Salvat de grandes Biografías, Salvat Editores 1987, Vol. I. Pág 246.

la naturaleza, como por ejemplo la fuerza gravitacional, para Newton, esta fuerza es causada por un agente divino.

Esta idea de “principios activos” la usa Newton en el apartado “Cuestiones” al final de la Óptica: *“Además me parece que estas partículas no sólo tienen una Vis inertiae, acompañada de las leyes pasivas del movimiento como naturalmente resultan de esa fuerza, sino que se mueven por ciertos principios activos, tales como el de la gravedad y los que causan la fermentación y la cohesión de los cuerpos”*⁴³.



⁴³ Ibid. Pág. 267.

55.11. Los sistemas del mundo antes de los *Principios matemáticos de la filosofía natural*.

Es pertinente mencionar y describir a grandes rasgos algunos de los modelos cosmológicos que se desarrollaron antes de la publicación de los Principia y los cuales hicieron que el estudio del movimiento de los cuerpos terrestres y de los cuerpos celestes fueran objeto de discusión, refutación e indagación por los filósofos naturales del siglo XVII.

Una de las primeras teorías que expone el estudio del movimiento, es propuesta por Aristóteles. Para él, el movimiento que realiza un cuerpo está directamente relacionado por la influencia de un “motor” que debe estar en contacto con dicho cuerpo, sin embargo, el movimiento solo se podría caracterizar si dicho cuerpo ocupaba un lugar en el espacio y los cambios que presente están sujetos al tiempo que transcurre desde un estado inicial hasta un estado final, sin embargo, el tiempo no depende de los movimientos, el tiempo en la física aristotélica es uno solo y es continuo. los movimientos solo pueden ser percibidos dentro del planeta tierra, pues el modelo cosmológico que presenta Aristóteles está sujeto a lo corruptible e incorruptible dentro de lo que él llama esfera celeste. Según Aristóteles el universo está dividido por dos mundos completamente distintos: el supralunar y el sublunar. En el mundo supralunar están las estrellas, los astros que no experimentan más cambios que el desplazamiento del lugar que ocupan dentro del elemento éter y su movimiento obedece a trayectorias perfectamente circulares. Por el contrario, el mundo sublunar obedece a la corrupción, al cambio y a las irregularidades del movimiento, estos solo están presentes en el planeta tierra. Sin embargo, explicar ciertas anomalías en las trayectorias de los planetas no daban concordancia al modelo Aristotélico, Ptolomeo intento darle una explicación a dichos movimiento, llamados epiciclos, pero estas cada vez se volvían más complejas y difíciles de comprender. Aun así, este sistema fue el aceptado durante la edad media, el renacimiento y el siglo XVI.

El sistema copernicano nació de las interrogantes que dejaba al incierto el modelo de Aristotélico y el cual explicaba Ptolomeo. Copérnico pensaba que al suponer el sol como el centro del sistema planetario simplificaba los problemas de los epiciclos. “*Copérnico se adhirió a la opinión de que sus órbitas deben ser circulares, y explicaba las irregularidades suponiendo que el sol no estaba enteramente en el centro de ninguna de las órbitas. Privó así parcialmente a su sistema de la simplicidad, que constituía su gran ventaja sobre el de*

*Ptolomeo, y hubiera hecho imposible la generalización de Newton de no haberlo corregido Kepler*⁴⁴. Su sistema está representado con el sol inmóvil en el centro, mientras que los astros y planetas giran en círculos concéntricos alrededor de su centro.

Ya en la época de Newton se establecía un nuevo sistema del universo. El mundo de Descartes que apareció en sus *Principios de filosofía*. Explicaba el movimiento de los planetas en relación a un medio o un fluido, en este fluido se generaban unos vórtices que formaban, según él, “partículas celestiales” que arrastraban los planetas, el hecho de que estas partículas se encontraran en los cielos eliminaba el vacío de su sistema. En este también se menciona el estado de reposo de la tierra y las trayectorias de los cuerpos celestes que no son ni rectas, ni circulares y mucho menos elípticas, están son irregulares.

*“Podríamos suponer que el Sol está formado por un material muy líquido, cuyas partículas están tan en extremo agitadas que ellas transportan a las partículas celestiales vecinas que las rodean. Aún más...podríamos suponer que el material de los cielos, al igual que el que forman al Sol y las estrellas fijas, es líquido... algunos cometen el error de imaginarlos [a los cielos] totalmente vacíos... Están en un error... por la sola razón de que no existe el vacío en la naturaleza...cuando se mueven juntas [las partículas celestiales] en la misma dirección, necesariamente transportan cualquier cuerpo que este rodeado por ellas. . . aun cuando dicho cuerpo sea duro, sólido y se encuentre completamente en reposo...[La Tierra] como un barquito que no está impulsado por el viento, ni por remos o detenido por ancla permanece en reposo en el medio de este mar, aunque el flujo y reflujo de esta gran masa de agua imperceptiblemente la transporta con ella... Sin embargo, hablando propiamente ni la Tierra ni los planetas están en movimiento. No se mueven con respecto a las partículas celestiales con las que están en contacto. Por lo tanto, todos se encuentran en reposo... De manera similar imaginemos las mismas cosas ocurriendo en los planetas. Y esto es todo lo que necesitamos para explicar todos sus fenómenos ”*⁴⁵.

⁴⁴B. Russell (1970), La revolución Copernicana. Pág. 3.

⁴⁵ Galindo. S. (2012) *Entre vórtices y gravitación newtoniana: la cosmología de Andres de Guevara y Basoasabal S.J. Departamento De Física, Instituto nacional de investigaciones nucleares, México. Pág.135. Cita que corresponde a Los pasajes del Principia Philosophiæ parte III, P28 de Descartes que aparecen en la sección 2.1 del presente trabajo, fueron traducidos por el autor, de la versión en inglés, René Descartes, Principles of Philosophiæ, trans. Blair Ternolds, (Studies in the History of Philosophy, Vol 6, Lewiston N.Y. ed. Edwin Mellen, 1988).*

Esta teoría expuesta por Descartes fue aceptada y acogida entre algunos pensadores de la época, sin embargo, las instituciones religiosas no encontraban una afinidad con las ideas de Descartes, consideraban que su filosofía se encontraba sostenida sobre un cuestionamiento y duda de todo conocimiento, lo cual hace ver una incertidumbre ante su fe.

Entre la biblioteca de Newton se encontraban *los Principios de Filosofía* de Descartes, este era conocedor de la teoría de vórtices del mundo que se planteaban allí. Fue uno de los primeros en refutar las ideas del francés. Antes de publicar los Principia Newton desarrollo un escrito que se conoce hoy en día como el *De Gravitatione*, ahí aparece la primera oposición de los torbellinos en el movimiento planetario, Según Granés este texto es muy polémico ante la crítica del anticartecianismo que opto Newton al leer e influenciarse por Henry More.

*“Para el lector contemporáneo resulta extraña la idea de componer un escrito que intenta relacionar la gravedad con equilibrio de los fluidos sumergidos en ellos. Sin embargo, en la época esta relación era necesaria en razón a la explicación del movimiento planetario por un sistema de torbellinos de éter en los cuales flotaban los planetas que había introducidos Descartes que se había convertido, en la imagen dominante del mundo”*⁴⁶

5.5.12 Los primeros acercamientos a la Gravitación universal

Como se expuso anteriormente en los años extraordinarios comprendidos entre 1665 y 1666 Newton entre sus trabajos desarrollados, también considero el problema cosmológico del movimiento planetario y la dinámica que abarcaba el universo. En el *De Gravitatione*⁴⁷ Newton desarrolla los primeros acercamientos a la gravitación y a las leyes de movimiento que posteriormente las enunciara con algunas modificaciones y afinándolas en los principia. También menciona el problema del movimiento de los cuerpos en medios resistentes y desarrolla la definición de *fuerza* como principio causal del movimiento y resistencia al mismo y a la gravedad como acción que ínsita un cuerpo a caer. Todo este cuestionamiento en relación al movimiento de los cuerpos se hacía más popular entre los filósofos de la época. la comunidad de la Royal Society en sus reuniones comentaban la causa de la gravitación.

⁴⁶ Granés (2005) *Isaac Newton: Obra y contexto Una introducción. El De Gravitatione*. Pág. 187.

⁴⁷ Véase *El De Gravitatione et Aequipondio Fluidorum et Solidorum in Fluidis - De la gravitación y del equilibrio de los fluidos y de los sólidos en fluidos*, texto de Newton probablemente realizado entre los años de la peste en Inglaterra (1663 – 1665).

Cuando Newton ya contaba con ser miembro de la Royal Society mantuvo una comunicación más personal con Oldenburge, quien tenía el puesto de secretario y le servía como intermediario con Huygens y Leibniz. Christian Huygens desarrolló algunas ideas referentes al movimiento de los planetas, la inercia rectilínea de los cuerpos y sus movimientos. Ideas que publicaría años más tarde en su obra *Horologium Oscilatorium* (1673), en ella escribe que todo cuerpo al realizar una trayectoria circular intentará alejarse del centro y se impulsará hacia afuera y a esta fuerza la llamo Fuerza centrífuga. *“Para un movimiento circular uniforme esa fuerza es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad e inversamente proporcional al cuadrado del radio del círculo”*⁴⁸. Sin embargo, en su publicación no realizó ninguna demostración que sustentara esta idea. Newton en paralelo a Huygens había pensado eso en el año 1666, preguntándose el movimiento de la luna respecto a el planeta tierra. Realizó su cálculo asumiendo que las trayectorias son circulares y combinándolas con la tercera ley de Kepler (los cuadrados periodos de los planetas alrededor del sol son proporcionales al cubo de sus distancias), concluyo que la fuerza de atracción entre los planetas y los cuerpos varía proporcionalmente al cuadrado de la distancia que los separa.

*“Y en ese mismo año (probablemente 1666) comencé a considerar que la gravedad se extendía a la órbita de la luna, y habiendo hallado cómo estimar la fuerza con que un globo que gira dentro de una esfera, partiendo de la regla de Kepler de los tiempos periódicos de los planetas, que se hallan en una proporción sesquiáltera (3/2) de sus distancias a los centros de sus orbitas, deduje que las fuerzas que mantienen a los planetas en sus órbitas deben ser recíprocamente como los cuadrados de sus distancias a los centros en torno a los que giran”*⁴⁹

55.13 Petición de Hooke a Newton “el problema de la atracción de los cuerpos hacia el cuerpo central”

Si bien ya habían compartido escenarios con los hombres de ciencia y aficionados por la filosofía natural y la filosofía experimental, La relación entre Newton y Robert Hook comenzó con las aportaciones que cada uno hizo acerca de la teoría de la luz y de los colores, y las diferencias que encontraron en sus explicaciones. Cuando Newton hizo público su

⁴⁸Newton Isaac (1687) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Introducción apartada II. Eloy Rada. Pág 22.

⁴⁹Granés (2005) *Isaac Newton: Obra y contexto Una introducción. Los cálculos de 1666*. Pág. 191.

artículo *De Los colores* (1666) Hook encuentra ideas muy similares a las que el planteaba en su obra *Micrographia* (1665). y lo hace manifiesto y públicamente en las *Philosophical Transactions*:

*“He leído el discurso del Sr. Newton sobre los colores y las refracciones y no fue poco placer el que sentí con la belleza y la curiosidad de sus observaciones...en cuanto a los colores, confieso que no veo aún ningún argumento inducible que me convenza sobre su certeza”*⁵⁰.

Para Newton esto fue vergonzoso, no solo por la incomprensión de Hooke sino por la humillación pública en la que se vio expuesto y decidió no volver a tener ninguna relación epistolar con él. tomaría un largo tiempo en tomar la decisión de publicar algún otro trabajo que desarrollara.

Al morir Oldenburge, Robert Hooke tomaría el cargo de secretario de la Royal Society, este puesto lo animaría a recuperar la relación académica con Newton por el bien intelectual de la sociedad académica. Aprovecha para enviarle una nueva carta en la que solicita un método para tratar el movimiento planetario:

*«... Por mi parte, estimaré como un gran favor el que tengáis a bien hacerme conocer por carta vuestras objeciones a cualquiera de mis hipótesis u opiniones: en especial si tenéis a bien hacerme saber qué es lo que pensáis de la hipótesis según la cual los movimientos celestes de los planetas se compondrían del movimiento rectilíneo por la tangente y del movimiento de atracción hacia un cuerpo central...»*⁵¹

Newton soluciona el problema planteado por Hooke, pero se abstiene de hacerle conocer su solución. Sin embargo, unos cuatro años más tarde la hipótesis de Hooke sería uno de los problemas que se desenvuelve en su Obra *los principia*.

Lo anterior se corrobora en palabras de Granés cuando menciona *“La hipótesis que Hooke propone en su carta, cobrará significado y eficacia matemática en las manos de Newton quien la utilizará para resolver un problema que el propio Hooke le plantea en su última carta de la correspondencia: como encontrar la trayectoria de un móvil que se mueve bajo la acción de la fuerza de atracción que varía como el inverso del cuadrado de la distancia*

⁵⁰ *Ibid.* Pág. 142.

⁵¹ *Ibid.* Pág 193.

hacia un centro. Newton resuelve matemáticamente el problema, pero se abstiene de comunicarle la solución a Hooke ...este problema se convertirá en el núcleo inicial a partir del cual se desarrollarán los Principia."⁵²

5.5.14 Visita de Edmund Halley a Newton y el libro de los cuarenta chelines

En 1669, a la edad de 27 años, Newton contaba con el puesto de profesor Lucasiano de la cátedra de matemáticas, puesto que anteriormente ocupaba Isaac Barrow. Para su poca edad le daba no solo una posición de alto rango ante la comunidad académica y científica de la época sino también un lugar de bienestar y comodidad en Cambridge. Dictaba un curso cada tres meses y no le quitaba mucho tiempo, su salario eran unas cien libras anuales. Era un personaje solitario y al que poco se le veía pasear por el campus de la universidad, recibía pocas visitas, y no perdía tiempo en charlas insignificantes, su vida estaba enteramente entregada al estudio.

Para el año 1684 Newton fue visitado por Edmund Halley, quien lo animaría en volver a pensar en asuntos astronómicos.

En una reunión, ese mismo año, que mantuvo Edmund Halley, Robert Hooke y el arquitecto Christopher Wren, discutían acerca del problema de la trayectoria que describían los planetas y su relación con las distancias al sol, problema que anduvo en la cabeza de Newton en los años de la peste. Halley afirmó que no encontraba una ley matemática que permitiera dar solución al problema, sin embargo, Hooke aseguró que él ya había hecho los cálculos, al momento de Wren y Halley pedirle la demostración, Hooke se negó, mencionó que la iba a mantener en secreto, para que todos los que estaban tratando de dar con la respuesta correcta, en su frustración por resolverlo, valoraran su demostración. A la respuesta de Hook, Wren no le creyó y agregó regalaré un libro de **cuarenta chelines** a quien consiga resolver el problema: *“Se trataba de una oferta sustanciosa: equivalía aproximadamente a la remuneración semanal del titular de una cátedra dotada en Cambridge. Los libros eran todavía tan escasos y valiosos que la Royal Society finalmente intentó regalarle a Halley cincuenta ejemplares de un libro editado por la institución, **The History of Fishes** [La historia de los peces], en compensación por el esfuerzo y el gasto que le había supuesto al astrónomo publicar los Principia. (La sociedad trató de usar el mismo procedimiento para*

⁵² Ibid. Pág 193.

liquidar las pagas atrasadas que le debía a Hooke, pero éste rechazó la compensación en especie; prefirió esperar al dinero en efectivo, que terminó recibiendo”⁵³

Pasado algún tiempo, y sin Halley tener la demostración que Hook afirmaba tener de la ley matemática de las trayectorias de los planetas entorno al sol, Halley decide ir a Cambridge y aprovechar la oportunidad para preguntarle a Newton sobre el asunto astronómico. En palabras de Westfall, 1996 “el mejor relato que tenemos viene de Newton, según le informó de ésta a Abraham Demoivre”:

*“En 1684, el Dr. Halley fue a visitarle a Cambridge. Transcurrido un tiempo uno en compañía del otro, el doctor le pidió su opinión sobre cómo pensaba que sería la curva descrita por los planetas, suponiendo que la fuerza de atracción hacia el Sol fuese recíproca al cuadrado de su distancia de éste. Sir Isaac respondió inmediatamente que sería una elipsis. El doctor dio muestras de gran alegría y, sorprendido, le preguntó sobre cómo lo había sabido. Lo he calculado, contestó él. El Dr. Halley, entonces, le pidió que le mostrase enseguida su cálculo. Sir Isaac miró en sus papeles, pero no pudo encontrarlo. Sin embargo, le prometió que lo volvería a hacer y que se lo enviaría...”*⁵⁴

5.5.15. De Motu

Newton busco en sus documentos, pero no hallo la demostración, así que se propuso a iniciar de nuevo la solución al problema, cuando termino, al revisarla se dio cuenta de que algo andaba mal y que en su cálculo del año 1666 había cometido un error al confundir los ejes de la elipse con unos diámetros dibujados, no dándose por vencido, volvió a comenzar hasta que logró llegar a su objetivo.

“...El caso es que, según cuenta De Moivre, «sir Isaac, tratando de cumplir su promesa, puso de nuevo manos a la obra, pero no logró llegar a la conclusión que creía haber obtenido antes con un examen cuidadoso. No obstante, ensayó una nueva vía, aunque más larga que la anterior, que le llevó de nuevo a su primitiva conclusión y entonces examinó con cuidado las causas por las que su primer cálculo resultó ser erróneo, y halló que al dibujar una elipse de prisa y a mano, había dibujado los dos ejes de la curva en lugar de dibujar dos diámetros

⁵³ Thomas Levenson, (2009), *Newton y el falsificador*. Barcelona. Alba Editorial. Pág. 31.

⁵⁴ Westfall R. (1996) “*Isaac Newton: Una Vida*”. Inglaterra. Universidad de Cambridge, Pág 194.

un tanto inclinados uno hacia otro, de modo que posiblemente fijó su imaginación en dos diámetros conjugados, lo cual era un requisito imprescindible, y al darse cuenta, hizo que ambos cálculos coincidieran”⁵⁵

En noviembre del mismo año le hizo llegar un pequeño tratado a Halley de nueve páginas, tratado que llevaba como título *De Motu corporum in gyrum (sobre el movimiento de los cuerpos en una órbita)*. En este demuestra que las trayectorias que realizan los planetas obedecen a una elipse y también esboza algunas soluciones al problema del inverso y su fuerza de atracción hacia el centro. También se demostraban las leyes establecidas Kepler para la dinámica celeste y de la descripción de la trayectoria de un proyectil en medios resistentes.

Emocionado Halley con *De Motu* visita de nuevo a Newton y pide a él dos cosas, la primera es el permiso para poder dar la noticia del tratado ante la Royal Society y la segunda realizar una copia para registrarlo. El resultado de dicha copia concibió los ***Principios matemáticos de la filosofía natural***.

5.5.16 Principios Matemáticos de la filosofía natural.

Puesto que este trabajo pretende abarcar el contexto religioso, filosófico y científico, cultural tanto de la vida de Newton como en el que se generó su obra de las leyes de movimiento se revisara de manera superficial y no especializada la obra de los principia.

La Estructura de los *Principios matemáticos de la filosofía natural* sigue una ruta similar a *Los Elementos de Euclides (300 a.C. en Alejandría)* con un estilo puramente Geométrico. Esto muestra la gran influencia académica de Euclides en las obras de Newton, en la obra *Opticks (1666)* también “imita la estructura los elementos de Euclides”⁵⁶. Inicia con unas definiciones preliminares que se tratarán y mencionarán de manera continua en el desarrollo de la obra, luego se presenta el escolio en el que pone en manifiesto la concepción sobre

⁵⁵Newton Isaac (1687) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Introducción apartada II. Eloy Rada. Pág 23.

⁵⁶ Véase capítulo *Óptica* Jose Granes Isaac Newton Obra y Contexto Una introducción “la teoría sería matemática en su estructura. Imitando los Elementos de Euclides, la teoría de los colores de Newton se fundamenta en una serie de proposiciones considerándolas como principios o postulados, a partir de los cuales es posible deducir resultados tanto teóricos como experimentales. Pero a diferencia de la geometría, que no tiene necesidad de justificar sus postulados, Newton considera que los principios de su teoría provienen de la experiencia y encuentra su justificación en ella. De igual manera muchos de los resultados, que en la geometría toman la forma de teoremas que se bastan a sí mismos, pueden traducirse ahora al lenguaje del experimento”. Pág. 136.

espacio y tiempo newtoniano, luego el apartado que postula los axiomas o leyes de movimiento, que posteriormente las relaciona a colorarios demostrados a partir de los axiomas mencionados anteriormente, todo esto se contempla a manera de *sistema* en la introducción de la obra.

Como segundo apartado en *Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, Newton desarrolla tres libros en los que se detiene en la explicación matemática de la naturaleza del movimiento. El **libro I** está dedicado al movimiento de los cuerpos terrestres y celestes. El **libro II** al movimiento de los cuerpos en medios resistentes o en fluidos y el **libro III** relaciona los resultados teóricos con las observaciones astronómicas, enuncia las cuatro reglas para filosofar y la gravitación universal.

En el prefacio de la primera edición de los Principia Newton menciona la relación de la mecánica y la geometría “*la Geometría en la práctica mecánica y no es otra cosa que aquella parte de la Mecánica universal que propone y demuestra con exactitud el arte de medir. Mas, como las artes manuales se cifran ante todo en mover los cuerpos, ocurre que comúnmente se asocie la Geometría con la magnitud y la Mecánica con el movimiento. En este sentido la Mecánica racional será la Ciencia, propuesta y demostrada exactamente, de los movimientos que resultan de cualesquiera fuerzas y de las fuerzas que se requieren para cualesquiera movimientos*”⁵⁷.

Esta cita muestra una distinción de la mecánica y el estilo matemático utilizado en los *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Desde el punto de vista de Newton, la definición y protagonismo de las fuerzas para causar movimiento; estará subordinado por; la mecánica que parte de demostraciones y de postulados con el fin de describir con exactitud el movimiento y otra mecánica más practica relacionada con el funcionamiento de artefactos mecánicos y tecnológicos de la época.

Antes del **libro I** y de las definiciones generales aparece un poema que Edmund Halley dedica a Newton. *Ver Anexo 4*.

⁵⁷Newton Isaac (1687) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Prefacio de Newton a la primera edición. Eloy Rada. Pág 65.

Este poema muestra la humildad de Halley y su admiración hacia Newton. En la época difícilmente se daba crédito y se aceptaba con sencillez las ideas, los descubrimientos y obras entre los integrantes de la Royal Society.

Posterior a esto la obra da el paso a varias definiciones que se presentaran en el desarrollo físico y geométrico de los tres libros. Define la **materia** como la cantidad surgida de su densidad y magnitud; **la cantidad de movimiento** como resultado del producto entre la velocidad y cantidad de materia. También menciona tres tipos de fuerza: **la fuerza ínsita** de la materia, como fuerza interna que ofrece resistencia a cambiar su estado de movimiento. **fuerza impresa**, como acción externa que modifica el movimiento de un cuerpo. **fuerza centrípeta** como la fuerza generada por un cuerpo que describe una trayectoria circular y cuya aceleración siempre esta dirigida al centro de la trayectoria, y las ultimas definiciones derivan de la fuerza centrípeta.

Definiciones

Definición I

“La cantidad de materia es la medida de la misma originada de su densidad y volumen conjuntamente”.

Definición II

“La cantidad de movimiento es la medida del mismo obtenida de la velocidad y de la cantidad de materia conjuntamente”.

Definición III

“La fuerza ínsita de la materia es una capacidad de resistir por la que cualquier cuerpo, por cuanto de él depende, persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo”.

Definición IV

“La fuerza impresa es la acción ejercida sobre un cuerpo para cambiar su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo”.

Definición V

“La fuerza centrípeta es aquella en virtud de la cual los cuerpos son atraídos, empujados, o de algún modo tienden hacia un punto como a un centro”⁵⁸.

En el primer Escolio Newton desarrolla los dos conceptos de espacio y tiempo. El Espacio Absoluto como una realidad objetiva e independiente del hombre puesta por el creador en el cual ocurren los eventos observables, este contiene los objetos materiales de la realidad perceptible y en el ocurren los movimientos relativos y absolutos de los cuerpos y el espacio relativo como idea construida por el hombre para dar cuenta de los movimientos observables. Los cuerpos ocupan una posición y distancia en relación a otros cuerpos y la medición del espacio puede depender de la materia y de sus cambios temporales, en el espacio relativos todos los movimientos son relativos, las posiciones de los cuerpos se miden respecto a otros cuerpos.

El tiempo absoluto está estrechamente relacionado con el espacio absoluto, es una realidad objetiva existente, en el no hay la irreversibilidad de sucesos, pues es un “fluir uniforme” y los movimientos de los cuerpos son uniformes si recorren espacios absolutos iguales en tiempos absolutos iguales. El tiempo relativo es un concepto construido por el hombre para dar cuenta de la evolución de los fenómenos y de los sucesos en que interviene el cambio de movimiento de los cuerpos respecto a otro y a partir de eso se puede medir y cuantificar el tiempo. Estas concepciones de tiempo y espacio le dan un sentido y base fuerte a los axiomas o leyes de movimiento, que se exponen después del escolio.

AXIOMAS O LEYES DE MOVIMIENTO

LEY I

“Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser en tanto que sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado”.

LEY II

“El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime”.

LEY III

⁵⁸Newton Isaac (1687) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Definiciones. Eloy Rada. Pág 84

“Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: O sea, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en direcciones opuestas”⁵⁹.

Estas tres leyes de movimiento constituyen la base de la mecánica y de las causas del movimiento. La primera ley toma forma sólida y más general en manos de Newton pues es la reconstrucción del principio de inercia de Galileo, la segunda ley no se expresa de manera algebraica como la conocemos hoy en día $F = ma$ si no solo de forma geométrica, y hace referencia a la fuerza impresa sobre los cuerpos relacionando de manera proporcional el cambio de movimiento con las acción ejercida sobre él y la tercera menciona la interacción a la que se someten los cuerpos que experimentan una fuerza de contacto siendo afectados cada uno por una acción y una reacción de igual magnitud y de sentido contrario.

*“las tres leyes se complementan y se aclaran mutuamente de tal manera que constituyen un único cuerpo. La primera establece lo que debe considerarse un **estado** para un cuerpo asilado de fuerzas. La segunda nos dice **cómo cambia ese estado** cuando sobre el cuerpo se imprime una fuerza. La tercera considera que toda fuerza o acción es ejercida por un cuerpo y establece la forma de **cómo se manifiesta la reciprocidad** de las acciones entre cuerpos interactuantes⁶⁰”*

Posteriormente en el libro II se dedica de manera detalla, pero reduciendo los problemas físicos complejos a problemas matemáticos ideales y simplificados, el estudio de los problemas de dos y tres cuerpos. Para abarcar esos problemas Newton hace uso de las leyes de Kepler y con la intención de referirse a las fuerzas centrales que mencionaba en el tratado *DE MOTU* demostrar de manera geométrica y con algunas expresiones algebraicas que las trayectorias recorridas por los planetas obedecen a trayectorias elípticas variando su fuerza centrípeta al inverso de los cuadrados de las distancias entre los cuerpos celestes.

El libro II abarca el estudio de movimiento de los cuerpos en medios resistentes (fluidos). La definición que da Newton de Fluido aparece en la sección cinco del libro segundo.

⁵⁹Newton Isaac (1687) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Axiomas o leyes del movimiento. Eloy Rada. Pág 94.

⁶⁰José Granés (2005). Isaac Newton Obra y Contexto Una Introducción. La estructura General de los principia. Pág. 209.

“Fluido es todo cuerpo cuyas partes ceden a la aplicación de cualquier fuerza, y, al ceder se mueven entre sí con facilidad.”⁶¹

Para el estudio del movimiento planetario, el libro II es muy acertado por la explicación de la necesidad geométrica de los cuerpos celestes moviéndose dentro de un fluido, en contraste al sistema del mundo de Descartes de la época; en el cual no existía una geometría del espacio y por tanto las trayectorias de los cuerpos al moverse de manera arbitraria sobre los vórtices generados por el “fluido éter”, colocaba en cuestionamiento la unidad geométrica del mundo al encontrarse en oposición a la idea del espacio absoluto de Newton, infinito homogéneo y matemático.

El libro III es el resultado de la combinación de los dos libros anteriores y su relación con las observaciones astronómicas de la época. También se menciona de manera organizada la manera de abarcar el estudio de la naturaleza, una serie de reglas que muestran la concepción de ciencia para Newton.

REGLA I

“No deben admitirse más causas de las cosas naturales que aquellas que sean verdaderas y suficientes para explicar sus fenómenos”.

REGLA II

“Por ello, en tanto que sea posible, hay que asignar las mismas causas a los efectos naturales del mismo género”.

REGLA III

“Han de considerarse cualidades de todos los cuerpos aquellas que no pueden aumentar ni disminuir y que afectan a todos los cuerpos sobre los cuales es posible hacer experimentos”.

REGLA IV

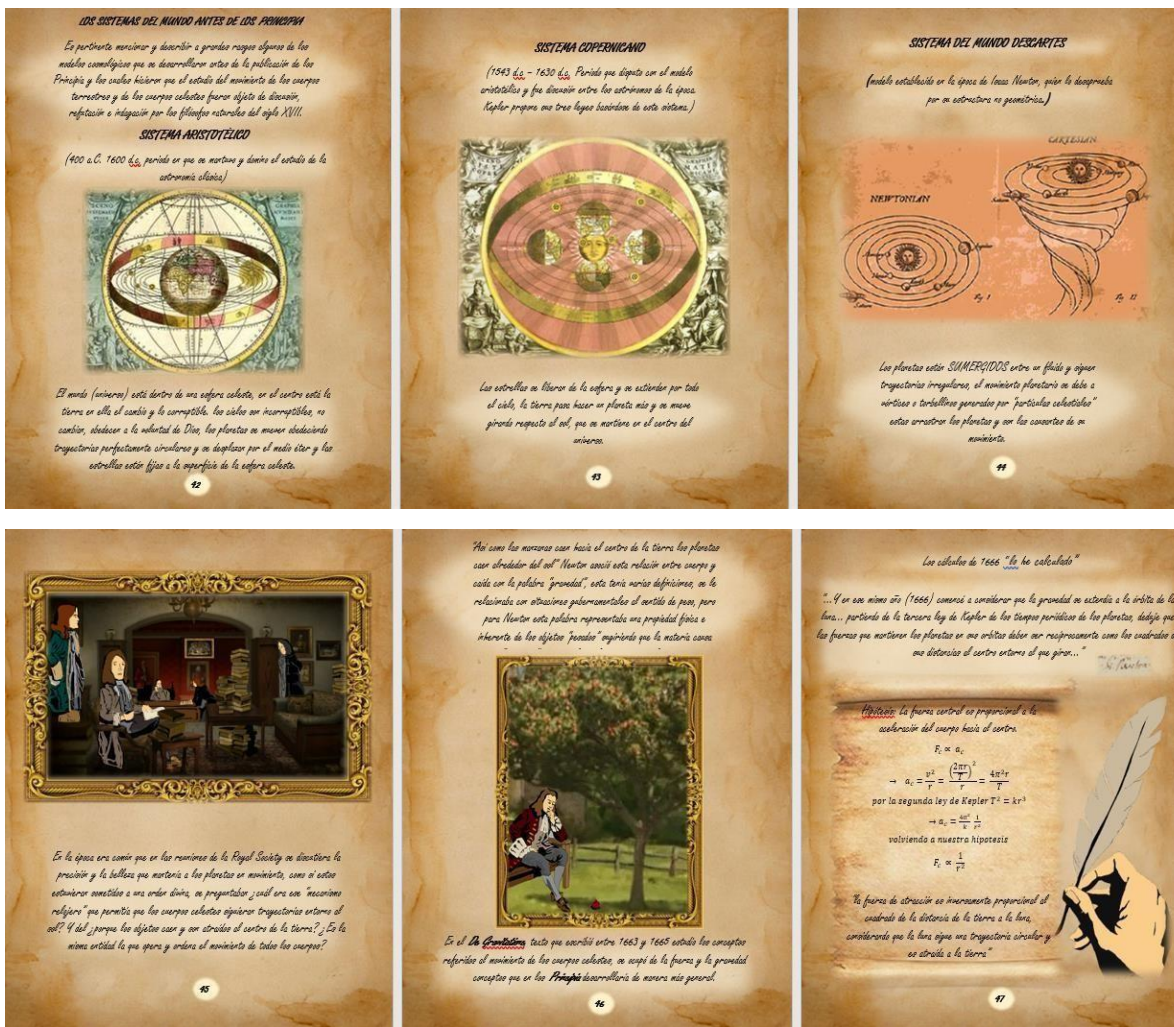
“Las proposiciones obtenidas por inducción a partir de los fenómenos, pese a las hipótesis contrarias, han de ser tenidas, en filosofía experimental, por verdaderas exacta o muy aproximadamente, hasta que aparezcan otros fenómenos que las hagan o más exactas o expuestas a excepciones”⁶².

⁶¹ Newton Isaac (1687) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Libro II, Sección V Sobre la densidad y compresión de los fluidos y sobre hidrostática. Eloy Rada. Pág 364.

⁶² Newton Isaac (1687) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Reglas para filosofar. Eloy Rada. Pág, 463.

Reconstruye el sistema copernicano a partir de las leyes de Kepler y agregándole la ley de gravitación universal; demostrándolas. su mecánica. En el corolario I del libro tercero enuncia la ley de gravitación Universal: *“La fuerza de la gravedad que tiende hacia cualquier planeta es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de los lugares al centro de dicho planeta”*⁶³.

Sin un modelo cosmológico, Newton establece un nuevo sistema del mundo en el que los cuerpos permanecen en el espacio absoluto como dentro de una caja infinita y homogénea, sometiendo los cambios aun flujo regular y constante del tiempo absoluto. Cada cuerpo celeste es sometido a una geometría exacta y organizada alrededor del sol y obedecen a las leyes de movimiento de movimiento y de la gravitación universal.



⁶³ Newton Isaac (1687) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Libro III Proposición V teorema V, Corolario II. Eloy Rada. Pág. 475.

6. FASES DEL TRABAJO DE GRADO

6.1 Fase I: Acopio documental y referentes conceptuales

Búsqueda de documentos que reconstruyen la vida de Newton y la elaboración de la obra los principia.

Los documentos que revisten este trabajo y en el cual se solidifica la gran mayoría de información en él, son: Isaac Newton: Obra y contexto Una introducción, El empirismo de Newton, esto dos libros escritos por José Granés quien fue profesor titular del departamento de física de la universidad nacional y oriento sus estudios académicos en la historia y filosofía de las ciencias y el libro Isaac Newton: Una vida, Escrito por Richard Westfall en 1996 historiador de las ciencias y biógrafo de Isaac Newton.

De la bibliografía del libro Obra y contexto se desarrolla la lectura de los textos de Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII, escrito por Robert Merton y la ética protestante y el “espíritu” del capitalismo de Max Weber.

Para el contexto científico en el que se desarrolla la vida de Newton se indago la vida, pensamiento y obras de contemporáneos como Robert Hooke, Rene Descartes, John Wallis, Francis Bacon, Kepler, Copérnico, Galileo y de la filosofía de Aristóteles; el sistema cosmológico y sus estudios referentes a el movimiento.

La documentación del Colegio invisible y de la royal Society se descargó de la página de internet de esta misma, la cual contiene una gran variedad de documentos digitalizados desde su fundación hasta la actualidad. El documento está en inglés lo cual fue un limitante para su completo entendimiento, sin embargo, algunas partes de dichos documentos se pueden verificar con el apartado que realiza José Granés a la royal Society en su libro Obra y contexto.

Para desarrollar y reconstruir el contexto histórico que permite a Newton escribir y publicar los Principia se relacionan los textos de Granés, Westfall, y del capítulo 3 de la serie cosmos “Cuando el conocimiento venció el mundo” con los cinco capítulos de introducción de Eloy Rada que se presenta en la Obra los principia.

Los demás textos citados e incluidos en la bibliografía del trabajo, son artículos de diferentes autores que relacionan a Newton con alguna actividad particular de su vida, como la alquimia, su relación con Dios y las epístolas que compartía con algunos de sus colegas de la Real Sociedad.

6.2 Fase II: Estudio histórico-crítico Newton y su contexto.

El estudio de la reconstrucción desde el análisis histórico-crítico, abarcado en la vida de Isaac Newton y su pensamiento referido a las leyes de movimiento y gravitación, se desarrolla en el marco teórico que abarca el contexto cultural, filosófico, religioso y científico de la Inglaterra de finales del siglo XVI y XVII. El Puritanismo en Inglaterra, Empirismo filosófico y su influencia de la nueva ciencia, Orígenes de la Royal Society, vida de Newton, influencias filosóficas, científicas y matemáticas y Contexto en la creación de los Principia.

6.3 Fase III Elaboración de la narración histórica ilustrada.

6.3.1 Estructura y argumento de la narración

Muestra hechos filosóficos, religiosos e intelectuales de Inglaterra en el siglo XVII, las diferentes etapas de la vida de Newton como su infancia, el momento en que llega a la universidad y de la influencia de los filósofos de la naturaleza y matemáticos de la época. El nuevo espíritu que trae el asombro y la curiosidad por la nueva ciencia empírica y la explicación de los fenómenos da origen a la Royal Society. La visita de Halley que nos acercó a la obra de los Principia, su lenguaje geométrico en contraste en cómo se presenta en la enseñanza de las leyes de Newton en la actualidad. Dios y alquimia y los últimos años de su vida.

6.3.2 Elaboración de criterios pedagógicos para el diseño de la narración histórica ilustrada.

La intención de realizar la narración histórica, no solamente basada en textos, sino dándole un protagonismo más detallado a la ilustración, nace de mostrar de manera llamativa e interesante el origen de los conceptos científicos en los cuales son desarrollados, e influenciados por el contexto cultural del cual emergen y de las transformaciones que sufren

al llegar al contexto educativo. Por este hecho, los criterios pedagógicos para la ilustración que se desarrolla en esta narración histórica, obedece a la “imagen más que mil palabras” sin dejar de lado la gran cantidad de información que no necesariamente es por decodificación de letras sino a través de imágenes llamativas que permitan generar curiosidad por la historia de las ciencias y que sirva como ruta y preámbulo para iniciar un tema específico en la enseñanza de los conceptos físicos.

A continuación, se muestra un ejemplo de lo mencionado anteriormente.



Descripción de la ilustración y el texto:

Palabras claves en el texto: Nueva ciencia, Real Society, Actividad Religiosa.

La ilustración muestra un personaje de época del siglo XVII, observando el cielo con un sextante, instrumento óptico utilizado para determinar la altura de un astro sobre el horizonte, el otro personaje registrando los datos y ellos encerrados en un cielo estrellado y con fondo el sistema del mundo aristotélico, el cual era cuestionado en la filosofía experimental.

El color de la imagen pertenece a una gama de colores tierra comúnmente asociado al color de épocas coloniales y tradicionales.

6.3.3 Elaboración de textos narrativos y bocetos

Los textos narrativos surgen de la lectura y el contraste cronológico de fechas y acontecimientos históricos de los diferentes autores abordados en el trabajo de grado todos en relación al contexto religiosos, filosófico, cultural y científico que rodea a Inglaterra en el siglo XVII.

Los bocetos (dibujos) están directamente relacionados con cada uno de los textos de cada página de la narración histórica.

Los textos narrativos que se presentan en la narración histórica ilustrada, algunos son síntesis e ideas generales de los textos desarrollados en el marco teórico, y otras citas de los referentes bibliográficos de la documentación y reconstrucción histórico-crítica del trabajo de investigación.

Los bocetos inicialmente son diseñados a medida que se va desarrollando la lectura de los textos de la documentación consultada, posteriormente son mejorados y se digitalizan para crear la ilustración. Algunos dibujos son basados en imágenes y videos de internet que relacionan el texto del tema consultado con el dibujo a ilustrar y digitalizar.

Ejemplo de la elaboración de los textos y bocetos:

Ilustración Rene Descartes



Conversaciones de los filósofos naturales en la Royal Society 6.3.4. Referencias Y



6.3.4. Derechos De Autor De Ilustraciones

Algunas de las imágenes mostradas en la narración histórica ilustrada, como las portadas de los libros en la influencia de Newton, los sistemas cosmológicos, la alquimia, la conversación entre Newton y Haley fueron referencias de algunas ilustraciones o pertenecen a otros ilustradores, por esto para efectos del marco legal de este trabajo, en este apartado es pertinente colocar y hacer mención de legalidad a dichas imágenes.

Página 20 *La cosmología heliocéntrica de Copérnico, en el manuscrito original, que muestra el Sistema Solar con la Tierra orbitando alrededor del Sol, al igual que el resto de los planetas.* BIBLIOTECA JAGIELLONSKA.

Página 21 <https://sophiaveda.wordpress.com/2011/03/19/kepler-la-armonia-de-los-cielos/>

Página 21 <https://personajeshistoricos.com/c-cientificos/galileo-galilei/>

Página 22 El colegio Invisible Dominio público File: Templeofrosycross.png

Página 24 *Capitulo cosmos “El visionario eléctrico” Edificio Royal Society*

Página 28 Geometría de Renato descartes Crédito [ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY / SCIENCE PHOTO LIBRARY](#)

Página 29 Elementos de Euclides https://aminoapps.com/c/matematicas-amino/page/blog/elementosdeeuclidesintroduccion/RxNW_w3IwulRZ22gKYZGazZ4N4GnBnekW

Página 30 Aritmética de Wallis <https://matematics.wordpress.com/2019/10/28/john-wallis/>

Página 31 Filosofía de Henry More <http://puentefichas.com/HOLN/IMJO/PKPL/otros.pdf>

Página 32 Diálogos y Novum Organum Frontispiece (by Stefan Della Bella) and title page of Galileo Galilei's *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, published by Giovanni Battista Landini in 1632 in Florence.

Title page for *Novum organum scientiarum*, 1645, by Francis Bacon (1561-1626). *EC.B1328.620ib, Houghton Library, Harvard University: Francis Bacon of Verulam / High Chancellor of England / *New Organon* (Beneath the galleon) “Many will travel and knowledge will be increased.” Leiden, Holland: at the shop of Wyngaerden and Moiardum, 1645.

Página 39, 45, 48 Cosmos capítulo 3 “Cuando el conocimiento venció el miedo”

Página 42 Sistema aristotélico <https://www.amigosmadrid.es/actividad/los-planetas-metalicos-de-la-alquimia/16000>

Página 42 Sistema Copernicano <https://www.astromia.com/fotohistoria/heliocentrico.htm>

Página 43 Sistema del mundo de

Descartes https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File%3ADescartesLe_Monde%2C_%C3%A9d._1664.djvu&page=5

Página 63 Retrato de Isaac Newton Realizado por E, Seeman (1694 – 1744) National Portrait Gallery, Londres.

Las paginas no mencionadas y sus respectivas ilustraciones pertenecen todos sus derechos de legalidad y originalidad a Andrés Ovalle Ortiz autor de este trabajo quien realizo las pinturas de las ilustraciones, diagramación y reconstrucción histórica de la narración literaria de Movimiento Y Gravitación: Fragmentos De Un Genio y a Jose Ignacio Garzón ILUSTRADOR de este proyecto y licenciado en humanidades con énfasis en español e ingles de la Universidad Pedagógica Nacional

6.3.5. FASE IV Reflexiones finales: Aprendizajes y conclusiones

La acción de rastrear, mapear y reconstruir la historia de un personaje, en este caso la vida de Isaac Newton; es realizar un viaje en el tiempo, adentrarse e imaginar la época del siglo XVII, los eventos y sucesos que se generan rodeando a Newton, no es una actividad trivial ni sencilla de realizar, puede ser una tarea que abra tantos caminos que dificulten la comprensión del pensamiento Newtoniano. Se puede caer en la trampa y distorsión de la manera subjetiva y personal de narrar los hechos o eventos que se presentan en el contexto histórico del momento o de la época que se quiere estudiar. Al querer comprender y conocer el personaje, se puede terminar en la banalidad y confusión del curso de acontecimientos que formaron a Newton y a su obra los principia.

Es por esto que se utiliza la narración histórica ilustrada no solo como producto de este trabajo de grado, sino como herramienta que permite sintetizar y organizar de manera cronológica los eventos que permean la vida de Newton y su pensamiento referido a las leyes de movimiento y a la gravitación Universal, pero para lograr este acercamiento del contexto, se debe realizar un acopio de documental de textos confiables y que sustenten el estudio riguroso de la vida de Newton. Desde el estudio del análisis histórico-crítico se realiza la búsqueda de textos que se desarrollaron en la época y su alcance en la actualidad, por esta razón, en la narración histórica ilustrada se realiza un estudio del contexto que origino a Newton a escribir la obra de los principia.

Por otro lado, se acostumbra a ver la historia como un entramado de eventos y sucesos ajenos a nuestra realidad y enfatizando en el ámbito escolar, se cae en el error que la historia es solamente fechas y acontecimiento en particular que no se relacionan con la cotidianidad ni con la actualidad en la que se vive.

Basándome en una de las justificaciones mencionadas al inicio de este trabajo de grado, hay una cita crucial que permitió que surgiera la idea y posterior a esto, el producto de la narración histórica. Realizando una paráfrasis de lo que dice Matthews, la mejor manera de comprender un concepto de las ciencias, es concebirlo desde el contexto (filosófico, político, social, religioso) del cual emerge, entendiendo que la ciencia es una actividad humana que se ve influenciada por los eventos y sucesos que se establecen en las diferentes épocas. Presentarla como un escenario histórico en el salón de clases, puede ser una manera en la que la ciencia se muestre interesante, logre atrapar la atención y despierte la curiosidad por conocer y descubrir el mundo que nos rodea.

Con la narración histórica y la ilustración se pretende establecer una relación entre las artes y las Física, pues este trabajo no solamente pone como protagonismo la narrativa de la vida de Newton, del movimiento y la gravitación, sino la manera en que estas se presentan por medio de ilustraciones que enriquecen y recogen el contenido y la información del acopio de los documentos que se realizaron en la reconstrucción histórico-crítica de la vida de Newton y sus leyes de movimiento.

Por último y como se menciona en la parte final de la introducción de la narración histórica ilustrada, este documento que en principio es el producto de un trabajo de grado, nace de la curiosidad personal de entender y comprender como los conceptos científicos se ven influenciados por la época en la que emergen, de la reconstrucción histórica de la vida de un personaje, admirado personalmente, como lo es Isaac Newton, de lo llamativa que se muestra la historia en el proceso de contrastar sucesos y relacionarlos con la actividad científica y con la vida del personaje y cómo estos se pueden presentar en el contexto educativo para que sean más atractivos e interesantes en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aristóteles (1995). *FÍSICA ARISTÓTELES*. Traducción por Guillermo R. De Echandía. Editorial Gredos, S.A.

Campo, (2011). *Estrategia didáctica para la comprensión de la tercera ley de Newton*. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Céspedes, J. (2012). *El movimiento de los cuerpos: una estrategia didáctica para la básica primaria*. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá

Cohen, B. (1980). *La revolución Newtoniana y transformación de las ideas científicas*, Madrid España. Alianza Editorial.

Cherres, Y. (2012). *El Movimiento: una propuesta para reconocer los aspectos involucrados en la formalización de conceptos Físicos con los grados 11*. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

Chimal C. (1993). *El joven Newton*. México. Universidad de México. Revista UM.

Galindo. S, (2012). *Entre vórtices y gravitación newtoniana: la cosmología de Andres de Guevara y Basoasabal S.J*. Departamento De Física, Instituto nacional de investigaciones nucleares, México.

Gamow G, (2007). *Biografía de la Física*, Alianza Editorial.

Granés J. y Caicedo L. Marina. *Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

Granés José, (2005). *Isaac Newton: Obra y contexto una introducción*, Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Granes José, (1988). *NEWTON Y EL EMPIRISMO*, Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Henry John. (2008). *Isaac Newton: ciencia y religión en la unidad de su pensamiento*. Universidad de Edimburgo.

Kuhn, Thomas S (1997). *La Tensión Esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*. Fondo de Cultura Económica. México.

Max Weber, (2001). *La ética protestante y el “espíritu” del capitalismo*, Alianza Editorial, Madrid, España.

Mercedes M, (2006). *Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

Merton R, (1984). “*Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*”, Alianza Universidad.

Ministerio de Educación Nacional. República de Colombia (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Colombia.

Newton Isaac, (1687). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Traducción Eloy Rada. España.

Osborne Richard. (2005). *Filosofía I para principiantes*. Buenos Aires: Longseller ISBN 987-9065-301.

Sebastía José. (2013). *Las leyes de Newton de la mecánica: Una revisión histórica y sus implicaciones en la enseñanza*. Universidad Simón Bolívar. Venezuela

Solbes, J y Traer M. (1995). *la utilización de la Historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química*. Institut de batxillerat Sant Vicent Ferrer. Valencia

Sung, M Young. (2013), *De la narración literaria a la narración visual: Proyecto de ilustración*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

Thomas Levenson, (2009), *Newton y el falsificador*. Barcelona. Alba Editorial

Westfall Richard. (1996) “*Isaac Newton: Una Vida*”. Universidad de Cambridge. Inglaterra

8. ANEXOS

1. Tabla No. 1. CUADRO COMPARATIVO PURITANISMO-CATOLICISMO

Puritanismo	Catolicismo
Doctrina	
<p>Interpretación libre de la biblia. En materia de fe, las escrituras no pueden sustituir a la razón. La biblia es verdadera pero la razón debe aplicarse a su interpretación.</p> <p>Énfasis en la realización de obras de utilidad común para llegar al estado de gracia. La salvación exige haber realizado obras.</p>	<p>Interpretación oficial de la Biblia. Existen instituciones (la inquisición es una de ellas) que vigilan la interpretación ajustada de los textos. Énfasis en la confesión de los pecados, en el arrepentimiento y en la penitencia para llegar al estado de gracia. La salvación exige estar libre de pecado.</p>
Organización	
<p>Enorme dispersión organizativa: más de 100 sectas a mediados del siglo XVII.</p> <p>No hay con exactitud una jerarquía. La responsabilidad sobre la salud espiritual y sobre el comportamiento recae en el individuo.</p>	<p>Unidad ideológica y organizativa: Una sola iglesia, una sola cabeza, una sola doctrina.</p> <p>Las autoridades eclesiásticas imparten la salud espiritual (confesión de pecados) y vigilan el comportamiento de los devotos).</p>
Ética	
<p>Moral estricta, dominio propio.</p> <p>Reflexión serena, detenida y profunda e íntima sobre la divinidad.</p> <p>La responsabilidad de la salvación recae en el individuo.</p>	<p>En general, moral impuesta por las instituciones religiosas.</p> <p>La salvación es medida por la iglesia. Esta establece lo que es pecado y administra el perdón.</p>
Posición frente a la naturaleza y la ciencia	
<p>La naturaleza se concibe como un dominio en el cual se confirman tanto la razón como la revelación. En principio, no existe oposición entre razón y fe.</p> <p>La ciencia es valorada y estimulada porque:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Posibilita un mejor conocimiento de Dios a través de sus obras. 2. Abre la posibilidad de bien común. Valoración de los sentidos, la experiencia y la razón. <p>Creencia en un Dios trascendente. Orientación vital del mundo terrenal mediante el estudio y la acción.</p>	<p>Contradicciones entre razón y fe, por lo tanto, entre ciencia y fe.</p> <p>Espíritu de desconfianza hacia la ciencia. Se teme un posible cuestionamiento por parte de ésta a ciertos dogmas de fe. Sólo gradualmente la ciencia llega a ser tolerada.</p> <p>Creencia en un Dios trascendente. Orientación hacia el “otro mundo” a través de lo suprasensorial y en un amor a Dios intuitivo.</p>

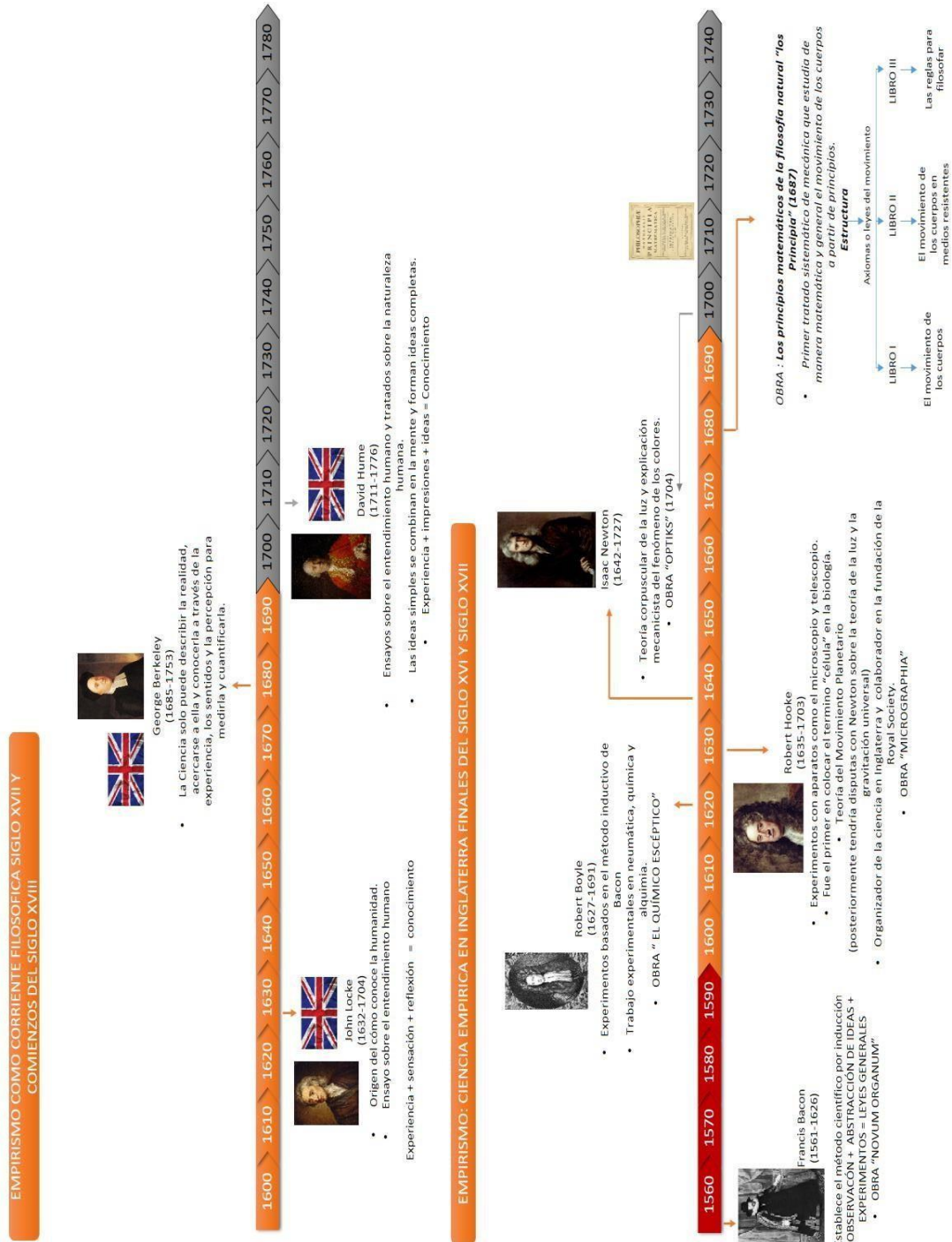
José Granés Cuadro: Comparación entre Puritanismo y catolicismo. Isaac Newton: Obra y contexto una introducción, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2005, p. 44.

2. Mapa: Concepción Empirismo como corriente filosófica y científica



Fig. 1 Concepción del empirismo como concepción filosófica y Científica.

3. línea de tiempo muestra algunos de los Autores ingleses que desarrollaron el empirismo como corriente filosófica en paralelo a los autores ingleses de la filosofía empírica y natural del siglo XVII.



4. Poema de Halley dedicado a Newton y publicado en el primer apartado del Libro “los principios matemáticos de la filosofía natural”

*“He aquí la Ley del Universo, las divinas medidas de la masa,
He aquí el cálculo del Cielo; leyes que, mientras establecía
Los principios de las cosas, el Creador de todo no quiso violar,
Y así establecer los fundamentos de las obras.
Se abren del cielo vencido los últimos arcanos,
Y no se oculta ya qué fuerza mueve los últimos círculos.
Sentado el Sol en su trono ordena a todas las cosas
Dirigirse hacia El con rápido descenso, y ya no deja a los carros
Celestes moverse en línea recta por los inmensos espacios vacíos;
Sino que, siendo El, el centro, atrae a cada cosa en giros inmutables.
Ya está claro cual sea el tortuoso camino de los horribles cometas;
Ni ya nos causa asombro la aparición del astro con cabellera.
Al fin aquí sabemos por qué avanza la plateada Luna
Con pasos desiguales; por qué, hasta ahora rebelde a los astrónomos,
Rechaza el freno de los números,
Por qué regresan los nodos, por qué los auges se adelantan.
Y también podemos saber cuán grande es la fuerza
Con la que la errante Luna empuja el flujo del mar
Cuando con quebradas olas abandona las Ovas
Y desnuda las arenas, peligro de los navegantes,
Lanzándolas una y otra vez a la cima de las costas.
Cosas que tantas veces han torturado a los Sabios antiguos
Y que en vano torturan a las Escuelas con ronca contienda
Las vemos claras ahora matemáticamente desveladas.
Ya el error con su niebla no aplasta a quienes
La sublime agudeza del genio concedió
Entrar en la morada de los dioses y escalar las alturas del Cielo.
Levantaos mortales, desechad los terrenos cuidados
Y distinguid desde ahora las fuerzas de la mente divina
Tan amplia y largamente distante de la vida de las bestias.
Quien ordenó en tablas escritas castigar las muertes,
Robos, adulterios y crímenes de perjurio y fraude,
quien había aconsejado a los pueblos errantes
Rodear las ciudades de altas murallas, era un sabio;
O quien alegró a las gentes con el don de Ceres,
O sacó de las uvas consuelo en las penas,
O enseñó a juntar diferentes sonidos Pintados en una caña del Nilo,
Y a transformar en signos visibles las voces distintas,
Explicó menos la suerte de los hombres; de modo que
Sólo consideró unas pocas necesidades de la vida.
Pero ya somos admitidos en convite a la mesa de los dioses,
Ya podemos manejar las leyes superiores del Universo
Y ya se abren los ocultos misterios de la oscura Tierra,
El orden inmóvil de las cosas y los secretos*

*Que ocultaron los siglos pasados.
Vosotros, los que gozáis del néctar celeste,
Celebrad conmigo a quien tales cosas nos muestran,
A Newton que abre el cerrado cofre de la verdad,
A Newton, amado de las musas, en cuyo limpio pecho
Habita Febo, de cuya mente se apoderó con todo su Numen;
Pues no está permitido a un mortal tocar más de cerca a los dioses”⁶⁴.*

Edmundo Halley

⁶⁴Newton Isaac (1687) *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Editorial CASC. Eloy Rada. Pág 63.

