MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

MODALIDAD INVESTIGACIÓN

LÍNEA EDUCACIÓN MATEMÁTICA

TRANSFORMACIÓN EN EL PENSAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS INTELECTUALES NEOGRANADINOS: 1736-1826

DEISY YAMILE RUIZ ROSERO

POPAYÁN, 2017

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
MODALIDAD INVESTIGACIÓN
LÍNEA EDUCACIÓN MATEMÁTICA

TRANSFORMACIÓN EN EL PENSAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS INTELECTUALES NEOGRANADINOS: 1736-1826

DEISY YAMILE RUIZ ROSERO

Directora
DOCTORA GABRIELA ARBELÁEZ ROJAS

Trabajo presentado como requisito para optar al título de Magister en Educación: Línea Investigativa en Educación Matemática

POPAYÁN, 2017

NOTA DE ACEPTACIÓN:

____

____

____

____

____

____

Directora: ______________________________

Jurado: ______________________________

Jurado: ______________________________

POPAYÁN, 2017

CONTENIDO

Resumen 1

Introducción.. 4

CAPÍTULO I. Papel asignado a las matemáticas en los pensum de las universidades neogranadinas durante la época colonial 13

1.1. Época Colonial: Etapa de Formación (1580-1736).. 14

1.1.1. La orden Dominica y su rol en las Instituciones de Educación Superior de la Nueva Granada 16

1.1.2. La compañía de Jesús y su rol en las Instituciones de Educación Superior en la Nueva Granada 18

1.1.3. Culminación de la Etapa de Formación 24

1.2. Época Colonial: Etapa Ilustrada (1736-1826).. 25

1.2.1. Planes de estudio, elemento de cambio sobre el paradigma dominante.. 25

1.3. Inicios del siglo XIX: El impacto de las ideas ilustradas en la comunidad de Neogranadinos... 43

1.4. Consideraciones finales.. 46

CAPITULO II. Los libros de texto en la constitución del pensamiento matemático neogranadino 49

2.1. El rol de los textos guía en la época colonial ilustrada 50

2.2. Prácticas del saber emergentes en los textos de circulación nacional durante la época colonial de la Nueva Granada.. 54

2.2.1. Los Elementa Matheseos Universae de Christian Wolff 55

2.2.2. Los Elementos de Matemáticas de Benito Bails.. 56

2.2.3. Los Principios Matemáticos de Filosofía Natural de Newton.. 77

2.2.4. Lecciones de Física Experimental de Nollet.. 81

2.2.5. Las Lecciones de Física Experimental de Restrepo.. 83

2.3. Introducción de las matemáticas en las aulas neogranadinas y la incidencia de los libros de texto en su proceso de constitución 86

CAPITULO III. Insumos para la constitución del pensamiento científico neogranadino........................ 88

3.1. Corrientes de pensamiento científico en la época colonial 92

3.2. Corrientes de pensamiento científico en la época colonial ilustrada neogranadina 93

3.2.1. La Filosofía Natural Aristotélica.. 94

3.2.2. La Física Experimental 96

3.2.3. La Física Newtoniana.. 98

3.3. Análisis sobre Las Lecciones de Física de Restrepo ... 100

3.4. El aporte de *Las Lecciones de Física* en la constitución del pensamiento matemático neogranadino ... 102

3.4.1. LECCÓN I: La naturaleza de los cuerpos ... 102

3.4.2. LECCIÓN III: Caracterización de la movilidad de los cuerpos ... 107

3.4.3. LECCIÓN IV: Clasificación del movimiento de los cuerpos. ... 112

3.4.4. LECCIÓN V: Principios que rigen el movimiento durante un choque ... 114

3.4.5. LECCIÓN VI: Leyes de la Gravedad ... 117

3.4.6. LECCIÓN VIII: Principios de la mecánica y aplicaciones ... 119

3.4.7. LECCIÓN XVIII: Fuerza centrípeta y centrífuga ... 120

3.4.8. LECCIÓN XIX: Movimiento compuesto en los cuerpos ... 123

3.5. CONCLUSIONES: Lecciones de Física de Restrepo en la constitución del pensamiento matemático neogranadino ... 125

CAPITULO IV: Las Lecciones de Física de Restrepo y el pensamiento matemático en la Nueva Granada ... 127

4.1. Enfoques en la Historia de las Matemáticas ... 127

4.2. Transformación en el papel de las matemáticas en la Nueva Granada durante la época colonial ilustrada ... 129

4.3. El rol asignado al conocimiento científico durante la época colonial ilustrada en la Nueva Granada ... 130

4.4. Conocimiento científico ilustrado en la Nueva Granada ... 131

4.5. Ingreso de las matemáticas como consecuencia de su papel en la comprensión de saberes que satisfacen la utilidad y la práctica ... 132

4.6. Implicaciones del contexto en el conocimiento matemático que ingresa a la Nueva Granada ... 133

4.7. La constitución de una cultura matemática en la Nueva Granada ... 135

4.8. La cultura matemática neogranadina desde las Lecciones de Física de Restrepo ... 136

4.9. Cultura matemática en la Nueva Granada desde el esquema metodológico de Schubring ... 141

4.10. Transición del pensamiento científico en la época colonial en la Nueva Granada ... 144

4.11. Conclusiones finales y trabajos futuros ... 146

4.11.1. Sobre el contexto educativo de la época colonial ilustrada ... 146

4.11.2. Aportes a la Educación Matemática y a las prácticas educativas ... 149

4.11.3. Consideraciones finales ... 152

Bibliografía ... 154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Función de cuerda, instrumento base en la trigonometría griega

Figura 2. Representación geométrica del Lema XVII, sección V del libro primero en Los Principios Matemáticos De Filosofía de Newton

Figura 3. Representación geométrica del Lema II, sección I, libro primero en Los Principios Matemáticos De Filosofía de Newton

Figura 4. Construcción del Argumento I de la Lección I de Restrepo

Figura 5. Construcción del Argumento III de la Lección I de Restrepo

Figura 6. El Glosocomo, máquina aplicación de la mecánica

Figura 7. Lección XVII, Lecciones de Física de Restrepo. Construcción Fuerzas Centrales

Figura 8. Lección XVII, Lecciones de Física de Restrepo. Construcción Fuerzas Centrales

Figura 9. Lección XVII, Lecciones de Física de Restrepo. Construcción Fuerzas Centrales

Resumen

Este trabajo se presenta para optar al título de Magister en educación, línea de investigación en Educación Matemática. Es una propuesta desarrollada en el campo de la Historia de las Matemáticas y planteada desde una perspectiva que conjuga el contexto social y los desarrollos concebidos al interior de la disciplina; cuyo origen se concentra en asumir la constitución de las matemáticas como una construcción humana inmersa en formas particulares únicas y propias de explicar el mundo. La investigación busca dilucidar la forma en que fueron apropiados los conceptos matemáticos durante la época ilustrada.

Realizar una investigación en este sentido implica recurrir a una historia de las matemáticas donde se reconstruye y revela un desarrollo teórico, el cual es producido en medio de complejas dinámicas sociales. Dinámica que permite revelar procesos y comprender de qué forma los avances matemáticos en cada época son asumidos en la enseñanza de la disciplina y al mismo tiempo proporcionar elementos para responder a una necesidad cultural que recupere la historia de las ideas, las ciencias y las artes en el propio país. En el siglo XVIII la Nueva Granada enfrenta una serie de cambios a nivel intelectual, se presenta el ingreso del movimiento cultural ilustrado en coexistencia con el pensamiento dogmático impuesto por comunidades religiosas, generando un nuevo ambiente cultural y de reformas educativas (particularmente en la educación superior), además de la introducción de las ciencias útiles, la modificación de las características de la educación impartida y el ingreso de textos extranjeros en la Nueva Granada implementados por los catedráticos ilustrados. Situaciones que inducen a la búsqueda de una respuesta hacia las condiciones de nuestra inserción histórica en la modernidad y la caracterización de la cultura matemática emergente.

El propósito de este trabajo se basa en realizar un análisis histórico epistemológico de la transformación que sufre una disciplina como las matemáticas entre 1736 y 1826 en el pensamiento de una comunidad de intelectuales neogranadinos que fueron influenciados por el movimiento de la ilustración, pues es la epistemología la que proporciona elementos para determinar en qué línea de pensamiento se pueden inscribir ciertos conocimientos históricos.

Como marco de referencia se recurre a los estudios realizados en Historia Social de las Ciencias, debido a que su postura permite ilustrar la manera compleja en la cual los intereses agrupados bajo la denominación de lo social, han ambientado y condicionado la actividad científica. Además, este tipo de análisis histórico contribuye a detectar la presencia de formas autóctonas de pensamiento dentro del quehacer científico institucionalizado, ya que su énfasis bidimensional logra equilibrar la visión interna y externa de la ciencia, facilitando en un mismo momento la reconstrucción de acontecimientos intelectuales, su historicidad y su función en el plano de la cultura. También se incorporan los postulados de Gert Schubring para fundamentar la investigación, dado que éste establece y demuestra desde sus investigaciones, la incidencia de la cultura en el desarrollo de los conceptos matemáticos; desafiando paradigmas sobre las concepciones comunes alrededor de la historia de las matemáticas.

Para dar cuenta de la transformación sufrida en el pensamiento matemático de los intelectuales neogranadinos, durante la época ilustrada se llevó a cabo un proceso consignado en este documento y que consta de varios apartados.

En el primer capítulo se plasma el resultado de un estudio historiográfico que permite rastrear el papel asignado a las matemáticas en los pensum de las universidades en todo el periodo colonial, el cual está constituido por una etapa de formación (1580- 1736) y una etapa ilustrada (1736- 1826).

Seguidamente y tomando como insumo los datos encontrados en la historiografía, en el capítulo dos se realiza la decantación y descripción de una masa documental representativa de textos extranjeros y nacionales de mayor circulación y su uso por parte de los catedráticos en las aulas universitarias de la Nueva Granada. Proceso que permite ir detectando aspectos académicos y socioculturales predominantes en la época y que inciden en la constitución de la cultura matemática neogranadina.

En el capítulo tercero, a fin de ir puntualizando las particularidades de la cultura matemática neogranadina, la investigación se direcciona hacia la caracterización y análisis de algunos contenidos del texto Las *Lecciones de física para los jóvenes del colegio mayor* *seminario San Bartolomé*, texto de carácter nacional que plasma la experiencia de aula desarrollada por uno de los catedráticos criollos de mayor relevancia en la época.

En el capítulo cuarto, se dan a conocer las consideraciones finales producto de los análisis realizados durante la investigación con respecto al estilo nacional identificado, la incidencia del contexto en el rol asignado al conocimiento matemático, en contraste con los referentes teóricos y demás aspectos emergentes durante el proceso; buscando finalmente determinar la transformación en el papel de las matemáticas en la Nueva Granada durante la época colonial ilustrada.

PALABRAS CLAVE: historia de la matemática, pensamiento matemático neogranadino, matemática en la ilustración.

Introducción

En términos tradicionales, la historia de la ciencia ha sido presentada como una cadena lineal de causas y efectos, sumario de verdades y descubrimientos acumulados donde se ilustra la evolución de la ciencia como una construcción netamente internalista; la cual deja de lado el carácter cultural, social y político que pudo tener gran influencia en dicha constitución. Es así como la presencia de imaginarios que fueron ganando terreno en las comunidades y canales de comunicación establecidos, no han sido tenidos en cuenta pese al hecho innegable de que las formas del pensamiento humano se encuentran directamente relacionadas con los acontecimientos sociales.

La matemática no es ajena a esta situación, al respecto en (Goldstein, 1996) se plantea que comúnmente se acepta como un hecho que la actividad matemática en países diferentes permanece inalterada, es decir, pueden cambiar las formas externas y los énfasis en la manera de practicar la matemática pero ella se mantiene idéntica a sí misma. Sin embargo, Schubring en (Goldstein, 1996) muestra mediante sus investigaciones, la existencia de una creciente conciencia sobre las marcadas discrepancias entre las ciencias que se practican en varios países, lo cual lleva a la conclusión de que el flujo de la comunicación no es tan libre como se había asumido implícitamente; de hecho, se hace referencia a la incidencia de un estilo nacional en las producciones académicas emergentes de una cultura matemática que es permeada por el sistema educativo y las políticas implementadas en cada país.

Se conoce que a las matemáticas se les ha proporcionado un tratamiento diferente frente a las demás ciencias[1], es por esto que su relación con la historia se plantea de manera muy particular. Al respecto, se instauran dos maneras aparentemente dicotómicas de abordar este tipo de conocimiento histórico: la internalista y la externalista. La primera asume que la génesis y validación de los conocimientos no están influenciadas por factores externos y su estudio es de competencia de la historia y la filosofía de las ideas; en tanto la segunda, asume la posición

[1] Este tratamiento se debe al carácter cerrado de sus estructuras de símbolos y secuencias lógicas, razón por la cual generalmente se ignora que las matemáticas son una construcción humana.

opuesta, se da un énfasis a los factores psicosociales, políticos, orgánico-administrativos, etc., en detrimento generalmente de elementos lógico-deductivos de la ciencia.

Al respecto, (Arbeláez, 2012) aduce que la confrontación de éstas dos perspectivas no solo radica en el rol que se le asigna a los factores sociales y culturales presentes en toda actividad humana, sino al paradigma de historia que se privilegia en los procesos de constitución de un campo de las matemáticas. Es más, en el sentido filosófico surgen posiciones encontradas frente al enfoque con que se plantean los estudios en historia de las matemáticas, debido a que se espera que con ello se devele la epistemología subyacente y la posición frente a la naturaleza de la verdad y el conocimiento matemático. Sin embargo, se ha llegado a concluir que ni un análisis internalista ni un análisis externalista son satisfactorios para entender la evolución de las matemáticas puesto que existe una participación múltiple y condicionada simultáneamente entre factores internos y externos. Definir cuáles factores juegan un papel más importante en un momento determinado sólo se puede establecer sobre la base del análisis concreto, la mayor importancia de unos elementos sobre otros no puede ser resuelta con una premisa a priori. De hecho, el debate entre estas dos posturas ha desencadenado en una coalición generando una nueva perspectiva para abordar la historia de las matemáticas, situación que se evidencia en diversos estudios al respecto, realizados en Colombia desde 1974.

Entre los estudios anteriormente mencionados, se destaca el *Proyecto Historia Social de la Ciencia en Colombia* (1993), que agrupa varias investigaciones en torno al desarrollo científico, académico y tecnológico suscitado en el país hasta mediados del siglo XX. También existen varios trabajos que se han centrado en descifrar las condiciones y momentos de la historia del país que incidieron en la difusión y consolidación de teorías matemáticas en el Nuevo Reino de Granada. Por ejemplo, entre otros, se encuentra una investigación denominada *Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: el caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820)* (Arboleda L. , 1987), que plantea como objetivo el comprender el estado de domesticación de la revolución newtoniana en el siglo XVIII por parte de los centros metropolitanos, con el fin de revelar de manera objetiva el impacto de la recepción de estas ideas en la cultura del país. Otro proyecto destacado en este ámbito, es el titulado “Las geometrías no Euclidianas en Colombia”, donde se realiza un estudio particular de algunas concepciones de tipo filosófico sobre la relación geometría y experiencia, con lo cual se busca mejorar la comprensión en el por qué de la obstinada negativa a divulgar en Colombia las Geometrías no Euclidianas. (Anacona & Arboleda, 1996)

Los análisis de ciertos momentos claves en la historia desde la Educación Matemática, constituyen una forma de responder a la pregunta sobre la identidad intelectual colombiana, particularmente en lo que se refiere al campo de la educación. Proporcionando explicaciones históricas, epistemológicas y pedagógicas a hechos del pasado, que pueden ser empleadas en el planteamiento de futuros proyectos curriculares o de innovación (Anacona & Arboleda, 1996)

En este sentido, la presente investigación plantea el trabajo histórico en torno al conocimiento científico, escapando de las posturas exclusivistas[2] y buscando obtener elementos suficientes para elaborar una historia de las ideas que evidencie la formación y desarrollo de los conocimientos científicos. Por esta razón, se realiza el análisis de las dinámicas sociales y académicas, que inmersas en un contexto, movilizan o hacen posible la apropiación de ciertos conceptos matemáticos, los cuales inciden en la constitución de una cultura propia, donde las matemáticas se instituyen como una actividad humana, cuyo proceso histórico es consolidado a través de una construcción social compleja conformada durante miles de años a partir de arduos procesos de interrelación cultural.

En términos generales, la presente investigación indaga sobre la manera cómo fueron apropiados los conceptos matemáticos durante la época ilustrada en Universidades Coloniales como la de Santo Tomás, la Javeriana y Colegios Mayores como el del Rosario y San Bartolomé entre 1736 y 1826[3]. Confirmando que el ingreso del movimiento cultural de la ilustración generó

---

[2] En este caso se hace referencia a las dos maneras instauradas para abordar los conocimientos históricos en matemáticas. En primer lugar, la postura internalista, la cual asume que la génesis y validación de los conocimientos no están influenciados por factores externos y su estudio es de competencia de la historia y la filosofía de las ideas. En segundo lugar, la postura externalista, la cual toma una posición opuesta, ya que proporciona énfasis a los factores psicosociales, políticos, orgánico-administrativos, etc., en detrimento generalmente de elementos lógico-deductivos de la ciencia.

[3] Este periodo se toma teniendo que Diana Soto en su artículo "Aproximación histórica a la Universidad Colombiana", caracteriza el periodo colonial en dos etapas: la de formación entre 1580-1736 y la ilustrada 1736-1826, argumentando que es a partir de 1736 con la llegada de la Expedición Geodésica cuando se plantea un nuevo ambiente cultural y que las transformaciones educativas se dan luego de la expulsión de los jesuitas en 1767, cuando el sector civil buscó la primera universidad pública y la reforma de los estudios superiores en el virreinato.

grandes transformaciones en la educación de los estudios superiores, donde personajes como José Celestino Mutis, Eloy Valenzuela, José Félix de Restrepo, Francisco José de Caldas, el fiscal Moreno y Escandón, entre otros, suscitan una fuerte influencia en la introducción de las "nuevas ciencias", al promover un nuevo plan de estudios que conservaba ciertas continuidades con respecto a la formación de corte escolástico, pero que también agrega nuevos autores y escuelas de corte moderno[4]. Con los nuevos planes propuestos, se deja de lado la escolástica y se propone una filosofía "útil", que tiene como base la filosofía ligada al conocimiento de las ciencias naturales y de la física experimental. (Soto D. , 2005, pág. 8)

En esta época tal serie de eventos modifican las características de la educación impartida, se observa una introducción de textos extranjeros que circularon en la Nueva Granada y cuya filosofía, metodología y contenidos, influencian el método de los Catedráticos Ilustrados para impartir sus clases. Al respecto, se habla de que el texto de Goudin[5] (escolástico) fue retirado decididamente y sustituido por otros escritos como el texto de Christian Wolff propuesto por Moreno y Escandón, también se da la inclusión de la lógica de Fortunato de Brescia y la traducción inédita de los Principia al castellano hecha por Mutis en la Nueva Granada cerca de 1770. Además, se presenta una fuerte penetración de la física clásica, principalmente a través de los textos de los experimentalistas newtonianos: 'sGravesande, Musschenbroek, Nollet, Sigaud de la Fond, que Mutis difunde en la primera cátedra de matemáticas y física del colegio el Rosario entre 1762 y 1766.

José Félix de Restrepo es uno de los principales personajes para el presente estudio, ya que factores importantes como el uso del español en la enseñanza de la filosofía y la elaboración y publicación de textos como sus Lecciones de Lógica y Física (primeros textos filosóficos publicados no sólo en Colombia sino en Latinoamérica y en español), se convierten en valiosos aportes para la construcción de una cultura matemática en el país. Estos textos no sólo tienen

---

[4] La Modernidad es un periodo que principalmente antepone la razón sobre la religión. Se crean instituciones estatales que buscan ejercer control social mediante una constitución. Se abandona la creencia de que todo puede ser explicado mediante la religión, y se procede a elaborar explicaciones científicas de los fenómenos.

[5] Vistió el hábito de Santo Domingo y se dedicó a la enseñanza de la filosofía. Escribió Philosophia juxta inconcusa tutissimaque Divi Thomme dogmata, que circuló profusamente por Francia y España. Autor de corte tomista, en sus tratados se reproducen las doctrinas escolásticas presentadas en forma muy sistematizada.

importancia por ser el producto de la larga enseñanza de Restrepo en Instituciones Educativas neogranadinas del periodo colonial, sino también porque ellos permiten conocer en detalle el saber socializado, las diferencias fundamentales entre la antigua y la nueva enseñanza, y porque constituyen la normalización de dicha nueva enseñanza tras un proceso que abarcó más de medio siglo. "Las Lecciones de Física, por ejemplo, fue el texto utilizado en Colombia durante la primera mitad del siglo XIX para la enseñanza de la física" (Herrera, 1991, pág. 9)

Los textos producidos por Restrepo, las tesis dirigidas por él y los demás textos albergados en los archivos históricos de diferentes Universidades como la del Cauca, del Rosario y la Nacional, entre otras, conforman una gran riqueza bibliográfica por estudiar; pues yace ahí la respuesta hacia las condiciones de nuestra inserción histórica en la modernidad y a una caracterización de una cultura matemática y una cultura educativa propia. En este sentido, irrumpe la necesidad de revisar las concepciones epistemológicas predominantes, las políticas educativas e incluso el ambiente sociocultural de aquella época. Un estudio articulado de todos estos aspectos, conduce a comprender las condiciones que permitieron la transición de teorías matemáticas y la forma como fueron asumidas para constituir un pensamiento matemático propio. Para alcanzar el propósito planteado en esta propuesta investigativa, se desarrollan varias etapas cuyos resultados se concentran en los capítulos descritos a continuación:

En el primer capítulo, se presenta un estudio historiográfico que permite rastrear el papel asignado a las matemáticas en los pensum de las universidades neogranadinas en el periodo colonial. Para este capítulo se hace un recorrido teniendo en cuenta la caracterización realizada por (Soto D. , 1991), con el objetivo de examinar el periodo de estudio a partir de dos etapas: una de formación (1580-1736) y otra de ilustración (1736-1826), con esta división se adquieren elementos para realizar seguimiento al comportamiento del pensamiento matemático, pues en el año 1736 con la introducción de las ideas ilustradas, se genera un nuevo ambiente cultural y de reformas educativas, donde la matemática cumple otro papel. Además, con lo anterior también se permite contrastar una época en la cual la educación estuvo bajo la dirección de dos pensamientos diferentes: el dogmático y el ilustrado.

Posteriormente se realiza la descripción de momentos y actores tanto en la etapa de formación como de ilustración en la época colonial de la Nueva Granada, esenciales en la identificación del papel de las matemáticas en los planes de estudio de los principales Centros Educativos existentes en la época.

En relación con la etapa de formación (1580-1736), se identifica a las órdenes religiosas como las encargadas del proceso de enseñanza, consecuencia del monopolio de los clérigos desde el Medievo sobre ésta. Por lo cual, éstas comunidades de manera independiente y casi paralela trazan sus planes de estudio siguiendo respectivamente su filosofía doctrinal y propósitos. Se centra la atención en dos de las comunidades religiosas con mayor incidencia en el campo educativo y quienes mayor respaldo recibieron por parte de la corona, los dominicos y los jesuitas, las cuales regentaron las más influyentes instituciones de carácter superior de la época: la Universidad Tomística con su anexo el Colegio Mayor del Rosario, el Colegio San Bartolomé en Santafé de Bogotá (posteriormente universidad Javeriana) y el Colegio Seminario San Francisco de Asís en Popayán.

Por otra parte, en cuanto a la etapa Ilustrada, se destaca en 1762 la inauguración de la cátedra de matemáticas a cargo de José Celestino Mutis, quien introduce el pensamiento de Descartes, da a conocer el método axiomático de Euclides y efectúa la inmersión de una matemática mixta que se relaciona con una aritmética comercial y una aritmética como teoría de números. Posteriormente, en 1774 se crea el Plan de Moreno y Escandón al que se le atribuye la inmersión del pensamiento Wolffiano en las aulas Neogranadinas, elemento que representa la divulgación de la herencia de la tradición de Leibniz y la física de Newton. A pesar de la existencia de una época que marcó un retroceso de lo que en términos de la filosofía útil y las ciencias se había logrado en la academia Neogranadina, aparece en 1783 el plan de Caballero y Góngora, donde se da lugar a iniciativas novedosas en el terreno de la enseñanza de las matemáticas y la proposición de un plan de estudios nuevamente inspirado por Mutis que recoge y profundiza las orientaciones del plan de estudios de 1774. Años más tarde, precisamente en 1785 con los Planes del Colegio San Francisco de Asís, se abre paso en Popayán una filosofía útil con José Félix Restrepo, autor de los primeros textos publicados en Latinoamérica.

En el segundo capítulo, se realiza la decantación de una masa documental representativa de textos extranjeros y nacionales de mayor circulación en la Nueva Granada durante la etapa ilustrada. Para ello se inicia presentando una contextualización alrededor de la adquisición de los libros de texto, por ejemplo, se destaca que de los libros que circularon por esta época, algunos fueron heredados de La Compañía de Jesús, quienes desde un inicio se habían interesado por el estudio de las ciencias naturales y las matemáticas, también hubo textos distribuidos debido a la influencia de misiones científicas y agentes difusores metropolitanos de la nueva filosofía ilustrada, otros fueron adquiridos por algunos intelectuales criollos debido a la incidencia de la formación autodidacta en generaciones como la de Caldas[6], además, existieron ejemplares que fueron adquiridos como resultado de intercambio de productos como la quina durante la expedición Botánica.

En su mayoría, los textos se dan a conocer a través de los planes de estudio trazados para las diferentes instituciones de educación en la época. Se identifican documentos extranjeros divulgados y trabajados en las cátedras de matemáticas y ciencias, donde se esboza algunas de las teorías desarrolladas por Newton, Wolff, Euler, Leibniz, Lagrange, Cramer, Copérnico, entre otros.

A nivel de producción nacional, se halla las lecciones experimentales de física, redactadas por José Félix Restrepo para los jóvenes del Colegio Mayor Seminario de San Bartolomé, primer texto en español impreso en el país, el cual, a juicio de (Arboleda L. , 1987) evidencia la maduración en el proceso de incorporación de la física experimental, obteniendo la estructuración de una opinión favorable, la institucionalización de actividades intelectuales y prácticas, obviamente moldeadas por las condiciones concretas de la periferia.

[6] Los criollos de la generación de independencia debieron absorber la mayoría de contenidos de carácter ilustrado por fuera de los colegios mayores, en escenarios donde pudieran entrar en contacto con esa clase de conocimientos: bibliotecas, tertulias, Sociedades Económicas de Amigos del País, expediciones científicas, prensa y viajes (Uribe J. , 2005, pág. 23). Sin embargo, la siguiente generación se beneficia de la enseñanza de sus mayores. Es el caso de Pombo, formado inicialmente en matemáticas por Caldas y otros catedráticos del Colegio del Rosario y orientado bajo su dirección a la lectura de textos con conocimientos y enfoque más actualizados.

En el capítulo III, las Lecciones de Física de Restrepo son un insumo de análisis obligatorio, pues se presume que en su interior reposa la manera como fue asimilado el conocimiento que ingresó a la Nueva Granada durante la época colonial ilustrada y principalmente se revela el papel asignado a las matemáticas en el desarrollo de sus contenidos. Entre otros argumentos porque el texto de Restrepo significa el paso de la física cualitativa de griegos y medievales a la física cuantitativa de los modernos, espacio donde cobra relevancia el rol de las matemáticas. Por tanto, este capítulo se centra tanto en la caracterización y análisis de algunos contenidos abordados por el autor neogranadino en sus Lecciones, como también en establecer sus principales referentes conceptuales y en general la forma de presentar los conceptos.

El estilo propuesto por Restrepo para el desarrollo de las ciencias en la Nueva Granada, se logra develar siguiendo la ruta de análisis establecida por (Goldstein, 1996), donde se plantea que la producción de conocimiento matemático de cada país ya sea metropolitano o periférico, se encarga de construir una cultura matemática propia a partir de un estilo nacional que se enmarca en los intereses políticos y socioculturales de la época, además de los procesos comunicativos que hayan logrado establecer con otras comunidades académicas. Asimismo, partiendo de la premisa donde se asume que la circulación del conocimiento matemático entre los diversos países no es un acto libre y transparente en el cual los conceptos se mantienen intactos, sino que ellos son percibidos de acuerdo a unas valoraciones culturales y epistemologías subyacentes.

En el capítulo IV, se presentan algunas conclusiones con respecto a la transformación en el papel de las matemáticas en la Nueva Granada durante la época colonial ilustrada. En primer lugar, desde una categorización de datos extraídos de los libros de texto de mayor impacto en las instituciones de educación superior durante la época ilustrada, con lo cual se logra identificar aquellos fenómenos sociales que dan cuenta del proceso cultural que se tejía en la época. En segundo lugar, a partir del estudio realizado sobre las *Lecciones de Física* de Restrepo y la comparación de distintas variables involucradas en dicho fenómeno social. En tercer lugar, se presentan unas conclusiones amparadas en algunos referentes teóricos como: el concepto de estilo presentado por Hebe Vessuri, la perspectiva de la historia social de la ciencia y las categorías expuestas en los trabajos de Gert Schubring sobre el desarrollo de conceptos matemáticos en la Europa de los siglos XVIII y XIX. Finalmente, se emiten algunas reflexiones y recomendaciones generales producto del ejercicio investigativo de esta propuesta que conducen a identificar la necesidad de nutrir una historia de las matemáticas de carácter local alrededor de la construcción de sentido generado durante procesos de traducción y difusión, asimismo, reconocer algunas contribuciones que desde el componente histórico es posible efectuar al campo de la Educación Matemática.

CAPÍTULO I. Papel asignado a las matemáticas en los pensum de las universidades neogranadinas durante la época colonial

Realizar una caracterización de la transformación que sufren las matemáticas en el pensamiento de los intelectuales neogranadinos entre 1736 y 1826, requiere inicialmente de un estudio historiográfico que permita rastrear el papel asignado a las matemáticas en los pensum de las principales universidades durante todo el periodo colonial.

En dicha construcción, se toma como referencia estudios históricos sobre la época colonial realizados por autores como Renán Silva, Guillermo Hernández de Alba, Diana Soto, entre otros, quienes logran establecer características de la época en el ámbito educativo, político y social; rasgos que permiten leer entre líneas la cultura neogranadina que se fue tejiendo a lo largo ésta época. En esta investigación se aborda la época colonial desde la caracterización que realiza Diana Soto en el artículo "Aproximación histórica a la universidad Colombiana", pues ésta permite abordar el periodo en estudio a partir de dos etapas: una etapa de formación (1580-1736) y otra etapa de ilustración (1736-1826). Tal división proporciona herramientas para realizar un seguimiento al comportamiento del pensamiento matemático, pues en 1736 con la introducción de las ideas ilustradas, se vislumbra un nuevo ambiente cultural y de reformas educativas donde las matemáticas cumplen otro papel. Además, posibilita contrastar una época en la cual la educación estuvo bajo la dirección de dos pensamientos diferentes: el dogmático y el ilustrado.

El pensamiento dogmático se reconoce como aquel que florece en la etapa de formación de la época colonial, donde las comunidades religiosas tienen un papel preponderante en el desarrollo y evolución de aspectos sociales, económicos, educativos y culturales de la Nueva Granada. Llegando a tener gran incidencia la filosofía doctrinal instituida por cada fundador de las comunidades religiosas, al punto de ganar total importancia la teología y la filosofía escolástica en los procesos de formación. Por otra parte, el pensamiento ilustrado, se identifica con aquel movimiento cultural de finales del siglo XVII, visto en la Nueva Granada como el aspecto que conllevaría al desarrollo de la nación, entregando un papel principal al estudio de las ciencias útiles (entre las que se incluye las ciencias naturales y las matemáticas).

Es así como a partir de la literatura revisada y debido al interés de la presente investigación, se procede a realizar una descripción de momentos y actores presentes tanto en la etapa de formación como de ilustración en la época colonial de la Nueva Granada, los cuales por supuesto son esenciales para la identificación del papel cumplido por las matemáticas en los planes de estudio promovidos desde los principales Centros Educativos existentes en la época.

1.1. Época Colonial: Etapa de Formación (1580-1736)

Es una época desarrollada entre 1580 y 1736, en esta etapa se identifica en los españoles un interés principalmente basado en lograr con la tarea educativa la conversión de las sociedades indígenas, al sistema de prácticas, reglas y valores morales que implica el cristianismo, pensando principalmente en la hegemonía y la dominación. Por esta razón, irrumpe en la Nueva Granda la necesidad de la fundación de centros de enseñanza donde se prepara a los diferentes sectores del grupo intelectual que debía cumplir con tales tareas; ahora bien, es evidente que la enseñanza había sido monopolio de los clérigos desde el Medievo, por tanto fueron las órdenes religiosas las que tuvieron a su cargo el proceso educativo. Esto desencadenó finalmente para la educación un carácter semieclesiástico, en términos de (Silva, 2004), debido a que las fundaciones educativas cumplieron un papel más complejo que la simple evangelización, pues se insertaron en un proceso de transformación demográfica y socioeconómica posterior a la conquista, cumpliendo un doble rol: como sociedad del discurso y como grupo doctrinal. Bajo estos parámetros el proceso educativo fue restringido a poblaciones específicas, en las cuales el conocimiento circuló en el marco de una doctrina y de un conjunto limitado de verdades; obedeciendo a condiciones que buscaban conservar el saber pretendiendo su apropiación pero no su intercambiabilidad y evolución.

Esta sociedad nunca diferenció en forma precisa niveles de enseñanza e indistintamente en todos los Centros Educativos, circularon conocimientos, discursos, saberes y formas de enunciación pertenecientes a la denominada educación superior, lo cual se justificó en la necesidad existente en la Nueva Granada de formar personas que tomaran las riendas del país cubriendo cargos en la inquisición y el clero. Entre las instituciones destacadas se encuentra El Colegio San Bartolomé o Academia Xaveriana (Colegio Máximo), El Colegio Seminario San

Francisco de Asís en Popayán, regentados por la compañía de Jesús y la Universidad Tomística con su anexo, el Colegio Mayor del Rosario, tutelada por los dominicos en Santafé.

Los estudios abordados en estas instituciones trataron de mantener el canon de las artes liberales según los tres ciclos del modo bajomedieval, que llegaron a América transformados a través de las constituciones de las Universidades de Salamanca y Lima. Según estas reglas había dos tipos de facultades[7], las Menores, que eran de Artes o Filosofía, y las Mayores, con estudios en Cánones (derecho canónico), Leyes (derecho civil), Teología y Medicina. El plan de estudios en las facultades Menores hace referencia a disciplinas básicas constituidas por el *trívium* (Gramática, Lógica y Retórica) y el *Quadrivium* (Geometría, Aritmética, Astronomía y Música), mientras que en las facultades Mayores se obtenían los grados de Bachiller, Licenciado y Doctor o Maestro.

En general, en los inicios de la época colonial, los elementos distintivos del modelo bajo el cual se transmiten los saberes en las instituciones de educación superior se centran en *el lectio*, procedimiento de lectura y explicación debido a la ausencia de textos, *el dictatio,* proceso mediante el cual el alumno con su pluma va escribiendo sobre el papel cada una de las palabras, letras de texto o comentarios que el catedrático pronuncia, y el *disputatio*, lucha entre dos rivales que hacen uso de armas verbales ceñidas en el orden de la retórica y el silogismo para construir demostraciones, las cuales se apoyaban siempre en el principio de autoridad donde convocan en su favor diferentes autores; buscando mediante este ritual llegar a la verdad tal como había sido expuesta en los libros. En consecuencia, parte de la cultura colonial en las instituciones superiores del saber fue ante todo una cultura del comentario, de un comentario que se duplica al infinito, pero sin nunca desviar su camino, discurso dominado por una normativa que busca conjurar los peligros del discurso y cuyo fin del proceso de transmisión del conocimiento culminaba en la disputa.

En el desempeño de las Instituciones de Educación en la Nueva Granada durante la época colonial de formación, tienen principal incidencia comunidades religiosas como los Dominicos (1598) y la compañía de Jesús (1604), quienes de manera independiente y casi paralela trazan sus

[7] En esta época se usó indistintamente el término “facultad” o “cátedra”.

planes de estudio siguiendo respectivamente su filosofía doctrinal y propósitos. Quizá el único interés común de las dos comunidades en este período fue el estudio de la Teología, dado que ésta accedía a la construcción de un nexo con el conocimiento de Dios, en tanto con las otras ciencias no existía.

1.1.1. La orden Dominica y su rol en las Instituciones de Educación Superior de la Nueva Granada

Esta fue una de las comunidades religiosas con mayor incidencia en el campo educativo y quienes mayor respaldo recibieron por parte de la corona. Tanto así, que en 1598, y directamente de Roma, recibe el Colegio General de Santo Tomás el título de Estudio General[8]; siendo ésta la única institución durante muchos años en la Nueva Granada, con permiso para conferir grados. Además, se convirtieron en los principales opositores de la anti-reforma de los currículos conservadores.

En los colegios dirigidos por los dominicos, tras la Gramática Latina, la formación universitaria continuaba con la Filosofía (ciencia de las ciencias), abarcando los cursos de lógica (lógica Aristotélica), física (filosofía de la naturaleza), Metafísica (la ciencia primera) y Ética. Aquí, la física a su vez se dividía en Física general: “del ser móvil en común, de la naturaleza y causas del ser móvil, de las propiedades de los seres móviles” y Física especial: “del alma” o “psychologia”. Por tanto, en Colegios como El Mayor del Rosario, Aristóteles y sus comentaristas, dominan la escena filosófica colonial, puesto que el curso de filosofía era el estudio de la lógica de Aristóteles “cristianizado” por Santo Tomas, quien realizó una adecuación estableciendo un puente directo entre filosofía y religión.

El plan de estudio establecido por los dominicos, deja ver su principal interés por el conocimiento de la existencia de Dios, lo cual toma mayor sentido, con el apoyo en la lógica de Aristóteles que no es otra cosa que el sustento en presupuestos metafísicos para concebir procesos de razonamiento y demostración. En este sentido, se acude a potenciar en los estudiantes una lógica silogística como elemento de razonamiento y por tanto las ciencias exactas pierden protagonismo en este tipo de pensamiento abstracto.

[8] En ésta época no se manejaba el término Universidad

Cabe destacar que para los dominicos, la lógica es vista como “aquella ciencia que dirige la mente en el conocimiento de la verdad” (Silva, 2004); herramienta necesaria en el saber teológico puesto que permite “distinguir lo verdadero de lo falso”. En este sentido, se introduce la lógica silogística como base del argumento, lo cual puede identificarse en los principales reglamentos y planes educativos.

Se sabe que Aristóteles veía en la doctrina del silogismo el procedimiento por excelencia de la ciencia:

> “Aristóteles creó un sistema formal de lógica y un conjunto de conceptos unificadores que aplicó a las principales disciplinas de su tiempo: biología, física, metafísica, ética y política. Su filosofía y ciencia dominaron el pensamiento occidental durante dos mil años después de su muerte, en los que su autoridad fue casi tan incuestionada como la Iglesia” (Kapra, 2003, p. 30).

El punto de vista introducido por los dominicos en sus instituciones, evidencia el estudio de las matemáticas solamente encaminado hacia el fortalecimiento de la lógica como herramienta para acceder al conocimiento filosófico y enseñada como un conjunto de reglas para establecer razonamientos encadenados, los cuales partiendo de premisas verdaderas conducen a conclusiones de su misma categoría; cobrando sentido los estudios de la filosofía desde el enfoque Aristotélico mediado por la interpretación de Santo Tomás, lo cual anticipa la predominación del carácter teológico. Por tanto, se establece que debido a la influencia de Aristóteles en los planes de estudio fijados por los dominicos en sus Centros Educativos, es introducido el método deductivo a partir de la implementación de la lógica silogística, promoviendo una ciencia netamente cualitativa ligada al sentido común. Sin embargo, y pese a que Aristóteles refiere a las matemáticas como conceptos abstractos derivados de propiedades de los objetos del mundo físico (considerando a la aritmética como previa a la geometría), la matemática tiene una presencia muy reducida en el Currículo de los dominicos, al parecer debido a que este tipo de nociones Aristotélicas presumiblemente se alejan del conocimiento de Dios y por tanto no se encuentran dentro de sus intereses formativos.

1.1.2. La compañía de Jesús y su rol en las Instituciones de Educación Superior en la Nueva Granada

Su llegada se produjo en 1589 a Cartagena de Indias con el deseo de instalarse en la Nueva Granada, sin embargo, debido a su misión religiosa se desplazan al interior del país a regentar Instituciones como el Colegio San Bartolomé en Santafé a partir de 1604 (posterior Universidad Javeriana en 1623) y el Real Colegio Seminario San Francisco de Asís en Popayán a partir de 1642. Su labor pedagógica fue directamente influenciada por los códigos internos de la compañía, e inspirada en la experiencia académica y espiritual de San Ignacio de Loyola y los primeros Jesuitas, a la que se le denomina *Ratio Studiorum,* el cual era un elemento fundamental de la tradición pedagógica de la compañía de Jesús[9]. Destacándose que el objeto de la *Radio Studiorum* era finalmente lograr en el estudiante la formación en "virtud y letras", lo que hoy llamamos formación integral (Ramírez, 2004).

Esta iniciativa fue categorizada como una corriente modernizante, debido a su visión un poco más abierta sobre las ciencias, que la explicitada por otras comunidades clericales. Se dice que la *Ratio Studiorum* en su primera edición fue considerada como un método y plan de estudios, sin embargo, posteriormente y debido a su fundamentación antropológica basada en el humanismo cristiano de la contrarreforma, pasó al desarrollo de una forma de explicar la educabilidad del ser, es decir, a lo que ellos llamaron el "modo" jesuítico de proceder y la explicitación de su respectiva didáctica (basada también en las experiencias de San Ignacio[10] y que resume los mejores métodos de estudio de la época), la cual termina consolidándose como una pedagogía (Paradinas, 2012). Esta llamada pedagogía es producto de la dinámica espiritual de Ignacio de Loyola, quien guía su proceso de construcción durante 44 años, con lo cual se obtiene su versión final en 1599.

---

[9] Los jesuitas, a diferencia de los curas doctrineros, son clérigos regulares con una sólida formación académica y espiritual.

[10] Ignacio López de Loyola, caballero dado a las "vanidades del mundo" quien en su afán de servir a los demás se exige cualificación, terminando en la institución más reconocida de la época, la Universidad de París (1528). Establecimiento educativo que le permite experimentar un estilo pedagógico que admirará profundamente y luego especificará en sus rasgos fundamentales de la parte IV de las constituciones de la compañía de Jesús, estilo denominado "modus parisiensis".

Dada la importancia que desde ésta política educativa se asigna a las matemáticas y respecto a la estructura de saberes implementada por los jesuitas, se hace énfasis en lo planteado en la *Ratio Studiorum* durante su proceso de constitución y su versión final.

Inicialmente se resalta que la versión final fue presentada bajo los términos mencionados a continuación:

> "El plan de estudios en la *Ratio Studiorum* se organizó alrededor de los estudios de humanidades propios de la época (latín, retórica, letras o literatura), filosofía (incluye lógica y matemática, física y ética y metafísica, psicología y matemática superior) y teología (dirigido especialmente a quienes buscaban el sacerdocio). Posterior a la filosofía se fueron abriendo estudios en ciencias para los estudiantes más aventajados. En nuestro caso, la jurisprudencia (cánones y leyes) y la medicina" (Fajardo, 1999).

En consecuencia, el plan de estudios establecido por los jesuitas, permite reconocer en la formación filosófica la introducción de una matemática básica y una matemática superior, por lo cual en estas Instituciones se trabajó algún tipo de matemática de la cual debemos establecer su origen y sus particularidades. Al respecto, se encuentra como antecedente el humanismo cristiano de la contrarreforma como base en la construcción de la *Ratio Studiorum*, y ligado a ello, un importante renacimiento de las matemáticas, promovido por el humanismo en el siglo XVI, principalmente en Italia alrededor del año 1540.

En este punto, se logra establecer que la mayoría de autores coinciden en que la Compañía de Jesús de algún modo concedió importancia especial a la enseñanza de las matemáticas, no obstante, durante el siglo XVI (etapa de construcción de la *Ratio Studiorum*) se produjo una serie de enfrentamientos respecto al papel que se debía asignar a las mismas, esto atribuido a la disputa entre matemáticas y filosofía que por esa época se daba, pugna relacionada a la certeza y utilidad de dichas disciplinas.

1.1.2.1. La construcción de la Ratio Studiorum y la disputa de las matemáticas por obtener un lugar

En el siglo XVI el estudio de las matemáticas estaba muy devaluado, sin embargo, por ésta época se escuchaban diferentes manifestaciones al respecto, principalmente por parte de los Humanistas. Por ejemplo, Pierré de la Rammé[11] en 1533 escribía al respecto: "Es de lamentar en verdad que en la Academia de París, con su multitud de estudiantes, estén abandonados los estudios de disciplinas tan nobles como por ejemplo la Geometría, que apenas es usada en las escuelas de Filosofía, ni se enseña dicha arte" (Crombie, 1977, citado en Paradinas, 2012), o Francesco Maurolico[12], quien en el mismo año manifestaba su inconformidad frente al estatus asignado a las matemáticas.

Pese a esta situación, por esta época y principalmente en Italia, se promovía por parte de los Humanistas un importante renacimiento de las matemáticas, enfatizando en la implementación de un programa con una mirada de vuelta a la Antigüedad, lo cual condujo a retomar la corriente filosófica Pitagórico-Platónica; dicha corriente permitió alcanzar la revalorización de la enseñanza de las matemáticas en las universidades, pues fue presentada como alternativa metodológica a la lógica Aristotélica. Además, por esos años también se logra recuperar importantes textos matemáticos antiguos, y mejorar las traducciones de algunas obras matemáticas como las de Euclides y Arquímedes, e incluso la realización de nuevas traducciones e interpretaciones de las obras de Aristóteles.

De acuerdo a Paradinas (2012), tal intención desencadenó en importantes discusiones sobre los fundamentos y métodos del conocimiento científico que enfrentó a matemáticos y filósofos. Por ejemplo, para el filósofo humanista Alessandro Piccolomini[13], las matemáticas no alcanzan la máxima certeza que, según Aristóteles, es la que se obtiene por la demostración causal, puesto que considera válida la certeza de las matemáticas por su objeto, la cantidad fácilmente cognoscible, más no por sus demostraciones. A este argumento los matemáticos

[11] Retórico, humanista y lógico Francés, creador de la corriente anti-Aristotélica de pensamiento denominada en su honor Ramismo.
[12] Matemático y astrónomo Italiano que realizó contribuciones en los campos de la geometría, óptica, secciones cónicas, mecánica, música y astronomía.
[13] Filósofo y Astrónomo humanista Italiano

responden poniendo en duda el carácter científico de la física Aristotélica, y la verdad de las teorías de los filósofos sobre la naturaleza.

Estas discusiones se trasladaron al interior de la Compañía de Jesús, puesto que en aquel momento se decidía acerca del papel que se asignaría a la enseñanza de las matemáticas en su sistema educativo.

1.1.2.2. Argumentos sobre la certeza de las matemáticas al interior de la Compañía de Jesús

Dicho proceso conduce a revisar lo sucedido en la génesis de la *Ratio Studiorum*, situación desarrollada en España e Italia entre 1546 y 1599. Durante las diferentes ediciones de la Ratio Studiorum, se evidencia una lucha por parte de algunos Jesuitas, por la inclusión del estudio de las matemáticas como aspecto relevante dentro de sus fines educativos; argumento dado en términos del realce que ésta daría a sus academias, y principalmente, por la necesidad que las otras ciencias manifiestan ante las matemáticas. Sin embargo, también se presentaba en su contexto cultural la producción de serias discusiones entre filósofos y matemáticos sobre la certeza y utilidad de la misma. Entre los argumentos esbozados alrededor de ésta discusión, se encuentra por ejemplo el de Cristóbal Clavio, sacerdote Jesuita y profesor de matemáticas nombrado en 1564 en el Colegio Romano, quién desde sus inicios manifiesta un interés particular por el estudio de esta ciencia, a tal punto de redactar algunos escritos durante su estancia en este colegio, con el fin de convencer a la compañía de Jesús de conceder una mayor importancia al estudio y a la enseñanza de las matemáticas. En 1581 presenta un completo programa de estudios matemáticos con tres niveles de especialización: el primero destinado a la formación de especialistas[14], el segundo pensado para quienes no necesitan alcanzar un conocimiento perfecto de las matemáticas[15], y el tercer nivel dirigido a todos los estudiantes que debía tener una duración de dos años[16] (Paradinas, 2012, pág. 14).

[14] Para el cual se propone enseñar entre otros: Los libros de Euclides, la aritmética práctica, el álgebra, el cuadrado geométrico, el tratado de los senos y el uso de sus tablas, los triángulos esféricos, la estructura del astrolabio, algunos fenómenos y problemas astronómicos, las obras de Arquímedes y las cuestiones mecánicas de Herón, Pappus y Aristóteles. (Lucáks, 1965-1992; citado por Paradinas, 2012 p. 14)

[15] Propone que se estudie igualmente los libros de Euclides, la aritmética práctica, el uso del cuadrado geométrico y del cuadrante astronómico, el tratado de los senos, un compendio de los triángulos esféricos y las primeras catorce proposiciones de Apolonio sobre los elementos cónicos, la estructura y uso del astrolabio, los preceptos para medir

La disputa generada entre las matemáticas y la filosofía, induce al surgimiento de detractores (filósofos y teólogos) defensores de la lógica silogística Aristotélica como único elemento de acceso al conocimiento científico. En la primera y segunda versión de la *Ratio Studiorum se recogen* algunas ideas de Clavio, sin embargo, algunos de los detractores apuntan sus críticas al hecho de que la inclusión de las lecciones matemáticas generaba un supuesto detrimento de los conocimientos de filosofía natural y de metafísica, mucho más necesarios para los estudios de teología. Además, argumentaban la falta de utilidad de las matemáticas y la escasez de personal idóneo para orientar la cátedra. Finalmente, en la versión definitiva de la *Ratio Studiorum*, las temáticas pertenecientes al estudio de las matemáticas fueron notablemente reducidas, el abordaje de éstas temáticas se reglamenta y especifica a través de dos enunciados:

En el primer enunciado se asigna a las matemáticas un lugar en el pensum durante el segundo año de filosofía, y de acuerdo a (Paradinas, 2012) se plantea:

> "En las Reglas[17] del Provincial, se dice simplemente que los alumnos de filosofía de segundo año oirán lecciones de matemáticas durante unos tres cuartos de hora y que, si hay algunos que sean idóneos o propensos a esos estudios, se les den lecciones privadas después del curso" (Paradinas, 2012, pág. 19)

En el segundo enunciado se especifica el tiempo que el profesor podrá orientar la cátedra y se establece como libro guía del curso a Los Elementos de Euclides, así:

> "En las Reglas del profesor de matemáticas se añade a lo anterior que las lecciones que oirán los alumnos de física durante unos tres cuartos de hora serán de los Elementos de Euclides y que, después de que por dos meses hayan

---

figuras planas y sólidas, la medida del círculo de Arquímedes, la aritmética especulativa de Giordano Nemorario y las reglas del álgebra, entre otros.

[16] En el primer año se propone enseñar los primeros seis libros de Euclides, la aritmética práctica, el uso del cuadrado geométrico y del cuadrante astronómico, la perspectiva y los relojes. En el segundo, los libros undécimo y duodécimo de Euclides, el tratado de los senos, la estructura y uso del astrolabio, la medida del círculo y su cuadratura según Arquímedes, las reglas del álgebra y los preceptos para medir figuras.

[17] La Ratio Studiorum oficial (a partir del texto de 1599) está estructurada en treinta conjuntos de reglas y normas que desarrollan minuciosamente cómo debe formarse el estudiante de un colegio jesuita.

> reflexionado un poco sobre ellos, se les enseñará también algo de geografía, cosmografía, o de lo que gusten oír los estudiantes. Por último, se repite… sobre las discusiones y repeticiones públicas: que cada mes o cada dos meses se organice una amplia reunión, con filósofos y teólogos, en la que se dilucide algún importante problema matemático; y que una vez al mes, generalmente en sábado, en vez de la prelección, se repitan públicamente las principales cuestiones que en él se hayan explicado" (Paradinas, 2012, pág. 19)

Finalmente, de la literatura revisada y la compilación hecha, se puede establecer que a través de algunos miembros de la comunidad jesuita entre 1600 y 1767, llegan a la Nueva Granada, algunos aspectos matemáticos, particularmente provenientes de *los Elementos de Euclides* y que se introducen con la *Ratio Studiorum*. Dadas las características del texto mencionado, se infiere la introducción del pensamiento Euclidiano y con ello la incursión a las aulas neogranadinas del método hipotético deductivo, el establecimiento de la relación indisoluble matemática y demostración, los principios lógicos y básicos de toda ciencia reflejados en la forma axiomática. Pese a esto, en la Nueva Granada la enseñanza de las matemáticas por parte de los Jesuitas en la época colonial, en su etapa de formación, no consigue trascender, debido al limitado tiempo asignado en dicho plan y a la poca credibilidad sobre su utilidad, principalmente porque el interés de las comunidades religiosas en general era fortalecer la enseñanza de la teología. No obstante, con esto se da fundamento a aquellos que enuncian que en la primera parte de la época colonial se enseñaba una matemática elemental.

Se debe recordar que los Jesuitas fueron expulsados de la Nueva Granada en 1767 y por tanto tal influencia se dio hasta esa época en las instituciones que recibieron e implementaron el legado de los Jesuitas. Con su expulsión se abre espacio a otra etapa que de igual manera influyó en la construcción del pensamiento científico neogranadino.

Después de esta exposición sumaria, sin duda alguna se puede establecer que en la primera etapa de la época colonial, el estudio de las matemáticas se vio permeado por los intereses de quienes administraban y dominaban la educación en la Nueva Granada, tal es el caso de las comunidades religiosas (jesuitas y dominicos) quienes impusieron sus postulados sobre el estudio y glorificación de la teología ante el interés que quizá algunos de sus miembros manifestaron sobre el estudio de las ciencias, situación que toma sentido en posturas esbozadas a partir de algunos estudios realizados en el campo de la historia social de las ciencias donde se ilustra que "*La manera compleja en la que los intereses que generalmente se agrupan bajo la denominación de "lo social", han ambientado y condicionado la actividad científica"* (Obregón, Arboleda, Quevedo, Arias de Greiff, & Espinosa, 1993). Esto tiene su explicación en el poderío que la iglesia católica tejió desde la edad media, pues debido a esto, fueron las comunidades religiosas las que adquirieron jerarquía y poder de decisión e incidencia en los diferentes campos que conformaron la sociedad neogranadina, por ejemplo, desde los procesos de evangelización, la constitución de las instituciones educativas, y el establecimiento de criterios para acceder a la educación (así como el tipo de educación que se impartiría).

1.1.3. Culminación de la Etapa de Formación

El carácter cerrado de la escolástica colonial actuó como una gran barrera a la introducción de nuevas formas de verdad, sin embargo, a finales del siglo XVII la escolástica se ve sustituida por una nueva forma que imponía al sujeto una posición de conocer mediante lo empírico y la razón; de tal manera que los conocimientos deberían tomar otro rol para convertirse en útiles y verificables.

Desde la primera mitad del siglo XVII en la región Andina, el impacto cultural de la tarea científica y expedicionaria sobre las elites culturales locales fue grande, pues favoreció y renovó los contactos con la "ciencia Europea", permitiendo una mínima difusión del cartesianismo y un nuevo interés por la física experimental (no Aristotélica). Es así como en los inicios del siglo XVIII, se produce un enfrentamiento entre dos tipos de discurso: la reiteración escolástica y el nuevo discurso de las ciencias útiles, duro debate que fue articulado en el Nuevo Reino de Granada a proyectos de conservación o modificación del orden cultural.

Esta época abre las puertas del conocimiento dejando de lado la superstición y la ignorancia, en la búsqueda de un mundo mejor usando como principal herramienta el estudio de la ciencia y la modernidad, cuya principal arma era la razón; la cual es asumida como carente de contenido preestablecido y se convierte en un seguro instrumento de búsqueda, cuyo poder no consiste en poseer, sino en adquirir, con lo que se busca combatir las formas religiosas tradicionales, su autoritarismo y a sus estructuras políticas y sociales anquilosadas.

1.2. Época Colonial: Etapa Ilustrada (1736-1826)

Este es un periodo desarrollado entre 1736 y 1826, es la época en la que se centra el interés de la presente investigación y por tanto se plantea al igual que para la etapa de formación, es decir, establecer a partir de la literatura revisada los momentos y actores fundamentales en la identificación del papel atribuido a las matemáticas en los planes de estudio promovidos.

Inicialmente se determina que lo característico del movimiento ilustrado fue su confianza en el hombre, quien esperó poder descubrir muy pronto todos los secretos de la naturaleza y llegar a dominar el universo, su gran instrumento de trabajo fue la razón, para lo que no existieron misterios ni problemas insolubles. En esta época se creyó que la humanidad podía conquistar fácilmente la felicidad, y todo dependía de hacerla salir de su atraso cultural y de ilustrar al hombre; razón por la cual se plantea urgentemente la necesidad de instaurar reformas, especialmente en los campos económicos, educativo y social. Ahora bien, de acuerdo con (Quintero, 1999) y (Pacheco, 1984), la ilustración llegó a tierras del Nuevo Reino por diversos caminos, vino en los libros de los filósofos y científicos de la nueva época, o en las publicaciones periódicas a través de voceros de los círculos ilustrados, también llegó con los científicos formados en Europa que se sentían entusiasmados con los avances de las ciencias, o con los viajeros americanos que al recorrer los países del viejo mundo quedaron seducidos por la Ilustración.

1.2.1. Planes de estudio, elemento de cambio sobre el paradigma dominante.

Argumentando la necesidad de salir del atraso cultural y del letargo académico sufrido en la Nueva Granada a causa de la educación basada en aspectos doctrinales, y también impulsados por las bondades que consigo dejaban ver las ideas ilustradas, emerge en algunos sectores del país un interés por promover propuestas educativas que permitan instruir a los jóvenes en temáticas relacionadas con las ciencias útiles, buscando redundar en el avance económico y social del país. La intención de cambio por parte de los interesados en el destino educativo de la nación, se relaciona con la necesidad de conocer y explorar la patria en pro de su evolución, y por tanto, formar aliados con los suficientes conocimientos para contribuir a dicho objetivo.

1.2.1.1. La Cátedra de Mutis.

Fue un proyecto impulsado por José Celestino Mutis, de quien se destaca exclusivamente su sentido altruista y voluntad de servicio, además de los innegables beneficios que produjo su labor de 50 años de vida para el progreso del país. Desde el punto de vista del joven médico y como funcionario del virrey, buscó contribuir de su lado a despejar en Santafé las "densísimas tinieblas de la ignorancia”. La actividad profesional reconocida de Mutis desde el primer momento de su llegada a la Nueva Granada, fue la medicina, aunque desde el punto de vista de su inclinación intelectual en los últimos tres años de su estadía en España, el objetivo que realmente lo animaba y que lo decidió a emprender el viaje, era otro muy distinto al de ser médico del virrey, su proyecto principal era emprender todo un programa de excursiones botánicas y campañas de exploración de los recursos del Nuevo Reino, con el propósito de elaborar la historia natural de la América septentrional que aún estaba por realizarse (Arboleda L. C., 1986). Razón por la cual, entre otros aspectos, difundió el avance de la ciencia a partir de la comprensión, observación y experimentación del mundo, partiendo de conocimientos teóricos básicos. También impulsó el estudio de la revolución Copernicana, las teorías de Newton y la filosofía natural, rechazando las teorías de Galileo. Asimismo, fundó la cátedra de matemáticas y física en el Colegio El Rosario en 1762, y mandó a construir el Observatorio astronómico de Bogotá, el primero de América, que desempeñaría un papel central en el desarrollo de la cultura científica en la Nueva Granada a lo largo del siglo XIX.

Entre algunos cargos desempeñados por Mutis en la Nueva Granada se destacan: en 1762 asume la dirección de la cátedra de matemáticas en el colegio del Rosario, en 1766 abandona la cátedra al asumir la dirección y el control de la explotación de las minas del Real de Montuosa, en 1783 fue nombrado como director de la Expedición Botánica, en 1785 apoyó y asesoró al catedrático Fernando Vergara para la reapertura de la cátedra de matemáticas, el 1787 elaboró el plan de matemáticas y asesoró al Virrey Caballero y Góngora en el plan de estudios que presentó (Díaz, 2005).

Con respecto a la llamada cátedra de Mutis, se conoce que en 1762, en el Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario, se inaugura la cátedra de matemáticas a cargo de José Celestino Mutis, quién en su discurso inicial realiza una proclama pública acerca de la conveniencia teórica y práctica de las matemáticas, la cual inmunizaría a la ciencia de la charlatanería. En dicho discurso afirma que es una ciencia que acostumbra al entendimiento, a proceder sin error con la aplicación del método sintético y analítico en actividades académicas y rutinarias, permitiendo explicar fenómenos naturales presentados a cada paso, además, enuncia algunas utilidades de la matemática en la lógica, la física y la medicina.

La compilación realizada por Hernández de Alba (1983) acerca de los escritos científicos de José Celestino Mutis, describe que cuatro fueron las vertientes de las nuevas ciencias cultivadas y difundidas por éste: astronomía, matemáticas, ciencias naturales y medicina, de las cuatro fue un maestro, por lo cual es destacable que Mutis al igual que tantos otros científicos de su momento, mantiene como sus principales guías teóricos y prácticos en la metodología general a Galileo, Newton y Francis Bacón. Los ve como tres claros defensores del método científico, de la visión hipotético-deductiva de la ciencia frente al inductismo de corte Aristotélico. En la interpretación de ciencia identificada en el pensamiento de Mutis, es relevante la influencia de la obra de Newton, y es que en definitiva, con Mutis inicia nuestra cultura científica; pues en palabras de Gonzalo Hernández de Alba “Había tan poco a su llegada y hay tanto a su muerte” (Lombana, 1991). Aspecto compartido por esta tesis, en el sentido de reconocer que con la introducción de las concepciones sobre matemáticas como método de razonamiento y la visión sobre una nueva ciencia, Mutis logra traslapar con el pensamiento medieval un pensamiento propio de la ilustración, en el que establece parámetros donde Dios no es un argumento válido para fundamentar las concepciones científicas y en el cual la cimentación del conocimiento parte de las necesidades del contexto, como por ejemplo el estudio de la botánica, las observaciones astronómicas, meteorológicas y geográficas, la elaboración de mapas, entre otras. Asimismo, el objeto de enseñanza es modificado, pues el interés principal no estaba centrado en salvaguardar las verdades de la fe sino en proporcionar una formación técnica y científica útil para los proyectos gubernamentales.

En el año de 1764, Mutis presenta el curso “Los elementos de la filosofía Natural, que contienen los principios de la física demostrados por las matemáticas y confirmados con observaciones y experiencias” (Hernández de Alba, 1983), dispuestos para instruir en la doctrina de filosofía Newtoniana en el Real Colegio del Rosario de Santafé de Bogotá. En él esboza entre otros aspectos, el hecho de que la física ya no es un lenguaje bárbaro y desconocido, debido a que ahora solo se estudia en el libro de la naturaleza por medio de la observación y la experiencia, fundando los razonamientos en el camino recorrido durante las demostraciones matemáticas.

Esta dinámica naciente en la educación de la Nueva Granada, se aleja de aquello trabajado en la época colonial inicial, donde los fenómenos naturales eran pensados desde la metafísica, la teología y la intermediación de un ser supremo; con la nueva visión se involucra al individuo como ser pensante y que tiene la capacidad de conocer a través de sus sentidos.

La cátedra promovida por Mutis, permite extraer elementos que guían hacía la caracterización de las matemáticas abordadas en algunas Instituciones de Educación en la Nueva Granada. Por ejemplo, se reseña que respecto a la sustentación realizada por Mutis sobre el método de Newton y su doctrina alrededor del sistema del mundo, éste se apoyó en la geometría y en el método sintético-analítico como elemento de respaldo para evitar disputas y para proceder con toda seguridad. Método que muestra ser partidario de una razón analítica en su base, partiendo de la descripción de los fenómenos y sólo posteriormente tornándose sintético, al articular dichos fenómenos en un sistema de leyes cuyo carácter no estaba enfocado hacia el ser de las cosas sino a la manera en que éstas podían ser dadas a conocer (Dávila, 2011, pág. 33).

En uno de los fragmentos de sus lecciones en el Colegio del Rosario, se dice “Sobre el método matemático; el cual le admite aseverar que nada hay en las matemáticas que no esté fundamentado en pruebas extremadamente severas, método de proceder en las matemáticas al que se le ha denominado método geométrico. Este actúa bajo un estricto orden que se debe guardar en las matemáticas puras, empezando por las definiciones, axiomas y postulados, para entrar en las proposiciones, temas, teorema, problemas, resoluciones, demostraciones, corolarios y escolios" (Hernández de Alba, 1983, pág. 55). De lo cual se infiere, la presencia en ésta cátedra del pensamiento Euclidiano, caracterizado por el uso riguroso del método hipotético-deductivo y en su nivel explícito del uso de definiciones, postulados y nociones comunes.

Finalmente, se establecen algunos elementos de Aritmética expresados por Mutis a través de un escrito denominado *"De los principios fundamentales de la Aritmética*", donde se indica que la materia prima para el trabajo matemático son las cantidades discretas y continuas, promoviendo así, la división de la matemática en aritmética y geometría. Desde aquí, la aritmética se plantea mediante una subdivisión, aritmética común (cálculo aritmético), que trata de cantidades discretas por medio de cifras y aritmética especiosa que plantea cálculos algebraicos. Tal clasificación posibilita reconocer en la cátedra de Mutis, la inmersión de una matemática mixta, que se relaciona con una aritmética comercial y una aritmética como teoría de números (de la cual da cuenta Euclides), además, de unos cálculos algebraicos que corresponde a la geometría analítica de Descartes.

Las matemáticas presentadas por Mutis en su esencia buscaban ser un punto de referencia para desarrollar un método que permitiera abordar todos los campos del saber, el cual se estructurará bajo una ciencia general de la medida y el orden, induciendo una concepción de ciencia donde fuera posible elaborar un conocimiento con objetos de estudio sometidos a la exactitud de las leyes físicas, con lo cual se busca "A*cceder a la verdad y de paso evitar el error*" (Dávila, 2011). Por todo lo anterior, es posible identificar que el interés de Mutis estaba centrado en la construcción de un método que aplicara a todas las ciencias y no hacia la difusión de una teoría matemática en particular, eso sí, conservando aquellos parámetros generales que en su esencia suministran los desarrollos matemáticos: "*Nada hay en las matemáticas, que no esté fundado en pruebas extremadamente severas. El orden con que se procede en las resoluciones y demostraciones es tan exacto y riguroso, que nada se admite, nada se deja pasar sin prueba"*[18].

[18] Mutis, «Discurso Preliminar…», pp. 36-37.

Adicionalmente y en correspondencia de lo planteado por (Dávila, 2011), se debe tener en cuenta que Mutis desde su concepción y formación, visualiza el saber matemático como un conjunto de conocimientos positivos y como unos saberes técnicos útiles. Lo que permite promover la utilidad de las matemáticas en las ciencias, evidenciando elementos prácticos como por ejemplo, el cálculo de la presión atmosférica y su correlación con la altitud de las montañas, el cual fue empleado para medir la altura del salto del Tequendama, indeterminada hasta ese momento[19]. Similarmente, enunciando que en la medicina y la teología, las matemáticas facilitan el conocimiento exacto del funcionamiento del cuerpo humano y sus enfermedades, al igual que una perfecta comprensión de las sagradas escrituras, el conocimiento de las obras naturales y sobrenaturales.

1.2.1.2. Disputas por el control de la educación en la Nueva Granada.

Resulta fundamental insistir que desde la expulsión de los jesuitas en 1767, la élite criolla ilustrada entra en disputa con las comunidades religiosas por el control de la educación, ya que los primeros consideraban prioritaria la enseñanza de la ciencia y las artes útiles para ayudar al conocimiento y desarrollo económico del país, aspecto no evidenciado en los intereses de quienes hasta el momento habían direccionado estos procesos. Se debe señalar, que si bien la Universidad Colonial no fue el principal centro de recepción de las novedades ilustradas, ni las aceptó sin resistencias, los representantes de las nuevas ideas primero como estudiantes y más tarde como profesores, consiguieron controlar las instituciones educativas, incluso haciéndose cargo en ocasiones de su dirección. La visión restringida acerca de las ciencias y la razón por parte de las comunidades religiosas que regentaban las instituciones de educación, generó un choque de pensamientos y perspectivas frente a las pretensiones de aquellos que promulgaban el pensamiento ilustrado, entre 1768 y 1789 se promueve una ofensiva sobre todo desde el ámbito civil, buscando establecer nuevos planes de estudio y la creación de universidades públicas empleando el patrimonio de los jesuitas. El plan era para algunos autores, un proyecto de reforma que intentaba unir la tradición con los progresos del pensamiento moderno, tratando de acercarse

[19] Los matemáticos más insignes del pasado y presente siglo han ilustrado la física con las demostraciones y varios cómputos analíticos propios a descubrir muchas verdades, que se hallaron después acordes con las experiencias. (Dávila, 2011, pág. 34).

al pensamiento racionalista a través de rasgos como su antiescolasticismo beligerante y el método ecléctico de estudio propuesto, aproximándose al contexto general de la Ilustración española. Los aspectos en mención, se pueden apreciar en la Nueva Granada a partir de la importancia dada a la filosofía newtoniana, sobre la base de la observación, la experiencia, las matemáticas y la razón. Además, de la separación de la razón de las verdades teológicas reveladas y el rechazo del dogmatismo.

La evidencia sobre la intención de un cambio profundo en el contexto educativo, se puede ver a través de la implementación de métodos renovados, como el uso directo de los textos o el análisis y comprensión de los mismos en lugar del estudio exclusivamente memorístico, la enseñanza práctica y las ciencias útiles como las matemáticas y las ciencias naturales al servicio del hombre. Además, del primer intento por reglamentar bajo control estatal la profesión docente, planteado mediante un concurso público para regentar las cátedras y elegir un director de estudios quien se encargaría de controlar los métodos y las enseñanzas de los catedráticos.

1.2.1.3. Plan de Moreno y Escandón

En 1774 nace un plan propuesto por el fiscal Moreno y Escandón, quien plantea su desacuerdo con la educación colonial, la cual estaba basada en la inexistencia de cátedras públicas y la dominación completa del peripato (monopolio que el aristotelismo colonial ejercía de la enseñanza de la filosofía) y los torneos escolásticos, además de la ausencia de conocimientos útiles. Moreno y Escandón es considerado uno de los criollos de la primera generación de pre-ilustrados, aunque no perteneció ideológicamente al grupo de los filósofos revolucionarios del siglo de la Ilustración, concibe ideales progresistas de gran envergadura, como la búsqueda de la verdad, la experimentación y la filosofía natural. Fue el primer Director de Estudios, autor del trabajo “Estado del Virreinato Santafé, Nuevo Reino de Granada” y fundador de la Biblioteca Pública de Santafé de Bogotá, además de ser catedrático de la Universidad Javeriana y abogado de la Real Audiencia y Fiscal Protector. (Pacheco, 1984)

El método de estudios propuesto en este plan presenta dos características básicas, la obligatoriedad y la provisionalidad. La obligatoriedad consiste en que dicho plan se aplica limitada y exclusivamente a los dos grandes colegios mayores de Santafé, El Rosario y San Bartolomé, dejando por fuera la universidad de los Tomistas, mientras que la provisionalidad reside (valga la redundancia) en un carácter “provisional e interino”, pues no puede tener carácter permanente hasta mientras no exista la universidad pública. (Silva, 2004)

El plan afirma que el instrumento por excelencia de esa nueva perspectiva era lo que ya Mutis en sus discursos capitales del año 1762 había denominado “la filosofía útil”, filosofía que se desdobla en dos dimensiones fundamentales, la del contenido (la apropiación de la naturaleza) y la del saber mundano para la vida en la sociedad.

Para el plan de estudios formulado por Moreno y Escandón, la razón deja verse como un concepto ambiguo donde se potencia pero a la vez se restringe, puesto que reconoce en el hombre una gran capacidad para alcanzarla pero solo hasta donde Dios le ha designado. Así, la filosofía es definida como una ciencia que trata del modo de conocer los cuerpos, los espíritus y la forma de pensar, pero solo hasta cuando se alcanza la razón; aspecto que se evidencia en las prácticas educativas Neogranadinas de la época, como la inmersión de las ideas de Descartes y su racionalismo, las cuales encuentran en las matemáticas un modelo científico de certeza y exactitud. Se puede afirmar que mediante éste interés, se logra fundamentar la necesidad de impulsar el estudio de las matemáticas, y en este sentido, se habla de la enseñanza de una lógica donde se avanza de unas verdades más sencillas a otras más compuestas, permitiendo tener ideas solidas que permitan una correcta argumentación.

> “El Plan propuso la enseñanza de las matemáticas dentro del curso de filosofía, el cual duraría tres años. En el primer año se estudiaba lógica, buscando suministrar las reglas que orientaran “el entendimiento”, elementos de aritmética, algebra, geometría, trigonometría de Wolff y la física; esta última, afirmaba Moreno y Escandón, sacaría a los estudiantes de la contemplación de la naturaleza” (Silva, 2004)

La inmersión del pensamiento Wolffiano en las aulas Neogranadinas viene de la mano del método geométrico expuesto por Mutis en su lección sobre el método matemático, pues de acuerdo con (Quintero, 1999) quien realiza un análisis de la obra de Christian Wolff y su repercusión en el Nuevo Reino de Granada, se puede determinar que las reglas del método geométrico expuesto por Mutis se corresponden punto por punto con lo dicho por Wolff en el discurso preliminar de sus *"Elementa Matheseos Universae*". Para Wolff "*la matemática es reductible a la lógica"* y lo interesante del modo de proceder matemático es "*el explicar de un modo exhaustivo todos los términos que introduce, el probar todas las afirmaciones y el poner en relación unas verdades con otras*", aspectos que Mutis emplea para construir un puente no traumático entre el escolasticismo y la nueva ciencia, los cuales en (Quintero, 1999) son caracterizados de la siguiente manera:

> "Podemos apreciar por un lado el peso que da al orden geométrico de la exposición que para efectos didácticos asimila al método silogístico en lo formal, pero con contenidos distintos a los que tradicionalmente ocupaban el tiempo de alumnos y maestros. Se pasaba entonces de las matemáticas puras, en el modelo geométrico, a las matemáticas mixtas, que recogían —integrándolas— tanto la dimensión deductiva de la primera, como la inductiva de la experiencia física. Una vez más aparece aquí el texto de Wolff, como un puente entre dos extremos, recogiendo mediante la inercia valorativa de la tradición escolar silogística el símil del método matemático con un encadenamiento de silogismos". (Quintero, 1999, pág. 89)

De la misma forma, se propone en dicho plan, el estudio de una física orientada por los principios elementales de la matemática y el método de Newton, con lo cual un nuevo discurso sobre la naturaleza emerge, la naturaleza ya no será más una diosa ajena y esquiva a la cual hay que contemplar de lejos, sino un lugar de aplicación de la actividad humana. Esta nueva visión permite al plan entablar una relación entre el conocimiento y la actividad humana, mirada que al mismo tiempo alcanza la formulación de una idea diferente de la función social del conocer. Con la inmersión del pensamiento newtoniano ingresa la experimentación como base del conocimiento científico y el método experimental deductivo, cabe destacar que Newton de la misma manera que Descartes, reconoce la necesidad de las matemáticas para las deducciones científicas y las abstracciones que se deben hacer en la naturaleza para poder encontrar los principios generales. Incluso en las universidades neogranadinas se introduce con Newton los principios del cálculo diferencial e integral descubiertos hacia el año 1666.

Sin embargo, no se está sugiriendo que Newton y Descartes tengan un trabajo similar, dado que el método de Descartes es el método analítico en el cual la razón se constituye en el principio supremo y único en que se fundamenta el saber, y las matemáticas son las que ejemplifican el ideal del saber que se pretende instaurar en el orden del pensamiento, partiendo de hipótesis no basadas en la experiencia sensible y buscando deducir un sistema general del universo. Por otra parte, lo propuesto por Newton es un procedimiento de análisis y síntesis, en el que los experimentos y las matemáticas se conjugan de forma tal que se impone la certeza de las matemáticas pero sin perder el referente empírico, y donde no todo se podía averiguar matemáticamente, sino que las temáticas se debían modelar sobre la experiencia y requerían comprobaciones físicas. (Gurdián, 2007)

Este plan tuvo cinco años de ejecución, pues se decide reformarlo argumentando la no existencia de la universidad pública, la escasez de recursos y la falta de catedráticos suficientes para poner en marcha aquella propuesta. Sin embargo, de su ejecución se destaca el interés por desterrar el método de la *lectio* e implementar un nuevo método que sugería la adquisición de libros en cada área (fundamentando la necesidad de su uso), además de la implementación de textos inéditos en la Nueva Granada. Dicho aspecto fue la base para la fundación de la biblioteca pública que se gestionó desde 1777. Ahora bien, con la propuesta de esta metodología, desde el análisis de la presente investigación, se reafirma el ingreso de nuevas ideas y pensamientos a través de textos, lo cual conduce a enfocar también la mirada hacia los textos de mayor circulación en el país. Similarmente y dado el fuerte movimiento académico suscitado en la época, se expone la indagación sobre los personajes promotores de estos planes de estudio, pues ellos constituyen un valioso grupo de intelectuales, quienes se convierten hacia 1790 en uno de los baluartes de la lucha contra la dominación del peripato, y a su vez promueven la formación de estudiantes como José Félix de Restrepo y Joaquín Darechea de Urrutia, además de la incorporación de catedráticos discípulos de Mutis como José Eloy Valenzuela, los cuales se convertirían en protagonistas de los cambios radicales educativos y de los procesos de independencia de la corona española.

1.2.1.4. La Junta de Estudios

En 1779 se crea una junta de estudios conformada por el Virrey, el arzobispo, fiscales y rectores de los colegios y de la universidad Tomística, el oficial de cajas reales y el decano del tribunal de cuentas. Este órgano independiente de la junta de temporalidades y con autonomía de realizar reformas, plantea volver a la manera silogística en la enseñanza y el criterio de autoridad como garantía de la verdad, con exclusión de cualquier presencia de lo que antes se ha denominado el "orden de las razones". Se ordena de nuevo, el uso del libro de Artes del Padre Goudin, el cual es un texto que se caracteriza por tres aspectos: La posición de defensa cerrada del silogismo como único método del conocimiento, el reconocimiento de la escolástica como verdad suprema (caracterizado por un cierre completo frente a cualquier acercamiento de la filosofía con las matemáticas) y el rechazo hacia la observación y la experimentación como posibles vías del conocer. Finalmente, la junta deja a discreción y autoridad de los catedráticos, la crítica y expurgación de lo útil e inútil; punto de fuga que más tarde los eruditos de la filosofía útil emplearían en la dura batalla de poderes que se desarrolló con el fin de establecer un nuevo frente de saber.

Esta época sin duda marcó un retroceso de lo que en términos de la filosofía útil y las ciencias se había logrado en la academia Neogranadina, sin embargo, la semilla sembrada con el plan de Moreno y Escandón se siguió cultivando clandestinamente para lograr su consolidación.

1.2.1.5. El Plan de Caballero y Góngora

En los años posteriores a la reforma de la junta de estudios en 1779, se expresa una corriente opuesta a sus determinaciones, corriente que encuentra su principal soporte social en un cierto número de catedráticos, quienes más adelante encuentran viva respuesta de grupos estudiantiles de Santafé y la aparición de un nuevo polo de concentración de los discípulos de la filosofía útil en la ciudad de Popayán. En algunos casos, el nuevo curso intelectual encuentra apoyo en la actividad ilustrada de algunas autoridades locales, entre 1783 y 1787. Favorecidos por el ilustrado arzobispo y virrey, Caballero y Góngora, se da lugar a iniciativas novedosas en el terreno de la enseñanza de las matemáticas y la proposición de un plan de estudios nuevamente inspirado por Mutis, que recoge y profundiza las orientaciones del plan de estudios de 1774, aunque en definitiva no tiene aplicación oficial.

Caballero y Góngora pensaba que en el Nuevo Reino se necesitaban ingenieros y geógrafos, más que filósofos y juristas, para éste personaje las ciencias se encontraban en primer plano. De hecho, en su plan de estudios las matemáticas se abordan en el segundo año en la cátedra de filosofía, mediante la enseñanza de la aritmética, la geometría, trigonometría y álgebra. En el tercer año se aborda una física experimental, siguiendo a Newton, Pieter Van MusscheNbroek (popularizada en España), Abat Nollet y Sigaud de La Fond (Pacheco, 1984). Se establece para la universidad una cátedra de matemáticas, donde se utilizarían *Los Elementos de matemáticas* de Benito Bails, al igual que su obra resumida *Principios de matemática*. Los Elementos de Bails son descritos como una obra que consta de diez tomos, y definida como el trabajo matemático de carácter enciclopédico más importante publicado en castellano durante el siglo XVIII[20]. En la obra predominan las intenciones pedagógicas e informativas, todos sus tomos van precedidos de prólogos en los que se informa sobre las obras consultadas o copiadas, y se hace una crítica bibliográfica que es parte sustancial en el conjunto de la obra. En su redacción se usan ediciones comentadas de Euclides, Newton, Wolff, Euler, Leibniz, Lagrange, Cramer, Copernico, entre otros.

Para ésta época se encuentra a las matemáticas posicionadas de alguna manera en los planes de estudio de ciertas instituciones, y principalmente, con la divulgación de las ciencias útiles en el país, han sido entendidas como una herramienta para avanzar en la adquisición y desarrollo del conocimiento. Sin embargo, siguen ligadas al desarrollo de otros contenidos de ciencias como la física, la astronomía y la misma filosofía, y por tanto, aún no se evidencia en los neogranadinos la concepción y necesidad de la indagación sobre la naturaleza de las matemáticas.

[20] Obtenido de http://www.mcnbiografias.com/app-bio/do/show?key=bails-benito

De igual forma, cabe destacar que alrededor del año 1801, en por lo menos otra comunidad religiosa penetró el entusiasmo científico, específicamente entre los Agustinos, el recuento presenta a Diego Padilla como aquel sabio maestro que introdujo la cátedra de matemáticas donde se le vio explicar la geometría práctica, la geografía y la cronología sagrada. (Pacheco, 1984).

1.2.1.6. El Plan de Estudios del Colegio Seminario de San Francisco de Popayán

Colegio regentado por los jesuitas hasta el año 1767, el cual a partir de 1778 recibe la aprobación definitiva de las cátedras, con la cual se decide que el Colegio se dedica íntegramente para la casa de estudios a cargo de el médico Juan Manuel Grijalba y de el señor José Félix de Restrepo, por fuera de la tutela dominica y bajo una situación económica relativamente próspera. A partir del año 1780, este colegio empieza a abrirse paso a la llamada filosofía útil, entre 1783 y 1785 adelanta su primer trienio, obteniendo como resultado destacable que mucho más de la mitad de las tesis y conclusiones presentadas por estudiantes y catedráticos se adelantaron en temas de física, astronomía y matemáticas.

Sobre José Félix de Restrepo, se destaca que contribuyó durante la segunda mitad del siglo XVIII y el primer cuarto de siglo del XIX, a la secularización del pensamiento y de la socialización de la “nueva ciencia” en nuestro medio. Fue discípulo particular de Mutis en su misma casa, donde debió aprender el significado de la nueva ciencia para el dominio de la naturaleza y para el mejoramiento de la sociedad. En el inicio de sus estudios en 1773 durante el plan de Moreno y Escandón, recibe la influencia del texto de Christian Wolff, la física de Newton y la filosofía de Fortunato de Brescia[21]. Se desempeña como catedrático de filosofía en 1778 en el Colegio Mayor de San Bartolomé, pero en 1791 llega al Colegio Seminario de Popayán, donde fue profesor de un buen número de los precursores y gestores de la emancipación neogranadina, entre ellos, los hermanos Torres (Camilo, Ignacio, Jerónimo), Zea, Joaquín Caicedo y Cuero, Manuel José Caicedo, Miguel Pombo, José María Cabal, y especialmente, Francisco José de Caldas, su más aventajado discípulo y quien pudo gloriarse de

[21] Franciscano enemigo de la escolástica y cultivador de las ciencias exactas cuyo texto *Philosophia sensuum mecánica (…) ad usus académicos accomodata,* más que un tratado de filosofía era un tratado de física.

haber superado a su maestro gracias a los fundamentos que de éste recibió. Restrepo llevó a cabo una revolución educativa a través de las novedades que introdujo en su praxis pedagógica, donde establece el principio de utilidad como criterio para decidir sobre el contenido de la enseñanza y se asume a las matemáticas como la puerta de ingreso a las ciencias útiles y al pensar riguroso (Herrera, 1991).

En 1789, Restrepo se muestra como consumado discípulo de la filosofía natural, de la cual en uno de sus discursos muestra más que su avance sobre nuevos objetos del saber, expone la extensión del discurso de la filosofía natural a nuevos espacios. Enuncia "Sin las matemáticas, falta un cierto método necesario para rectificar los pensamientos, para coordinar las ideas y formar juicios seguros". Y en una clara referencia a lo que hoy llamamos filosofía moderna, escribe Restrepo: "El célebre metafísico que han tenido los franceses, jamás habría compuesto, la investigación de la verdad, ni el docto Leibniz La Teodicea, si no hubieran sido matemáticos. Se dexa ver en éstas obras aquel orden geométrico que estrecha los raciocinios, que les da energía y sobre todo método."[22]. Pero también liga con destreza la ciencia exacta con la matemática y la vida civil, a través de un ejemplo que debía resultar en extremo sugerente para sus contemporáneos: "No hablaré de su utilidad en la vida civil por ser demasiado conocida; baste decir en confirmación, que un solo error de astronomía, quitó a Fernando Rey de Castilla, las tierras de Brasil (…) y los españoles seríamos hoy más poderosos si antes hubiéramos sido astrónomos". (Herrera, 1991)

En la ciudad de Popayán la influencia del pensamiento ilustrado tuvo gran incidencia y generó un fuerte movimiento a su favor, situación que les condujo a contradecir lo que desde Santafé se venía orientado y a fortalecer la búsqueda del saber apoyados en el estudio de las ciencias útiles con un fuerte énfasis en las matemáticas, lo cual se evidencia en el número de tesis y conclusiones obtenidas de las cátedras orientadas en el Colegio Seminario San Francisco.

De dichas tesis se conoce que reposan en el archivo histórico del Seminario de Popayán, fueron 47 tesis filosóficas, de las cuales 29 se relacionan con física, éstas se trabajan bajo la

[22] "Oración para el ingreso de los estudiantes de filosofía pronunciadas en el colegio seminario de la ciudad de Popayán, en el mes de octubre de 1791", en papel periódico de la ciudad de Santafé de Bogotá N° 44, viernes 16 de diciembre de 1791, pp 179.

dirección de José Félix de Restrepo y su acto de defensa se llevo a cabo el 4 de junio de 1786. Entre los temas desarrollados en las tesis mencionadas se tiene: “La demostración que la luz no es emanación sustancial del sol y se exponen las leyes de la propagación de la luz. 1. La propagación de la luz es sucesiva; 2. Se hace en línea recta; 3.Se hace con movimiento igual; 4. Disminuye intensivamente a proporción que se aumenta el cuadrado de la distancia”; “Se exponen las leyes que sigue la luz en los espejos planos, cóncavos y convexos”; y, “Se explicase la construcción del ojo, sus túnicas y humores y se demuestran proposiciones como: 1.La sensación se hace en la túnica llamada retina. 2. Las imágenes se pintan en el fondo del ojo con situación inversa. 3. El no ver duplicada la imagen con ambos ojos no depende de la concurrencia de los nervios ópticos” (Vargas P. , 1945, pág. 550).

1.2.1.7. Plan de Estudios de Matemáticas

Dado que en Santa fe de Bogotá el plan de estudios propuesto por Caballero y Góngora finalmente no tuvo aplicación oficial, Mutis en enero de 1787 decide presentar nuevamente un plan de estudios en matemáticas y medicina. En éste plasmó su experiencia como docente de la cátedra de matemáticas, también hizo evidente su utilidad e importancia en el desarrollo de la industria, las artes y el comercio. Al parecer Mutis estaba tan convencido del aporte de las matemáticas al desarrollo de la nación, que su propuesta contemplaba dictarlas en todas las facultades, donde asistirían alumnos que la eligieran como profesión y aquellos que debían tomarla voluntariamente como complemento de su carrera. (Uribe & Piedrahita, 2008)

El método de enseñanza de ésta cátedra, se presenta en tres partes: la primera dedicada a la explicación con escritura en el tablero, en la segunda parte se asigna espacio para las demostraciones cuando el alumno las requiriese, y la tercera parte se toma para realizar preguntas y ejercicios de lecciones anteriores. Como herramientas de apoyo en el desarrollo de la clase, se habla del uso de regla y compás, haciendo visible la necesidad de que cada estudiante cuente con instrumentos matemáticos.

Con respecto a los contenidos, en (Uribe & Piedrahita, 2008), se describe que el curso incluía *Principios Matemáticos de Filosofía Natural* de Newton, física, astronomía, aritmética, y trigonometría, así como también algunos documentos que Mutis tradujo para la cátedra, por ejemplo, comentarios sobre la geometría de Descartes. En este plan se propone dictarse las matemáticas en todas las facultades, con asistencia obligatoria para quienes eligieren la carrera y con asistencia voluntaria para quienes desearan complementar su carrera.

Acerca de *Los Principios Matemáticos de Filosofía Natural* de Newton, se conoce que es una obra publicada en 1687. Los tres libros de esta obra contienen entre otras materias, los fundamentos de la física y la astronomía escritos en el lenguaje de la geometría pura. Se asegura por parte de algunos autores, que después de la aparición de los Principia, la academia se interesaba por "geometrizar" los fenómenos físicos, los cuales solo esperaban ser medidos y clasificados por los científicos, resultado del interés de eliminar formas sustanciales y cualidades ocultas asignadas a la naturaleza.

> "A los *Principia* algunos han llamado exageradamente "libro de geometría" por el tratamiento *more geométrico* que hace de la mecánica y que condujo a considerarla como una ciencia matemática y no propiamente como una ciencia física: a los axiomas de la geometría euclídea añadir como axiomas las tres leyes de la dinámica contenidas en los *Principia* para proceder entonces a su desarrollo a la Euclides" (Albis, 1987, pág. 2)

Se ha llegado a determinar que hacia 1730 quienes se proponían estudiar *Los Principia*, debían realizar esfuerzos encaminados hacia la comprensión del estilo newtoniano, el cual presentaba una forma peculiar para matematizar el estudio de los fenómenos naturales. Se trataba de un sistema complejo, de una nueva teoría mecánica, expresada en el lenguaje de la antigua geometría, más a tono con el pensamiento matemático y físico del siglo XVII y comienzos del siglo XVIII. Particularmente, existió un gran interés por Mutis en analizar y probablemente divulgar *Los Principia*, pero en su edición comentada (edición Latina) de los padres Thomas Leseur y Françoise Jacquier (1739-1740 y 1742) (Arias de Greiff, Arboleda, & Espinosa, 1993).

1.2.1.8. Finalización del Siglo XVIII.

En esta época son comunes las disputas por instaurar planes educativos acordes con los intereses de las diferentes partes, por lo que no se logra establecer una evolución del proceso de consolidación de los procesos educativos. De esta manera, por ejemplo, en Santafé a la sombra del virrey Caballero y Góngora, florecían las iniciativas por recuperar las orientaciones del plan de 1774, había aumentado la vigilancia sobre la Universidad dominica y se había nombrado un visitador para el colegio el Rosario, quien había recomendado sustituir en la enseñanza de la filosofía el libro de Goudin (de corte escolástico) por el de Jacquier, modificación que se llevo a cabo bajo la dirección del catedrático Fernando Vergara. El Padre Francisco Jacquier[23], fue un prodigio de erudición no solo en filosofía, sino en física, matemáticas, historia, arquitectura, astronomía y música

Vergara en 1785 fue el encargado de proponer la reapertura de la cátedra de matemáticas, ofreciéndose como sustituto de Mutis y señalando la gran utilidad que resulta de tal estudio, proponiendo que su enseñanza se haga en castellano e indicando la forma cómo la perfección de las artes y usos de la naturaleza en las repúblicas más prósperas, se encuentran en relación con el cultivo y fomento de las matemáticas. Con esta propuesta surge una impugnación, se trata de la reducción del contenido de la filosofía a la lógica como su parte principal, estableciendo una relación de dependencia de la lógica frente a las matemáticas y sus modelos. “Quien desee formar sólidamente su juicio debe ejercitarse en las demostraciones matemáticas” (Hernández de Alba, 1983, pág. 55)

La relación entre la lógica y las matemáticas, se convierte en objeto de disputa, así en agosto de 1786, se produce la resolución del fiscal Andino, donde el director de estudios acepta la propuesta de inclusión de una clase pública de matemáticas, pero como “estudio supernumerário”, es decir, bajo condiciones en las que tales estudios no sirvan para la obtención

[23] Fue catedrático de física en 1745 en la universidad de Turín, en 1773 obtuvo la cátedra de matemáticas en el Colegio Romano. Fue miembro del Instituto de Ciencias de Bolonia, de la Academia de Ciencias de París, de la Royal Society de Londres, de las Academias de Berlín y de San Petersburgo, de la de bellas artes de Lyon, además de participar en la Academia de historia eclesiástica erigida en Roma por Benedicto XIV

de títulos académicos, utilizándose más bien para la diversión de los estudiantes aplicados y no para la necesidad de su carrera.

Mutis apoya a Vergara con un plan enviado en 1782, que había sido la base de su cátedra en 1762, donde se presenta la enseñanza de la matemática como “una actividad necesaria al bien del estado, y su cultivo como causa del atraso o del progreso de la industria, agricultura, artes y comercio”, también plantea la recomendación del uso en los estudios de la regla y el compás, la repetición de las demostraciones, preguntas de los estudiantes y ejercicios prácticos en clase. Sobre la base del plan escrito por Mutis, Vergara inicia sus lecciones de matemáticas, teniendo como autor de orientación a Christian Wolff.

Por su parte, en 1787 el virrey Caballero y Góngora, apoyado por un grupo de catedráticos propone un nuevo plan de estudios y de nuevo la erección de universidad pública. Este intento nuevamente fracasó y el plan de estudios no tuvo aplicación oficial, sin embargo, estuvo a la cabeza de Mutis, reiterando puntos establecidos en 1774. En relación con la extensión del propio campo del saber y las disciplinas, el plan concreta una apertura que va más allá de las ciencias matemáticas, incluyendo la botánica, la química y la enseñanza de la medicina. Busca también asignar rentas para el jardín botánico y museo de historia natural, un laboratorio de química, el “teatro anatómico” y para instrumentos y máquinas. En cuanto a autores señala a Antonio Genovesi (Genuense) para la clase de lógica, Nollet y Musschenbroeck para la física sobre la base de *Los Principia* de Newton, Linneo para la clase de Botánica y Buffon para la de historia Natural.

Finalmente, se establece que la educación de ésta época refleja intentos por instaurar un sistema educativo asequible a una nueva ciencia y contribuyente a los proceso de evolución en la Nueva Granada, pero a este objetivo se antepone el interés por conservar aquellos dogmas que se venían cultivando desde la edad media por parte de grupos religiosos, espacios en los que la ciencia, la matemática y las nuevas ideas no tenían cabida. Todo esto evitó la consolidación de un pensum general que fuera construido bajo unos intereses comunes en función del desarrollo de la nueva nación, y generó la constitución de grupos particulares que operaron casi en la clandestinidad bajo la intención de acceder y llegar a nuevos saberes, fuera de la sombra dogmática, quienes pese a todo impedimento lograron introducir estas ideas a la nueva nación.

Los Colegios que gozaron de una fuerte influencia de las ideas ilustradas fueron el colegio Mayor del Rosario, el San Bartolomé en Santafé y el colegio seminario San Francisco de Asís en Popayán. Similarmente, en el Colegio Universidad San Pedro Apóstol en Villa de Mompox (cuyos planes de estudio fueron inspirados en el pensamiento ilustrado), en 1806 con el direccionamiento de Eloy Valenzuela, constituyeron junto con el plan de Moreno y Escandón el inicio de la modernidad en la universidad Colombiana.

Eloy Valenzuela, se encuentra en el grupo selecto de intelectuales formados con las reformas impulsadas desde el año 1736 en las aulas neogranadinas. Aplicó como catedrático de filosofía los nuevos lineamientos del plan de Moreno y Escandón en el Colegio del Rosario, y se destacó por su defensa de las ciencias para el reconocimiento científico y explotación de las riquezas naturales del territorio Americano. Igualmente, contribuyó a la elaboración de las constituciones y el plan de estudios de filosofía para el Colegio de San Pedro Apóstol de Mompox. Valenzuela plantea el estudio de las ciencias naturales fundamentadas en las matemáticas de Christian Wolff, filósofo considerado entre los formados en la segunda generación de la ilustración alemana y uno de los más citados en el virreinato de la Nueva Granada con la llegada de ilustrados como Mutis. (Silva, 2004).

1.3. Inicios del siglo XIX: El impacto de las ideas ilustradas en la comunidad de Neogranadinos

Alrededor de 1801 y 1802, en los colegios de San Bartolomé y el Rosario respectivamente, la matemática encontró lugar en la facultad de Filosofía. En esta ocasión los encargados de orientar geometría y álgebra fueron el Ingeniero Bernardo Anillo en San Batolomé y temporalmente en la cátedra de Mutis, Jorge Tadeo Lozano, la cual fue posteriormente orientada en propiedad por Francisco José de Caldas. Para esta época y según se establece en varios documentos (Pacheco, 1984, pág. 39), el texto de matemáticas seguido era el de Christian Wolff.

De intelectuales neogranadinos como Francisco José de Caldas, se conoce que en 1786 defendió tres tesis importantísimas en las conclusiones de la cátedra de Restrepo: *De la luz y sus propiedades,* donde se explican los principios de la óptica; *De la visión directa*, donde se explican los principios de la catóptrica, la visión refracta y los principios de la dióptrica; *Del alma de las bestias,* donde se discute la concepción cartesiana de las bestias como autómatas o máquinas destituidas de sensación y conocimiento. También fue vinculado a la Expedición Botánica en 1805 y nombrado director del Observatorio Astronómico de Santafé. Además, fue Divulgador Científico a través de su *Semanario del Nuevo Reino de Granada* que alcanzó 103 ediciones entre 1808 y 1810 (Herrera, 1991).

Por otra parte, de Jorge Tadeo Lozano se sabe que tuvo una formación avanzada en materia científica, pues además de estudiar literatura, filosofía y medicina en el Colegio Mayor del Rosario, entre 1792 y 1793 se tituló en Química en el Real Laboratorio de Química de Madrid, aspecto que le permitió en 1802 proponer y orientar la cátedra de química y mineralogía en el Colegio Mayor del Rosario. Similarmente, se destaca que fue uno de los primeros economistas nacionales, quién junto a Pedro Fermín de Vargas insistió en la conveniencia de convertir el Nuevo continente en un gran centro de producción de materias primas destinadas a las industrias europeas. Su cercanía con Mutis lo condujo a ser parte de la Expedición Botánica en 1806 en la naciente sección de zoología (Lozano, 1984).

Sin embargo, los procesos de consolidación y evolución de la Nueva Granada se ven interrumpidos por las ideas de independencia nacientes entre los criollos, por lo cual toda idea de reforma queda congelada, principalmente porque los esfuerzos se dirigían hacia el diseño de estrategias que permitieran conseguir la independencia de la Nueva Granada, derrocando al virrey y estableciendo una junta de gobierno autónoma manejada por criollos. Situación que se produjo como consecuencia de las desigualdades existentes entre americanos y españoles, especialmente en lo relativo a la asignación de cargos públicos, a la carencia de educación, a las injusticias y arbitrariedades sufridas por el pueblo.

Desde 1810 se libraron constantes luchas internas y en contra de los españoles hasta lograr finalmente su expulsión en 1819, en definitiva para esta época se gestaba en la Nueva

Granada su emancipación del imperio español, dando fin al periodo colonial. El tránsito por los primeros años de la república (1810-1819), bajo condiciones de organización y presión de la campaña de reconquista, no fue obstáculo para retomar los procesos de constitución del sistema educativo ahora de la Gran Colombia, inicialmente para ello se redacta una gran cantidad de Cartas Magnas regionales en las que se consigna principios fundamentales en materia de educación. Este proceso demostró la madurez social, cultural y política mediante la reivindicación del proyecto de educación útil, práctica y pública, enunciado en el marco de las reformas del Siglo XVIII, la generación revolucionaria criolla adoptó dicho esquema que solo faltaba ponerlo en funcionamiento, tanto hasta donde fuera posible evadir definitivamente todos los obstáculos.

> “La primera evidencia histórica del esfuerzo político de los criollos por trabajar desde el principio por el fomento de la educación pública y práctica puede apreciarse en la Constitución del Estado de Cundinamarca de 1811. En ella encontramos el esbozo de un sistema de educación en el que se destacan dos aspectos. De un lado, la identificación de tres objetivos generales, a saber: formación de ciudadanos activos, robustecimiento de la doctrina cristiana y enseñanza de las ciencias naturales con miras al desarrollo económico” (Vargas R. , 2011, pág. 14)

Con la fundación de la República de Colombia en 1819, la organización del sistema de educación pública fue una de las prioridades del Vicepresidente Francisco de Paula Santander, la educación era uno de los componentes de la fórmula que debía traerle orden y progreso a la nación y uno de los principales retos era acabar lo más pronto posible con el carácter social excluyente de la educación colonial. Se nombra a la Dirección General de Instrucción Pública como ente garante de la calidad de la educación y la promoción de la cultura y la ciencia.

Mediante la ley del 18 de marzo de 1826, se estipuló la descentralización de la educación organizada por niveles, donde los niveles uno, dos y tres corresponden a la formación básica (hoy primaria y secundaria) y los niveles cuatro y cinco corresponden a universidades departamentales y centrales[24]. Particularmente esta ley, en el capítulo XXII, artículo 141, reza sobre la “organización general de la enseñanza en las universidades” e indica la enseñanza literaria en las universidades, distribuida en las clases siguientes: la primera, de literatura y bellas letras; la segunda de filosofía y ciencias naturales; la tercera de medicina; la cuarta de jurisprudencia; y la quinta de teología. Por otra parte, en el capítulo VII relacionado con el otorgamiento de grados, se estipula que “en lo venidero no habrá otros grados que los de bachiller, licenciado y doctor en jurisprudencia, en medicina y en teología”. (Decreto 1 de 1826; sobre el plan de estudios[25]). Este aspecto demuestra aún la presencia de la matemática ligada al desarrollo de las ciencias o aplicaciones, y la ausencia hasta esta época de un espacio de propio desarrollo y abordaje en los planes de estudio de la República de Colombia.

En consecuencia, la misma ley estipula la creación de dos clases de instituciones, las encargadas de promocionar las ciencias útiles mediante la constitución de institutos de arquitectura, dibujo, pintura y escultura, y las escuelas de formación superior tecnológica establecidas en zonas empresariales. Por ejemplo: en los pueblos mineros la fundación de escuelas en las cuales se enseñaría “la geometría práctica subterránea, física y mecánica aplicada a las máquinas respectivas, la química aplicada a los ensayos o docimástica, fundición y amalgamación, mineralogía, geognosia y arte de minas” (Codificación Nacional, 1925: 237; citada en Vargas, 2011). Estudios donde se refleja el uso de las matemáticas para sus fundamentos y que por tanto garantizan las prácticas matemáticas en los planes de estudio de la nueva república, quedando sometidas a las exigencias y necesidades, más no a la filosofía como en los tiempos de la colonia.

1.4. Consideraciones finales

La reconstrucción historiográfica sobre la época colonial, donde se examina el papel asignado a las matemáticas en los planes de estudio de la Nueva Granada, ha permitido identificar a la educación escolástica como punto de partida del cambio educativo. Las condiciones impuestas por dicha forma de educación crean la necesidad de buscar e instaurar

[24] En las capitales de los grandes departamentos de Cundinamarca, Venezuela y Ecuador.
[25] http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13658

nuevos ambientes que favorezcan el progreso y el acceso a otros conocimientos. Inevitablemente, en gran parte de dicha época el pensamiento dogmático y la filosofía moderna se han cruzado continuamente, hasta que se ha logrado realizar un tránsito no traumático de ideologías. Con la modernidad llegan conocimientos útiles, de libre circulación y aplicables a diferentes entornos de la sociedad los cuales ayudan a la consolidación de la nación emergente.

Sin duda alguna José Celestino Mutis influye en toda esa revolución instaurada sobre el dogma, pues con sus ideas y método promueve el estímulo, la duda, el sentido crítico y el razonamiento, herramientas que alimentan la necesidad de nuevos saberes en algunos intelectuales de la época y que a la vez abren el espacio para presentar a la matemática como el instrumento esencial para alcanzar todo conocimiento. Consecuentemente, con la recopilación y análisis realizados en este capítulo se determina que en la mayoría de planes de estudio de Instituciones de Educación Superior de la época colonial ilustrada, la matemática está presente como elemento para adquirir habilidades en procesos de observación, razonamiento y como poseedora de principios fundamentales que permiten conocer e interpretar otras ciencias. Por ejemplo, se establece el estudio de una filosofía útil orientada por los principios elementales de la matemática para el estudio de la geografía, historia natural, agricultura, mineralogía y física. Es importante señalar que en este periodo el estudio de las ciencias naturales se fundamenta desde las matemáticas, tomando como base publicaciones de Christian Wolff e Isaac Newton, aunque desde la revisión bibliográfica realizada se establece que el proceso de institucionalización de la ciencia newtoniana, se dio en por lo menos tres momentos diferentes. El primero desde la interacción en un mismo plano de cartesianos, casi-newtonianos y newtonianos, posteriormente el ingreso de los experimentalistas con su axiomática newtoniana, y finalmente, la consolidación de la física experimental como un paradigma consistente en la sociedad neogranadina.

En el proceso de constitución del pensamiento ilustrado en la Nueva Granada, los intelectuales adquieren un papel relevante, ellos pueden ser catalogados como una comunidad de académicos con acceso a los saberes, cuya tarea principal fue la interpretación de los textos y difusión del conocimiento matemático. Además, sus dinámicas indican que basaron el desarrollo de sus cátedras en autores extranjeros asignados desde los planes de estudio.

En conclusión, se establece que las matemáticas tienen cabida en los planes de estudio de la Nueva Granada durante la época colonial ilustrada y que su ingreso fue progresivo, aunque aún hace falta puntualizar el tipo de conocimientos matemáticos abordados en las aulas. Para poder determinar con exactitud ésta variable, se considera necesario identificar el pensamiento y postura de autores incorporados en los planes de estudio tales como Wolff y Newton. Además, determinar la interpretación realizada por parte de los intelectuales ilustrados Neogranadinos a estos autores, aspecto que será abordado desde la indagación exhaustiva sobre el uso y la construcción de sentido hecha alrededor de los textos y producciones de mayor circulación en la época.

CAPITULO II. Los libros de texto en la constitución del pensamiento matemático neogranadino

Continuando con la intención de caracterizar la cultura matemática emergente durante la época colonial ilustrada, y bajo el antecedente de la existencia de autores extranjeros en las aulas neogranadinas impulsados desde los planes de estudio, se acude al análisis de prácticas escolares emergentes desarrolladas a partir de textos foráneos de circulación nacional y producciones nacionales. Esta actividad se ejecuta con el fin de explorar los procesos de difusión e interacción cultural que generaron dinámicas permanentes de construcción de sentido por parte de los intelectuales Neogranadinos, dinámicas que fueron adaptadas a una realidad y tomadas como insumo en los procesos de enseñanza de las matemáticas durante dicha época. En este aspecto, se recurre a algunos postulados establecidos por Gert Shcubring, los cuales invitan a construir una historia de las matemáticas asumiendo la complejidad de su flujo de comunicación y la forma en que la misma matemática es permeada por un estilo nacional, donde interaccionan y se complementan lenguaje, cultura y estado, a fin de garantizar procesos de comunicación exitosos.

De acuerdo a (Goldstein, 1996), los libros de texto emergen de una cultura matemática específica, y además están determinados por las estructuras del sistema educativo definido por cada nación; por lo cual es significativo analizar el impacto de libros de texto no solo por el uso que se le ha dado en países diferentes al originario, sino también porque se ha descubierto que no son traducciones, más bien son adaptaciones al sistema imperante del país traductor (Goldstein, 1996). El ejemplo más significativo del mencionado autor en cuanto a su investigación sobre las matemáticas en la Europa del siglo XIX, logra establecer que la epistemología dominante en las matemáticas francesas se destacó por el énfasis en aplicaciones y rechazo a las matemáticas abstractas, producto de la estructura institucional y la función de las matemáticas en la educación superior en Francia, que obliga a que la comunicación y el significado de los conceptos se negociaran en el contexto de un sistema de Escuelas de Ingeniería. Por su parte en Alemania, solo hasta 1910 se logra un acuerdo común en sus planes de estudio, mientras tanto en cada subsistema la práctica matemática fue dominada por el respectivo contexto cultural, algunos asignando una posición relativamente positiva y otros la relegaron a una posición marginal.

Asimismo, de acuerdo con Celina Lertora en (Arias de Greiff, Arboleda, & Espinosa, 1993) se reafirma que ante la aparición de un texto en la periferia, este puede ser considerado como una representación de la cultura histórica del medio en el que se crea y se difunde, además, su localización histórica es una metodología privilegiada para la reconstrucción de actividades intelectuales en un periodo determinado. Por tanto, para puntualizar el pensamiento matemático circundante en la Nueva Granada durante la época colonial, se identifica desde los planes de estudio los textos de mayor incidencia en las aulas y sobre los catedráticos.

Se establece que entre la masa documental empleada como guía en el desarrollo de los cursos de filosofía, física o matemáticas por parte de los intelectuales neogranadinos, existen varios textos Europeos sugeridos desde los mismos planes de estudio de la época, y una producción intelectual de autor nacional publicada en 1825. Textos que alcanzan un mínimo consenso en la dinámica de difusión en la periferia.

2.1. El rol de los textos guía en la época colonial ilustrada

Desde el siglo XVI en Europa se extiende y generaliza la imprenta, en tanto en la Nueva Granada la ausencia de imprenta durante la etapa inicial de la época colonial, no fue un obstáculo para que surgiera una conciencia criolla que valorara la importancia del conocimiento, la lectura y escritura de libros. Los antecedentes en la adquisición de los libros de texto durante la época colonial en su etapa de formación, indican que con la enseñanza escolástica el libro guía era de uso exclusivo del profesor como monopolio del conocimiento, mientras que en la época ilustrada en la Nueva Granada, se apostó por conseguir una cantidad suficiente de libros en cada área de enseñanza tratando de evitar los dictados por parte del profesor y garantizar la circulación, difusión, y el acceso para todos los estudiantes.

Por lo demás, se sabe que la adquisición de textos durante la época colonial en la Nueva Granada fue compleja, en parte por el reducido grupo de académicos interesados en ello, la ausencia de una universidad pública constituida formalmente, los intereses doctrinales que rodeaban las prácticas educativas, y por el mismo ambiente político vivido en la época. Por ejemplo, se sabe que durante la guerra entre España y Francia (1793-1795) se toman mayores medidas en el control de la circulación de libros, hasta el punto de prohibir algunos textos por considerarlos sediciosos, en tanto que en las colonias americanas los libros prohibidos eran los más apetecidos.

A lo anterior se agrega, que en la época colonial ilustrada se promovió principalmente la circulación de tres clases de libros: En primer lugar, los impresos, que comprenden obras de divulgación de doctrinas científicas, los diccionarios de la época, literatura y cartillas educativas. En segundo lugar, los cursos manuscritos, definidos como documentos que contienen las clases impartidas por el profesor a causa de la escasez de libros. Finalmente y en tercer lugar, las fuentes manuscritas académicas producidas en las cátedras o en los exámenes. En el caso del presente documento, se define el término libro de texto o libro, a aquel documento obtenido después de procesos de imprenta.

Cabe destacar que los libros existentes durante ésta época, algunos son heredados de La Compañía de Jesús quienes desde un inicio se habían interesado por el estudio de las ciencias naturales y las matemáticas, asimismo, son obtenidos por influencia de misiones científicas y agentes difusores metropolitanos de la nueva filosofía ilustrada, otros se adquieren por algunos intelectuales criollos debido a la alta incidencia de la formación autodidacta necesaria en la época[26], también como resultado de intercambio de productos como la quina durante la expedición Botánica[27], entre tanto, en su mayoría se conocen a través de los planes de estudio trazados para las diferentes Instituciones de Educación Superior en la época. (Uribe J. , 2005)

Así por ejemplo, la cátedra de matemáticas instaurada en 1762 se sirvió de textos como *Los Elementa Matheseos Universae* de Chistian Wolff, a partir del cual, Mutis hace uso de la labor Wolfiana para desarrollar en la Nueva Granada una fase de transición, pues éste era un autor que oscilaba entre el uso del silogismo pero que al mismo tiempo exponía los fundamentos de las modernas matemáticas dentro de un texto preceptivo (Uribe J. , 2005).

[26] Los criollos de la generación de independencia debieron absorber la mayoría de contenidos de carácter ilustrado por fuera de los colegios mayores, en escenarios donde pudieran entrar en contacto con esa clase de conocimientos: bibliotecas, tertulias, Sociedades Económicas de Amigos del País, expediciones científicas, prensa y viajes (Uribe J. , 2005, pág. 218)

[27] De esto hay evidencia en el archivo epistolar del Sabio Naturalista

En el plan de 1774 se instaura como texto guía para la cátedra de filosofía, el libro *philosophia juxta inconcusa tutissimaque Divi Thomme dogmata* de Antoine Goudin, el cual en 1804 es sustituido por el *Compendio de* Christian Wolff, en tanto se define que para la enseñanza de la lógica, la física y la metafísica, el autor recomendado es Fortunato de Brescia con *Philoshopia senssum mecánica … ad usus académicos acomodata,* el cual más que un tratado de filosofía, era un tratado de física. Para las matemáticas, el plan al igual que Mutis, insistía que el mejor autor era Wolff.

Caballero y Góngora en su plan de 1783, propone en la cátedra de filosofía el estudio de la lógica a través de la *Genuense* (Genovesi), el estudio de la física con Pieter Van Musschenbroeck mediante *De Método Instituendi Experimenta Physicae Experimentales* y *Physicae Experimentale,* obras de amplia difusión en América. También induce a estudiar a Juan Antonio Nollet con *Las Lecciones de Física Experimental* (mediante su traducción al castellano en 1757 por el padre Antonio Zacagnini), y a Sigaud de la Fond a través de la traducción de los E*lementos de Física Teórica y Experimental*, todos bajo las explicaciones de Newton. Asimismo, en la cátedra de matemáticas se establece el uso de dos obras de Benito Bails, denominadas *Principios de matemática y Elementos de matemáticas*. En 1787 Mutis retoma la cátedra de matemáticas incluyendo como texto de cabecera *Los principios matemáticos de filosofía natural* de Newton, lo cual es posible afirmar dado que en estudios realizados sobre la difusión científica de la física newtoniana en la Nueva Granada se ha llegado a conjeturar que *"hacia 1770 ya existía en Santafé una opinión favorable sobre la física experimental, con intereses maduros por la obra de Newton"* (Arias de Greiff, Arboleda, & Espinosa, 1993, pág. 88). Aspecto que se logra con la penetración de obras divulgativas de experimentalistas como Musschenbroek, Nollet, 'sGravesand, donde se expurgan los principios newtonianos de la geometría sublime y se los hace reposar sobre la experiencia. En este sentido, acontecimientos como el mencionado anteriormente dejan ver resultados del proceso de domesticación de la "nueva filosofía" en la Nueva Granada, producto de una lucha de actividades intelectuales nativas con el fin de alcanzar un nivel de equilibrio de la "nueva ciencia". Reiterando la importancia de considerar la interacción y conflictos existentes durante la difusión científica donde se involucran mentalidades de tipo filosófico, político, religioso, y social, que desembocan en procesos de construcción de sentido y adaptación a una realidad.

De otra parte, se sabe que en la cátedra orientada por Restrepo, este recogió las ideas establecidas en el plan de Moreno y Escandón e introdujo cambios fundamentales a nivel de su método didáctico y contenidos, partiendo de la enseñanza de las matemáticas como base en el estudio de las ciencias útiles y para el análisis científico de la realidad. Sin embargo, se conoce que continuó promoviendo el canon wolffiano:

> "*Con unas matemáticas que servían no sólo como preámbulo a la Física sino como apuntalamiento en el uso del método racional, una lógica que se afanaba en prescribir las reglas del método, los principios del raciocinio, y el arte de la disputa, una metafísica que a partir de la triple división de los seres según su escala de perfección ontológica los ordenaba en Mundo, Alma y Dios y por último una moral que enseñara un comportamiento virtuoso, pues el fin último de filosofía no es otro sino la felicidad*" (Dávila, 2011, pág. 119)

En tanto, Restrepo cimentaba las *Lecciones de Física y las Lecciones de Lógica*, primeros textos en Español impresos en el país. Particularmente *Las Lecciones de Física*, es una obra publicada en 1825 que busca abarcar hasta donde fuera posible el campo de las ciencias naturales. Dicha obra se cataloga como representante de la normalización de la nueva ciencia en la Nueva Granada, después de un largo proceso lleno de controversias y no exento de dramáticos episodios (Dávila, 2011). Por tanto, para la presente investigación, el texto mencionado anteriormente es un insumo de análisis obligatorio, pues deja ver la lectura realizada por uno de los intelectuales neogranadinos (José Félix de Restrepo) sobre autores extranjeros y su puesta en escena como práctica del saber en aulas locales.

En síntesis, se determina que durante la época colonial ilustrada el texto de matemática más referenciado en la Nueva Granada fue el *Compendio Elemental de Matemáticas Universales* de Christian Wolff. Igualmente se identifica la difusión de los *Principios de Matemática* (Bails B. , 1789) *y Elementos de Matemáticas* en las ediciones de Benito Bails. Nótese además, que en el desarrollo de la cátedra de filosofía donde las matemáticas son empleadas como un puente para acceder al conocimiento de las ciencias útiles, sobresale el uso de *Los Principios Matemáticos de Filosofía Natural* de Newton, al ser introducidos por Mutis en repetidas ocasiones y durante diferentes momentos de la ilustración neogranadina. De hecho, el ingreso del conocimiento newtoniano se dio progresivamente, en distintos tiempos y bajo condiciones culturales disímiles. De manera que, entre 1740 y 1760 se produce una interacción de textos de carácter aristotélico, cartesiano y casi-newtoniano, enmarcados aún en la dominante cosmología peripatética. Posteriormente, en el periodo comprendido entre 1762 y 1766, sobresale una fuerte penetración de la física moderna principalmente a través de los textos de los experimentalistas newtonianos como 'sGravesande, Musschenbroek, Nollet y Sigaud de la Fond. Finalmente, en medio de conflictos institucionales, termina imponiéndose un pensamiento promedio sobre la importancia de cultivar la física experimental (Arias de Greiff, Arboleda, & Espinosa, 1993).

Similarmente, se establece la circulación de textos en ésta misma línea de pensamiento, tales como la traducción al español de L*as Lecciones de Física Experimental* de Nollet, *Elementos de física teórica y experimental de Sigaud de la Fond*, y por último, y como única publicación nacional hasta 1825, se destaca las *Lecciones de Física* de Restrepo.

Por tanto, la tipificación referida anteriormente ubica esta investigación frente a un acontecimiento científico y cultural que da cuenta del proceso de incorporación de una nueva teoría en el contexto que por la época vivía la Nueva Granada, pues en palabras de (Arias de Greiff, Arboleda, & Espinosa, 1993), el texto no solamente interesa en cuanto a portador de un discurso científico moderno, sino también como representación en un campo específico del saber, de la cultura histórica, del medio en el que se crea y se difunde.

2.2. Prácticas del saber emergentes en los textos de circulación nacional durante la época colonial de la Nueva Granada

La descripción realizada a continuación, toma como punto de partida los libros de texto con incidencia en las cátedras de matemáticas y filosofía de las aulas neogranadinas en la colonia, y cuya influencia en la constitución del pensamiento matemático de la Nueva Granada, se sustenta desde el establecimiento de las prácticas escolares emergentes de los contenidos de dichos textos. Es decir, la forma como los intelectuales toman los textos, los adaptan a una realidad y dan un sentido a contenidos que llegan del exterior. También, se fundamenta en los trabajos efectuados por algunos autores alrededor del impacto, contenidos y estructura de los textos citados.

2.2.1. Los Elementa Matheseos Universae de Christian Wolff

Mientras Christian Wolff fue reconocido como una figura importante en la filosofía alemana del siglo XVII, la obra de su autoría que llegó a la Nueva Granada se empleó en la enseñanza de las matemáticas. *Los Elementa Matheseos Universae*[28] han sido inventariados en las principales bibliotecas ilustradas de la Nueva Granada en su edición de 1740 que consta de cinco volúmenes, de los cuales además se publicó un compendio en Latín que circuló en ésta nación y fue denominada *Compendium Elementorum Matheseos Universae in Usum Studiosae Juventutis Adornaium a Christiano Wolfio* (Quintero, 1999).

La obra de Christian Wolff resulta interesante para la pesente investigación ya que es referenciada por Mutis (1762, 1787) y Restrepo (1822), como elementos de apoyo en el desarrollo de sus cátedras de matemáticas en Santafé de Bogotá y Popayán, además, de ser exigida por Moreno y Escandón en su plan de estudios (1774). También se debe tener en cuenta que la inmersión del pensamiento Wolffiano en las aulas neogranadinas, representa la divulgación de la herencia de la tradición de Leibniz y la física de Newton. (Quintero, 1999)

Se debe recordar que para Wolff, los objetivos principales de una disciplina como las matemáticas eran el entrenamiento del entendimiento y su utilidad práctica, pues siempre consideró a las matemáticas como una ciencia secundaria o auxiliar. Asume de los matemáticos la estrategia de explicar de modo exhaustivo todos los términos que introduce, probar todas las afirmaciones y poner en relación unas verdades con otras (Nobre, 1995). Por lo tanto, lo novedoso de Wolff consistió en haber aproximado a la élite neogranadina al ideal de lo práctico,

[28] Se habla de haber trabajado la versión Latina de la obra de Wolff y que en algunos colegios jesuitas se utilizó la versión francesa en traducción de Charles Antoine.

a través de la aritmética, geometría, trigonometría, mecánica, hidrostática, aerometría, hidráulica, óptica, catóptrica, dióptrica, perspectiva, astronomía, geografía, cronología, gnomónica, pirotecnia, arquitectura militar, arquitectura civil, y el álgebra (Quintero, 1999).

2.2.1.1. Estructura de los Elementa Matheseos Universae de Christian Wolff

Este texto consta de varios tomos, los cuales entre otros aspectos contienen notas y comentarios sobre el método matemático de Newton. También desglosa temáticas relacionadas con aritmética, geometría, trigonometría plana y algebra. A lo largo de su escrito referencia varios estudiosos matemáticos de la época, entre los que se destaca Huygens, Newton, Ptolomeo, Euclides y Copérnico. También desarrolla temáticas relacionadas con la denominada matemática mixta.

2.2.2. Los Elementos de Matemáticas de Benito Bails

Es una obra cuyo autor es el Español Benito Bails[29], quien logra materializar sus objetivos de utilidad y practicidad de las matemáticas mediante la conformación de un tratado denominado *Elementos de Matemáticas*, para el que extracta, copia, parafrasea, según sus intereses, de Descartes, Newton y Euclides, directamente o a través de sus divulgadores. También de autores como L'Hopital, McLaurin, Euler, Lagrange, Emerson Clairut, Ricati y otros, aparte de Bézout y Cramer cuyos tratados fueron sus fuentes principales. (Arias de Greiff, Arboleda, & Espinosa, 1993).

En consecuencia, este trabajo más que un tratado con aportaciones originales es una obra de compilación que tiene la virtud de dar a conocer el estado de las ciencias matemáticas europeas del momento, introduciendo elementos tan importantes como la geometría analítica y el cálculo infinitesimal.

Los Elementos de Matemáticas[30] son el trabajo más ambicioso de toda la producción científica de Bails, consta de once volúmenes referidos a Matemáticas (aritmética, geometría, trigonometría, algebra, cónicas, cálculo infinitesimal, ecuaciones diferenciales y cálculo de

---

[29] Desarrolla estudios de matemáticas y teología con los jesuitas en la Universidad de Toulouse (Francia).
[30] Su primera edición se publicó en 1779.

variaciones), física (dinámica, electrodinámica, óptica), arquitectura (agronomía, arquitectura civil e hidráulica). Tal obra tuvo una importantísima difusión en España y América, por lo que consecuentemente influyó en la preparación de un nuevo espíritu científico en las ciencias matemáticas.

En cuanto a la difusión del texto de Bails en la Nueva Granada, a juicio de (Arias de Greiff, Arboleda, & Espinosa, 1993), se sabe que obtuvo una amplia acogida debido a que la obra responde (en el momento preciso) a las expectativas de cierto público interesado en una comprensión integral y formalizada de teorías matemáticas más avanzadas, especialmente de aquellos saberes que satisficieren la utilidad universal y la práctica.

2.2.2.1. Estructura de los Elementos de Matemáticas de Benito Bails [31]

La obra en el Tomo I, inicia con un prologo general donde describe los cursos de matemáticas a los que tuvo acceso durante la publicación de su obra *Los Elementos de Matemáticas* y con los que realiza un "cotejo". Inicia enunciando como representante de España el Curso del Padre Thomas Vicente Tosca[32], catalogado como pertinente para la época en la que se publicó pero desactualizado para ese momento, pues a juicio de Bails en la obra no trata el cálculo diferencial ni integral, es poco lo que se aborda de álgebra y en arquitectura no habla de hidráulica entre otros aspectos nombrados.

Seguidamente referencia el curso del Alemán Wolff, definido como uno de los más completos, sin embargo, atrasado en métodos debido a que después de su publicación perfeccionaron muchas ramas de la matemática. Describe por ejemplo que los tratados existentes para esa época sobre cálculo integral son posteriores, además, manifiesta de igual manera que en dinámica, hidrodinámica y óptica se avanzó infinitamente con las investigaciones de Juan y Daniel Bernoulli, D'Alembert, Halley entre otros.

---

[31] Se realiza el análisis sobre la primera edición del ***tratado Elementos de Matemáticas***, editada en 1779, propiedad de la Universidad Complutense de Madrid y que reposa en la biblioteca digital Hathi Trust.
[32] ***Compendio Mathemático***, publicado entre 1707 y 1715. Obra que se guió por los cursos de tipo enciclopédicos que se publicaban en Europa en la segunda mitad del siglo XVII y cuyo principal referente es el ***Cursus seu mundus mathematicus,*** de Claude François Milliet Dechales.

También habla del curso *Lecciones* del Abate La Caille, representante de la cultura Francesa, curso tan conciso que resulta difícil de entender en algunas partes. Entre los cursos de matemáticas de los ingleses, destaca las Obras de Emerson que si bien son extensas, a juicio de Bails la publicación desordenada de sus tomos no permiten verse como partes entrelazadas de una misma obra[33].

Como Curso de Matemática, se confronta el del Holandés Hennert descrito como un curso que desarrolla con gran destreza y claridad todas las ramas de la matemática, haciendo en los tratados mixtos una aplicación continua del cálculo integral, lo cual le obliga a abordar de manera más profunda dicho cálculo en los Tomos de matemática pura.

Finalmente en el prólogo, Bails referencia que en su obra se dedicaron a extraer, copiar y enlazar de las obras clásicas más destacadas, dejando de lado la parte especulativa y apostándole en uno de los Tomos al cálculo integral particularmente a los principales métodos de integración, recientes por la época. Este tratado apuesta a unas matemáticas mixtas respondiendo a las políticas de utilidad universal, incluyendo cuatro tomos de matemática pura y los demás de matemática mixta. Manifiesta también que no se han inclinado por un autor ni nación en particular.

En el prólogo para el Tomo I se destaca que los tratados elementales nacen de la necesidad de hacer perceptible lo que inventaron otros matemáticos y que para la construcción de este tratado se acudió a los materiales más recientes, procurando garantizar su vigencia el mayor tiempo posible. En este Tomo se desarrolla elementos de Aritmética, Geometría y Trigonometría. La Aritmética se extrae del Curso de Matemática de Bezout[34], con una leve modificación, separando y ubicando los decimales después de los quebrados comunes. Para la Geometría se acude a varios referentes con el ánimo de construir una versión propia[35], respetando la

---

[33] Por ejemplo, el Tomo quinto, que trata del cálculo de fluxiones y fluentes, salió a la luz en el año de 1757, cinco años antes que el ***Tratado de Arismética*** que es el primero de todos los demás.
[34] Matemático que formo parte de la Real Academia de la Ciencia de París. Su curso se caracteriza porque aunque no se exponen métodos propios, es evidente su habilidad para demostrar y exponer de manera novedosa los métodos de otros matemáticos.
[35] Se manifiesta que esta geometría se saca de nueve o diez obras, todas muy distintas de las otras.

rigurosidad geométrica y construyendo una geometría práctica, donde se propone aplicaciones de la teoría a casos particulares. *La Trigonometría plana se tradujo del Curso de Bezout.*

En cuanto a los contenidos matemáticos abordados en el Tomo I, lo correspondiente a la Aritmética, es iniciado con una caracterización de la cantidad como objeto de las matemáticas, que puede ser expresada en varios modos y es estudiada por la rama Aritmética cuando se expresa como número. Se define a la Aritmética como ciencia de los números, se enuncian los conceptos de unidad, número, número entero[36], fraccionario[37], fracción o quebrado[38], y número abstracto[39] (numeración que incluye la noción de guarismo), además, se examinan las operaciones aritméticas: suma, sustracción, multiplicación y división. Para los números quebrados se habla de simplificación y amplificación[40] y se abordan las mismas operaciones aritméticas definidas para los números enteros. Se exponen otros conceptos tales como: aplicaciones de la regla de antecedentes, clases de números complexos (abstractos) y reglas para calcularlos, números decimales, operación de partes decimales (adición, sustracción, multiplicación y división) y sus usos, números cuadrados y extracción de raíces, números irracionales o inconmesurables, y la formación de los números cubos con su correspondiente extracción de raíces. También se desarrolla la conceptualización de las razones, proporciones, y progresiones, además de las reglas y propiedades para estas temáticas (regla de tres directa y simple, regla de tres inversa y simple). Por último, se tratan los conceptos asociados a los logaritmos, usos, tablas y reglas para su cálculo.

En la parte geométrica, los Elementos de Geometría inician con la definición del espacio a partir de la longitud, latitud y profundidad. Propiedades de las líneas, superficies y volúmenes o sólidos[41]. Se establece la definición de plano, clases de líneas, a que se llamará punto, línea recta, línea curva y mixta, aparecen proposiciones derivadas de las definiciones anteriores y relacionadas con las líneas rectas y curvas. De las rectas curvas se introduce el concepto de círculo, circunferencia, radio, diámetro, arco, cuerda, sus proposiciones y respectivas pruebas

[36] En una connotación totalmente diferente a la actual, "*Si una cantidad consta de unidades enteras*".
[37] "Si se compone de unidades enteras y partes de unidad"
[38] "Si solo consta de partes de la unidad"
[39] Número para el cual no se especifican las unidades que lo componen.
[40] No muda de valor un número quebrado cuando se dividen o se multiplican sus dos términos por un mismo número.
[41] Especies de estension.

(que se apoyan en ilustraciones gráficas). Se exponen los círculos concéntricos y circunferencias excéntricas, grados, minutos, segundos, qué elementos constituyen un ángulo, clases de ángulos[42], líneas perpendiculares, oblicuas, paralelas, secantes, tangentes y las proposiciones que de estas definiciones se obtienen, además, se agregan elementos para la construcción de estas líneas. También se exponen los conceptos de: figuras planas, figuras curvas, figuras mixtas, clases de triángulos y su construcción, igualdad de triángulos, cuadriláteros, polígonos y proposiciones de para estas figuras, líneas proporcionales, semejanza de triángulos, medida de las superficies (triángulo, trapecio y de un polígono cualquiera, así como también el círculo), comparación de superficies, Teorema de Pitágoras[43], proposiciones de los planos (perpendicularidad, paralelismo, sección, intersecciones, líneas en un plano), sólido, volumen o cuerpo (cilindro, esfera, prisma, paralelepípedo, pirámide, cono), superficie de partes de un sólido, ángulos sólidos y sus proposiciones.

En lo denominado como Elementos de Trigonometría plana, inician enunciando que trigonometría significa medida de los triángulos por lo cual esta enseña el arte de aplicar el cálculo aritmético a la geometría. Se abordan conceptos como las funciones seno, coseno, tangente, cotangente, secante y cosecante, así como también sus funciones inversas, las identidades trigonométricas, calculo de lados y ángulos de un triangulo rectángulo a partir de las razones trigonométricas y las tablas de logaritmos, además de la resolución de triángulos oblicuángulos.

Al final se anexa un espacio para la geometría práctica donde se exponen aplicaciones sobre la teoría de medidas, por ejemplo sobre la necesidad de establecer unicidad en el sistema de medidas para conseguir equidad. También se trata sobre el uso de herramientas para medir terreno (cuya base teórica se cimenta en la geometría), métodos para dividir las líneas, y métodos para formar y medir ángulos.

[42] Rectos, alternos, internos esternos, alternos internos, alternos esternos

[43] "Si sobre los tres lados AB, BC,AC de un triángulo rectángulo ABC se construyen tres cuadrados BEFA,BGHC, AJLC: el quadrado formado sobre la hipotenusa será igual a la suma de los quadrados formados sobre los otros dos lados" PP 305

En el Tomo II, desde el prólogo se inicia con una apología al Algebra, por el hecho de haber inventado símbolos que representan todas las cantidades independientemente de su naturaleza. También por la invención de reglas que permiten combinarlas y evaluarlas con acierto y facilidad. Se advierte que pese a la extensión de las teorías algebraicas, en este Tomo se logró hacer una compilación que tuvo aceptación a juicio de algunos expertos de la época[44], y para su elaboración se acudió a los tratados de Algebra publicados últimamente y escritos por matemáticos reconocidos.

Entre los tratados mencionados, se encuentra el de Bezout[45], el cual a juicio de Bails aborda con método, claridad y maestría los temas abstractos. Similarmente se recurre a la aplicación del algebra en la geometría esbozada en el tratado de Bezout y al mismo tiempo se recomienda seguir *La Arismetica Universal de Newton*[46], para profundizar en este tema.

En cuanto a contenidos, se sabe que antes de abordar las aplicaciones del Algebra a la Geometría, se sugiere definir las "cuestiones indeterminadas" a la luz del Algebra de M. Euler o de M. de Lagrange. En el texto, también se manifiesta qué cosa es "el infinito y lo infinitamente pequeño", pensando en fundamentar elementos que en el Tomo III permitirán definir el infinito matemático, su demostración se copia del *Tratado de Algebra de Emerson*[47]. Igualmente se da a conocer el origen de las "cantidades imaginarias" aprovechando lo que describe M. Mauduit en su *Astronomía Esférica*[48].

Después de las aplicaciones del Algebra a la Geometría, continúa la doctrina de las "equaciones superiores" hasta las de cuarto grado. Para este tema no se acudió a un solo autor sino al complemento de varios, entre los que se destaca: el *Algebra de Clairaut*[49] (que en muchos

---

[44] Concepto de aquellos que aprecian los trabajos ajenos por el entendimiento y no por la voluntad.
[45] ***Cours de Mathematiques***, al'usage des Gardes du Pavillon de la Marine. Par M. Bezout, de l'Académic Royale des Sciences. Paris 1767. Son seis tomos y el tratado de Algebra se encuentra en el tercero.
[46] ***Arithmetica universalis***,: sive de compositione y resolutione arithmetica. Auctore Is. Newton Cum Commentario Foannis Castillionei , in Almo Lycoco Trajectino Philosophie, Matheseos y Astronomie Professoris ordinarii. Amsterdam 1761 dos tomos en 4.
[47] Tratado que consta de II libros, que contienen principios fundamentales, reglas prácticas y variedad de problemas de las ramas más importantes de las matemáticas. Londres 1764.
[48] Principes d' Astronomie Sphérique, ou traité complet de Trigonométrie Sphérique. Por M. Mauduit, Paris 1765.
[49] Elémens d' Algebre, par M. Clairaut, de l' Academie Royale des Sciences. Paris 1749.

puntos aclara la *Arismética Universal de Newton),* partes de Ricati[50] y del Abat Marie[51], de donde se obtiene en gran parte los referentes acerca de la resolución de ecuaciones de cuarto grado y el método de extraer raíces racionales e irracionales, a los que algunos llaman binomios[52]. Para la doctrina de las ecuaciones superiores, Bails manifiesta que se inclina por la *doctrina de las series,* las cuales da a conocer con las mismas expresiones que usa Leonardo Euler en su obra *Introductio in analysin infinitorum*[53]. Esta doctrina se amplía introduciendo su aplicación al cálculo de logaritmos[54] y de las líneas trigonométricas, estas últimas debido al importante papel adquirido en las investigaciones matemáticas desde que el gran geómetra Leonardo Euler decidió introducirlas al cálculo.

En el índice del Tomo II entre otros temas también se enuncian: elementos de álgebra, extracción de la raíz cuadrada de las cantidades literales, formación de potencias de cantidades complejas y la extracción de sus raíces, ecuaciones de primer y segundo grado y sus aplicaciones, las cuestiones indeterminadas, aplicación del Algebra a las progresiones geométricas y aritméticas, aplicación del Algebra a la geometría y a varios asuntos, resolución de ecuaciones superiores y estrategias de resolución, y las series: sus métodos y aplicaciones.

Se debe aclarar que en la obra de Bails, el Tomo III es el último de la denominada matemática pura y por tanto es el que aborda los asuntos de mayor complejidad. Se inicia con los fundamentos de la teoría de las líneas curvas algebraicas[55], una pequeña síntesis extraída de Cramer[56], seguidamente se abordan las secciones cónicas (un caso particular de las curvas algebráicas), copiando los tres primeros libros del tratado analítico que de ellas escribió El Marquéz del L'Hopital[57], obra que a criterio de Bails, es la más pertinente desarrollada sobre el tema, principalmente por el método analítico que difunde, la elegancia de sus construcciones, y su claridad.

---

[50] Institutiones Analytice a Vicentio Ricati y Hieroniymo Saladino. Bolonia 1765.
[51] Lecons elémentaires de Mathématiques, par M. Abbé de la Caille, nouvelle édition. Pairs 1770.
[52] Entre otros Leonardo Euler en sus ***Elementos de Algebra.***
[53] ***Introductio in analysin infinitorum***. Leonardo Eulero. Academie Scientiarum Petropilitane Socio. Lausana 1748.
[54] Enseña cómo se calculan los logaritmos por el álgebra Cartesiana.
[55] Llamadas así porque se puede cifrar su naturaleza en expresiones que no llevan más símbolos que los que usa el Álgebra Cartesiana, sin incluir cantidad alguna infinitesimal, logarítmica, o trigonométrica.
[56] ***Introduction a l' analyse des lignes courbes algebriques***. Par Gabriel Cramer . Ginebra 1750.
[57] ***Traité analytique des sections coniques***, de leur usage pour resolution des équations dans les problémes tant determinés qu'indéterminés. Marquis de L'Hopital. Paris 1704.

También se desarrolla el método empleado por los matemáticos para resolver por geometría las ecuaciones denominadas superiores, involucrando secciones cónicas y sus construcciones. Así como la aplicación de estas teorías a casos prácticos tomados del Tratado Analítico del marqués, y un ejemplo más[58], sacado del Tratado de Ricati. Para complementar éste Tomo, se profundiza en el cálculo infinitesimal, abordándolo desde dos ramas: el cálculo diferencial y el integral, bajo el antecedente de que el objeto del cálculo diferencial es señalar la razón o relación que hay entre los elementos infinitamente pequeños de las cantidades finitas.

Para el cálculo diferencial, primero se traslada del libro quinto del Tratado Analítico del Marqués de L'Hopital, algunas proposiciones fundamentales para aplicar los nuevos cálculos a la geometría. Posteriormente, se copia lo que trae al respecto la Obra de D'Alambert[59], quien sigue la huella de Newton, considerando el cálculo diferencial como el cálculo de los límites de las razones. Todo lo anterior junto con lo abordado en el Tomo II sobre cantidades infinitamente pequeñas, permite tener la conceptualización necesaria para abordar el cálculo infinitesimal.

Una vez definidos los fundamentos el cálculo diferencial, se enseña a diferenciar las cantidades, sean racionales, irracionales, logarítmicas y exponenciales. Posteriormente, copiando a Bezout, se desarrollan las aplicaciones sobre la teoría de curvas algebraicas, para luego dar a conocer la naturaleza de algunas curvas trascendentales o mecánicas y particularmente de las espirales. Se asume la notación de Euler, usando la letra d para representar su diferencial y llamando diferencial a las diferencias infinitamente pequeñas[60]. Se concluye que la teoría y aplicaciones se toman del Marqués de L'Hopital[61], Bougainville[62], Thomas Simpson[63], Emerson[64], Ricati[65], Bezout[66], y El Abate Marie, quien publicó en 1784 una edición actualizada

[58] Hallar dos líneas medias proporcionales entre otras dos líneas dadas.
[59] Melanges de Philosophie y Litterature.
[60] Llamadas fluxiones o incrementos por otros autores como Newton y Leibniz. A la que los ingleses como Newton llaman comúnmente fluxiones.
[61] Traité du calcul intégral, pour servir de suite d l'Analyse des infiniment petits de M. le Marquis de L'Hopital. Paris 1754.
[62] Complementó el estudio integral del marqués de L'Hopital.
[63] The doctrine and application of fluxion. Containing (Besides what is common on the subjet) A number of new improvements in the theory. And the solution of a variety of new, and very interesting problems in different branches of the mathematicks. By Thomas Simpson. Londres 1750.
[64] The doctrine of fluxión : not only explaining the elements thereof, but also its application and use in the several parts of Mathematics and natural Philoshopy. By William Emerson. Londres 1757.
[65] Institutiones Analityce.

de las célebres *Leçons Elementaries de Mathématiques* del abate De la Caille. Seguidamente se abordan aspectos del cálculo integral, entendiéndolo como el camino para determinar las cantidades a las que se les halla los limites de las razones, valor que se obtiene de las expresiones en que van cifrados dichos límites. Los contenidos sobre este tema, afirma el autor son muy precisos pero suficientes para comprender lo que se plantea posteriormente; la mayor parte se ha copiado del curso de M. Bezout, y se recalca que para su desarrollo debieron retomar métodos propuestos para la resolución de ecuaciones de orden superior[67] y recurrir a la doctrina de las líneas curvas[68].

Asimismo con el objeto de ilustrar la manera cómo se integran por aproximación algunas diferenciales, se introduce las series; recomendando seguir la obra de Stirling[69] para profundizar en el tema. De igual manera, se incluye en este Tomo la Trigonometría esférica cuyo papel en el tratamiento de la Astronomía es fundamental, lo que respecta a su contenido, se especifica que a excepción de algunas proposiciones tomadas de Bezout, todo lo que pertenece a la resolución numérica y grafica de triángulos esféricos es de M. Maudiut[70].

Se menciona que entre las omisiones realizadas en este Tomo se encuentran entre otras, la teoría de las curvas de doble curvatura, el método inverso de las tangentes y la doctrina de las variaciones. Entre los temas enunciados en el índice se tiene: Elementos de secciones cónicas (parábola, elipse, hipérbola), lugares geométricos, construcción geométrica de las ecuaciones de tercero y cuarto grado, resolución de algunas cuestiones determinadas e indeterminadas, elementos del cálculo infinitesimal, del cálculo diferencial (logarítmicas, de cantidades exponenciales, de senos, cosenos, de algunas curvas mecánicas), aplicación del cálculo diferencial a la doctrina de las líneas curvas, de los limites de las cantidades y de las cuestiones de máximos y mínimos, puntos de inflexión, del cálculo integral (integración de las *binomias*,

---

[66] Tomo IV de su Curso para los Caballeros Guardias Marinas.

[67] Porque la integración de las fracciones racionales por ejemplo, no se pueden alcanzar sin sacar sus raíces.

[68] Método aplicado a aquellos diferenciales que no sufren una integración cabal y que pueden ser integrados al hacer uso de la cuadratura de una curva algebraica. De las cuales se destaca que las más conocidas son las secciones cónicas y a cuya cuadratura Newton redujo las integraciones de esta naturaleza, hasta llegar a la curvatura del círculo y de la hipérbola.

[69] **Methodus differentialis:** sive tractatus de Summatione e interpolatione serierum infinitarum. Autore Jacobo Stirling. Londres 1764.

[70] Principes d' Astronomie Sphérique, ou traité complet de Trigonométrie Sphérique. Por M. Mauduit, Paris 1765.

que admiten una integración algebraica), uso de series para integrar, uso del cálculo integral para cuadrar curvas, para medir la solidez de los cuerpos, y para hallar las superficies curvas en los sólidos. Además, ecuaciones diferenciales, trigonometría esférica, resolución grafica o geométrica de los triángulos esféricos cualesquiera, y de las analogías diferenciales.

El Tomo IV, enuncia temas relacionados con la denominada matemática mixta, en este caso se hace uso de la matemática especulativa (matemática pura desarrollada en los primeros tres Tomos de este tratado) para conocer acerca del movimiento de los cuerpos, de las propiedades de la luz y de las apariencias celestes, entre otros.

De acuerdo a la guía de clasificación de la naturaleza de los cuerpos, se incorpora el estudio de la dinámica[71] y la hidrodinámica[72]. Su estudio se lleva a cabo siguiendo el texto de Bezout y complementándolo con el de El Abat Bossut[73], tratando de evidenciar la utilidad de la mecánica. Finalmente, la resolución de cuestiones de la dinámica se toma de los hermanos Jayme y Juan Bernoulli[74]. En cuanto a las aplicaciones de la dinámica se aclara que debido a su complejidad muchos de los matemáticos de la época la desarrollaron mediante diferentes caminos, por lo cual en este tratado se plasma lo que a su juicio resulta de mayor comprensión, por ejemplo aquellos casos en los que el problema se reduce a una cuestión geométrica pura.

En el índice del Tomo se nombran temas relacionados con los elementos de la dinámica, las leyes del movimiento, movimiento uniforme, acelerado, compuesto, de rotación, fuerzas y cantidad de movimiento, fuerzas en diferentes planos, centros de gravedad, principio general del equilibrio de los cuerpos, comunicación del movimiento, choque de los cuerpos, aplicaciones de choques, movimiento de superficies curvas, principio de conservación de las fuerzas vivas, equilibrio y movimiento en las máquinas o de la estática: palancas, el torno, poleas y finalmente resolución de algunas cuestiones de estática y de dinámica.

[71] Dinámica: Ciencia de las fuerzas y del movimiento de los sólidos.
[72] Hydrodinámica: Parte que indica las leyes del movimiento y equilibrio de los fluidos.
[73] **Traité elementaire de Mechanique y de Dinamique, applique principalement au mouvement des Machine**. Abbé Bossut, Charleville 1763. Asumido como un tratado elemental, recién publicado.
[74] Obras inéditas, sin nombre y publicadas en 1744 y 1742 respectivamente.

El Tomo V, publicado en 1780, continúa con el estudio de la Hidrodinámica[75], vista desde dos ramas: la hidrostática encargada de las leyes del equilibrio de los fluidos y la hidráulica que estudia las leyes del su movimiento. La hidrodinámica por ser parte de la matemática mixta, es una aplicación de la geometría y el álgebra a la física, donde se debe tener en cuenta que pese a que las reglas de calcular son muy seguras y existe certeza en las proposiciones geométricas, los resultados de su aplicación han de ser forzosamente distintos según los diferentes supuestos sobre los que va fundada. En éste Tomo, como documento base se elabora y se sigue la traducción de la Obra del Abate Bossut[76], texto donde el autor logra conectar los resultados prácticos con las conclusiones teóricas.

Entre los contenidos de este texto se resalta, la ley fundamental del equilibrio de los fluidos, el equilibrio de los fluidos incompresibles, el equilibrio de los fluidos elásticos, el equilibrio del aire, el equilibrio de los cuerpos sólidos sumergidos, leyes de estabilidad de los cuerpos fluctuantes, teoría del movimiento de las aguas al salir de los depósitos por orificios, movimiento de oscilación y ondulación de los fluidos, métodos para medir la velocidad de las aguas corrientes, teoría ordinaria de la percusión de los fluidos, teoría del movimiento de las ruedas que mueve el impulso del agua, algunos instrumentos y máquinas (máquina neumática, barómetro, termómetro y bomba de fuego).

Para el Tomo VI publicado en 1781, se estudia la óptica, que comprende entre otros aspectos: las propiedades de la luz, y los instrumentos ópticos y sus aportes a la anatomía. Eso sí, asimilando los rayos de luz como otras tantas líneas físicas, cuya consideración reduce casi todos los asuntos ópticos a cuestiones de geometría pura; aspecto que define implícitamente el enfoque de éste Tomo.

El tratado aborda la teoría de la luz desde tres circunstancias: *la de la luz directa, de la luz refracta y de la luz reflexa o reflectida*, cuyos estudios se les ha llamado respectivamente: Óptica, Dióptrica y la Catóptrica. Ahora bien, la óptica se encarga de estudiar el sentido de la vista, realizando la descripción de su estructura, manifestando su naturaleza y la descripción de

[75] Referenciada como hydrodinámica.
[76] Francés.

las partes que la componen, mientras que el fin de la Dióptrica y la Catóptrica, es determinar el foco donde han de concurrir los rayos de la luz después de las reflexiones o las refracciones que padecen, para posteriormente aplicarla a la construcción de instrumentos que mejoren el sentido visual y vistos desde lo experimental, geométrico y analítico.

Se sigue el texto del catedrático de Astronomía y filosofía experimental de la Universidad de Cambridge, Roberto Smith[77], quien basó su escrito en lo promovido sobre óptica por Barrow[78], Huyghens[79], Newton[80] y Euler, particularmente en la construcción de instrumentos. El contenido de éste tomo se refiere principalmente a: elementos de óptica, determinación del lugar, magnitud y situación de las imágenes formadas por rayos reflexos y refractos, experimentos y elementos analíticos Dióptricos y Catóptricos, visión y descripción del ojo, visión por vidrios o espejos, instrumentos ópticos, anteojos astronómicos, y elementos de óptica práctica.

La Astronomía para Bails, es la ciencia que evidencia la sagacidad del entendimiento humano por la naturaleza de los descubrimientos que ha realizado. Este aspecto se convierte en el tema principal del Tomo VII publicado en 1785, empezando por la historia de la Astronomía, para posteriormente abordarla desde tres aspectos: la observación o enumeración de fenómenos, los resultados inferidos de las observaciones y la teoría o la explicación de los fenómenos por las leyes conocidas del movimiento.

Entre los contenidos de este Tomo se relacionan inicialmente algunos elementos preliminares entre los que se encuentra el cálculo de pares sexagesimales, proposiciones trigonométricas, propiedades de la elipse, longitudes y latitudes geográficas, entre otros. También se aborda el sistema copernicano, la refracción astronómica, las refracciones terrestres, la paralaxe, las estrellas fijas, nuevas y variables de la vía láctea y de la luz zodiacal, variación de la longitud de estrellas o precisión de los equinoccios, hallar el ángulo horario de un astro, distancia y magnitud de las estrellas fijas, ecuación de las alturas correspondientes, la inclinación de las órbitas planetarias, las longitudes y latitudes geocéntricas de los planetas, leyes de los

---

[77] Optiks by Robert Smith. Cambridge 1738.
[78] Isaaci Barrow. **Lectiones Ópticas**. Cambridge 1674.
[79] Véase su Dióptrica.
[80] **Optice: sive de reflexionibus , refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis**. Libri tres. Autore Isaaco Newton. Londres 1719.

movimientos de los planetas vistos desde el sol, figura de las órbitas planetarias, métodos para determinar el lugar del afelio de un planeta, diámetros aparentes de los planetas, aceleración del movimiento medio de la luna, desigualdades de los satélites, método para determinar las fases de un eclipse de sol por medio de proyecciones, entre otros.

El Tomo XVIII se publica en 1785, proponiendo como tema para cerrar el tratado a la Astronomía Física, contenido que se afianza en la dinámica, óptica, geometría y sobre todo de los cálculos diferencial e integral. En su estudio incluye el abordaje de la Astronomía desde la Cronología, la Geografía y la Gnomónica, sumado al conocimiento descrito sobre Perspectivas; finalizando con un tomo de música especulativa.

Entre los contenidos de estos últimos Tomos se destaca los elementos de astronomía física, que incluyen proposiciones de cálculo y de dinámica, atracción gravitacional general de los cuerpos, leyes de atracción, masa de los planetas, las desigualdades que ocasionan las atracciones mutuas de los cuerpos celestes, y el cálculo de la distancia de la luna por medio de un péndulo. En los elementos de cronología se tiene a los ciclos solar y lunar. En los elementos de geografía se resalta los métodos para determinar las longitudes en el mar y para hallar la diferencia de longitud entre los diferentes lugares de la tierra, y los mapas geográficos. En los elementos de la Gnómica sobresalen los diferentes modos de trazar relojes. Por último, en los elementos de Perspectiva se destacan las aplicaciones, por ejemplo la resolución de cuestiones acerca de las sombras y los métodos para los trazos.

Finalmente, los volúmenes IX y X exponen la arquitectura civil e hidráulica y la tabla de logaritmos.

2.2.2.2. Las matemáticas de Los Elementos de Matemáticas de Benito Bails

En esta sección se presentarán las temáticas desarrolladas por Bails en cuanto a Aritmética, Geometría, Trigonometría y Algebra, con el fin de destacar la incidencia que tuvo este autor en el pensamiento matemático neogranadino.

2.2.2.2.1. La Aritmética de los Elementos de Matemáticas de Benito Bails

En primer lugar recordemos que en esta obra la Aritmética se extrae del Curso de Matemática de Bezout. Inicialmente **se** identifica que en la aritmética trabajada por Bails***, "la cantidad*** *es establecida como el objeto de las matemáticas"*, aspecto que conduce a pensar que su fundamento son las matemáticas griegas, las cuales tienen sus cimientos en el concepto de cantidad. En este sentido, es conocido que en el pensamiento Aristotélico asumido implícitamente por Euclides en los Elementos, la cantidad se define como "aquello que es divisible en elementos constitutivos y por tanto se llega a hablar de dos tipos de cantidades: los números y las magnitudes" (Recalde L. , 2012), y este aspecto en la obra de Bails se tenía muy claro, pues en el Tomo I son bosquejados los elementos de aritmética y luego los elementos de geometría, manifestando que por un lado va la teoría de las cantidades y por otro la teoría de las magnitudes. Además en una de sus nociones Bails define:

> "La cantidad es el obgeto de las matematicas; pero como esta ciencia considera la cantidad espresada de varias modos, de aquí proviene la diferencia de los muchos ramos que esta facultad abraza. El ramo que considera la cantidad en quanto es espresada por los números, se llama Arismética" (Bails B. , 1779, pág. 1)

Así mismo, otro argumento para establecer que en la aritmética de Bails se trabaja alrededor del universo matemático establecido por los griegos (Aristóteles, Euclides), es la manera como presentan la noción de número:

> "El numero espresa de quántas unidades o partes de la unidad se compone una cantidad" (Bails B. , 1779, pág. 2)

En ella se visibiliza la noción de los griegos, quienes ilustran el número como una pluralidad de unidades. De igual forma, una muestra más es la clasificación de números, en la que se especifica: *"si la cantidad está conformada por unidades enteras se llama número entero, si se compone de unidades enteras y de partes de la unidad se llama números fraccionarios y si* *solo consta de partes de la unidad, se llama fracción o quebrado"* (Bails B. , 1779, pág. 2). Finalmente, la no aparición del cero como número complementa los argumentos anteriores, recordando que desde la filosofía griega dentro de sus concepciones no hay cabida al no ser, y en la misma dirección la definición euclidiana de número excluyente del cero y la unidad, establece en "uno" como generador de un proceso inductivo de conformación de un conjunto infinito.

Para la numeración definen los *guarismos* y la representación de los números en términos de unidades, decenas, centenas. También se definen las cuatro operaciones básicas en términos de guarismos. De igual manera los decimales se introducen como valores compuestos por nuevas unidades denominadas décimas, unidades que no provienen de la partición de la unidad de los enteros, porque éstas, en principio son indivisibles. Dichos decimales, son expresados con los mismos guarismos que las unidades simples, pero se ubican al lado del guarismo que representa las unidades simples, hacia la derecha. Similarmente se conciben las centésimas, milésimas, etc.

En esta obra, también se abordan elementos relacionados con la inconmensurabilidad, donde se plantea que "La raíz cuadrada de un número que no es un cuadrado perfecto, se llama un número sordo, irracional o inconmesurable" (Bails B. , 1779, pág. 92), término que en este caso no se puede tomar en el sentido que actualmente se da al número irracional, pues para esta época el universo numérico se reduce a lo que modernamente son los números naturales, excepto el cero y el uno, pues el número es visto como una pluralidad de unidades (Recalde L. , 2012, pág. 20). Sin embargo, se debe reconocer que en los Elementos de Euclides (quienes articularon gran parte de la matemática griega) se han encontrado algunos tratamientos que permiten ubicar allí las raíces conceptuales de los racionales e irracionales.

Del mismo modo, en el texto se esboza entre otros temas, la definición de razón y proporción, las proporciones aritméticas y geométricas con sus respectivas propiedades, así como también se muestra el papel de éstas en el cálculo de medidas de la construcción, el campo militar y la economía, a través de aplicaciones como la regla de tres simple (inversa y directa), compuesta y la denominada "*regla de la compañía*"[81]. Asimismo, se plantea el concepto de

[81] Regla que busca distribuir un número propuesto en partes que tengan entre sí razones definidas (Bails B. , 1779, pág. 146)

logaritmo en términos de progresiones aritméticas y geométricas, sus propiedades y algunas tablas de logaritmos, elementos significativos en el mundo universal de la medida cuya existencia se reconoce en el texto de Bails, pero que no son abordados a profundidad en este trabajo, ya que los intereses de la presente investigación, se encaminan a su lectura en las prácticas de un saber local.

Para cerrar esta parte, se debe tener en cuenta lo manifestado en (Recalde L. , 2012), donde se destaca que los avances en la aritmética se fueron dando a la par con el desarrollo de una simbología potente, se exigía una representación que diera cuenta de las nuevas operaciones y de los "nacientes números". Aspecto que en las matemáticas griegas aún se encontraba en una fase incipiente.

2.2.2.2.2. La Geometría de los Elementos de Matemáticas de Benito Bails

Con el interés de realizar un análisis que conduzca a identificar la geometría subyacente en el texto escrito por Bails, se toma como referente de comparación a los Elementos de Euclides, dado que se han considerado como uno de los monumentos teóricos más preciados de todos los tiempos, además de ser una fina construcción conceptual de visita obligatoria para quien quiera comprender los cimientos históricos de las matemáticas (Recalde L. , 2012).

En los elementos de geometría de Bails, se manifiesta que "El objeto de la geometría es considerar las propiedades de cada una de las tres especies de estension: línea[82], superficie[83] y volumen o sólido[84]" (Bails B. , 1779, pág. 196); aspecto que difiere del propósito planteado por Euclides en los Elementos, cuyo principal propósito manifiesto es establecer una teoría de la medida de figuras rectilíneas. Bails introduce el concepto de punto como "*Una porción de estensión que tuviese infinitamente una poca longitud, latitud y profundidad*" (Bails B. , 1779, pág. 197). Sin embargo, el método axiomático se conserva en el texto de Bails y el método hipotético deductivo es evidente en sus planteamientos. En su nivel explícito se esbozan

[82] Estensión en una sola longitud.
[83] Estension en longitud y latitud solamente.
[84] Estensión de longitud, latitud y profundidad.

definiciones como la de punto, línea curva, línea recta y proposiciones derivadas como la siguiente:

> *"Para determinar la posición de una línea recta, basta conocer dos de sus puntos; de suerte que si se conoce la posición de dos puntos, se conoce también la de toda la línea"* (Bails B. , 1779, pág. 198)

Del mismo modo, en su nivel implícito, pues hace uso de demostraciones para validar lo planteado, además se apoya en principios lógicos y en los tres principios básicos determinados para cualquier teoría científica: el principio de identidad, el principio de no contradicción y el principio del tercero excluido. Por ejemplo, en la siguiente proposición se aplica el principio de no contradicción para comprobar que "Las cuerdas iguales de un mismo círculo o de círculos iguales, subtienden arcos iguales: y recíprocamente los arcos iguales de un mismo círculo o de círculos iguales tienen cuerdas iguales"

> *"Porque si la cuerda DG es igual a la cuerda DF, e imaginamos que se dobla la figura por la línea DA, para que DG se aplique sobre DF, es evidente, que siendo el punto D común, y cayendo el punto G de la línea DG sobre el punto F de la línea o cuerda DF, todos los punto del arco DG se han de aplicar sobre el arco DF: pues si alguno de esos puntos no cayese sobre el arco DF, no estarían todos los puntos del arco DF a la misma distancia del centro A, que todos los puntos del arco DG y por consiguiente todos los puntos de la circunferencia, a que pertenecen estos dos arcos, no estarían a la misma distancia del centro A cuya consecuencia repugna con lo que probamos antes (que todos los círculos de un radio son iguales entre sí)* (Bails B. , 1779, pág. 203)

Se aborda la semejanza de figuras, desarrollada por Euclides en su libro VI: *"Son semejantes dos figuras, quando cada ángulo de la una es igual a cada ángulo de la otra en la* *misma orden, y los lados de la primera son proporcionales á los lados correspondientes de la segunda"* (Bails B. , 1779, pág. 280). También se da a conocer el Teorema de Pitágoras así: *"Si sobre los tres lados AB, BC, AC de un triángulo rectángulo ABC se construyen tres cuadrados BEFA, BGHC, AJLC: el cuadrado formado sobre la hypitenusa será igual á la suma de los cuadrados formados sobre los otros dos",* aspecto ilustrado por Euclides al final de su primer libro. (Bails B. , 1779, pág. 305)

Aparece en este texto, el cálculo de áreas y volúmenes de cuerpos "redondos" continuando la línea del pensamiento Euclidiano, pues se realiza el tratamiento sobre rectas, circunferencias, cilindros y conos, y no alrededor de líneas y superficies en términos generales como lo trataba Arquímedes. Así mismo, no se identifica nociones como la de "concavidad", elemento geométrico novedoso con respecto a la geometría euclidiana que fue introducido por la geometría de Arquímedes (Recalde L. , 2012).

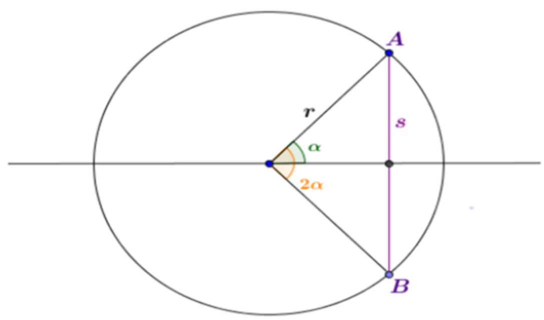
> *"Hemos llamado sólido, volumen o cuerpo todo lo que tiene tres dimensiones longitud, latitud y profundidad… se tratará sólidos determinados por superficies planas y curvas, donde sólo se tratará el cilindro, el cono y la esfera"* (Bails B. , 1779, pág. 321)

2.2.2.2.3. La Trigonometría de los Elementos de Matemáticas de Benito Bails

Definida por Bails como *"El arte de aplicar el cálculo arismético a la geometría, arte de todo punto necesaria para pasar de la teoría a la práctica; porque según se vio yá en la Geometría, para medir las figuras es preciso reducirlas primero á triángulos"* (Bails B. , 1779, pág. 361). Se advierte que en este texto se limitaran a trabajar la Trigonometría plana o rectilínea, cuyo objetivo es enseñar cómo se satisface en todos los casos posibles a esta pregunta: *"Conociendo tres de las seis cosas que en un triángulo rectilíneo se consideran (ángulos y lados), hallar el valor de las otras tres"* (Bails B. , 1779, pág. 261).

Se puede establecer que la trigonometría forma parte de las matemáticas aplicadas de la antigüedad, en este sentido se plantea que la trigonometría abordada por Bails en su texto corresponde a la que proviene de la matemática griega, de la cual Hiparco es el principal promotor y cuyo legado continuó Ptolomeo, plasmado en la principal obra de su autoría: El Almagesto; pese a que evidentemente se usa un lenguaje distinto y Bails emplea los resultados finales de esta teoría.

Según (Dorce 2006, citado en (Mateus, 2013)), se sabe por los trabajos de Hiparco que la trigonometría griega se basa en el concepto de función cuerda, donde dada una circunferencia, el ángulo central α determinado por dos radios y su ángulo doble (2α), se construye una cuerda AB subtendida por éste último, que se denotará Crd[85] (2α) donde:



Crd (2α) = 2s = 2r Sen α

Figura 1. Función de cuerda, instrumento base en la trigonometría griega.

Del mismo modo, relata (Dorce (2006), citado en (Mateus, 2013)) que a la luz de la función cuerda, Ptolomeo construye una tabla de cuerdas para todos los ángulos entre 0° y 180°, calculada de $\frac{1}{2}$ grado en $\frac{1}{2}$ grado[86], teniendo en cuenta la práctica babilónica de dividir la circunferencia en arcos de 360° y su radio en 60 unidades o partes[87], por lo cual se debe usar la notación sexagesimal[88].

Se cree además que Hiparco construyó la tabla de cuerdas con el propósito de dar un método para resolver triángulos al establecer explícitamente las relaciones entre las medidas lineales y angulares en triángulos rectángulos. Aspecto que Bails utiliza como objetivo principal en su texto.

---

[85] El vocablo Crd se refiere a la cuerda.
[86] Hiparco hizo la misma construcción tomando valores de las cuerdas de los ángulos de 7½° en 7½°.
[87] En los cálculos se utiliza el símbolo p, que indica partes o unidades.
[88] Por ejemplo, para el número 3;10,15 en notación sexagesimal, se tiene: (3/600) + (10/601) + (15/602) 3.1708 en notación decimal.

2.2.2.2.4. El Álgebra de los Elementos de Matemáticas de Benito Bails

Su objeto, según lo establecido por Bails, *“Es dar medios para reducir a reglas generales la resolución de todas las cuestiones que se pueden proponer acerca de cantidades”* (Bails B. , 1779).

De acuerdo a la notación que se introduce para representar los términos semejantes, la cual se compone de una parte literal y un coeficiente, haciendo uso de los números enteros y quebrados[89]. El trabajo de Bails se ubica en el campo del Álgebra simbólica, la que habría tenido sus inicios con los trabajos de Vieta, y habría alcanzado su madurez con Fermat y Descartes (Recalde L. , 2012), pero se debe resaltar que aún se continua trabajando con la clasificación asignada a las cantidades[90] en el Tomo I.

> Así por ejemplo, para la sustracción de cantidades algebraicas la regla general es: *“Múdense los signos de la cantidad que se debe restar, esto es, múdese + en – y – en más: súmese esta cantidad, después de hecha esta mudanza, con la cantidad de la cual se la ha de restar, y hágase la reducción”* (Bails B. , 1779, pág. 7).

Sin embargo, es indudable que en el trabajo algebraico descrito por Bails se detecta el desarrollo de un algebra constituida sobre una base aritmética que mantiene cierta distancia del referente geométrico utilizado por los griegos.

Del mismo modo, en este tomo se ilustra la solución de ecuaciones, tema que para los matemáticos del siglo XVI se convierte en un reto, debido a que se requería desarrollar unas matemáticas que estuvieran a la par con las necesidades prácticas (Recalde L. , 2012). En lo señalado por Bails vemos la inclusión de conceptos como cantidades variables, cantidades constantes, cantidades conocidas e incógnitas, buscando indicar los métodos para resolver

[89] Conceptos definidos en el Tomo I y que difieren del significado asignado en la actualidad.
[90] Recordemos que se habla de números enteros, fraccionarios, quebrados, complexas y guarismos.

"*equaciones de primer grado o lineares, equaciones de segundo grado o segunda potencia y equaciones de tercer grado o de tercer potencia".*

En la resolución de ecuaciones lineales con varias incógnitas, Bails hace uso de los métodos de sustitución e igualación. Donde además, se da a las cantidades negativas una existencia tan real como a las positivas, y solo se diferencian de éstas en el sentido de interpretarse de un modo enteramente opuesto. También se hace uso de las operaciones y conversiones entre lo que modernamente llamamos números racionales y mixtos. Un ejemplo de dicho tratamiento se ilustra a continuación:

> *"Tengo tres barras cada una de las quales se compone de oro, plata y cobre. En la primera es tal la aligación, que pesando toda ella 16 onzas, hay 7 de oro, 8 de plata y I de cobre: en la segunda que también pesa 16 onzas, hay 5 de oro, 7 de plata y 4 de cobre. La tercera pesa también 16 onzas, y hay 2 de oro, 9 de plata y 5 de cobre. Quiero sacar con diferentes partes de estas tres aligaciones una cuarta barra que en 16 onzas tenga $4\frac{15}{16}$ de oro, $7\frac{10}{16}$ de plata y $3\frac{7}{16}$ de cobre".* (Bails B. , 1779, pág. 132)

La solución a esta cuestión como es denominada por Bails, inicia asignando las variables *x, y* y *z* al número de onzas a tomar de la primera, segunda y tercera barra. Posteriormente se establece el cuarto término proporcional de oro para la primera, segunda y tercer barra que respectivamente es $\frac{7x}{16}$,$\frac{5y}{16}$ y $\frac{2z}{16}$, de la cual se obtiene la primera ecuación: $\frac{7x+5y+2z}{16} = \frac{79}{16}$ Para la segunda y tercera condición se realiza un proceso similar, llegando a obtener: $\frac{8x+7y+9z}{16} = \frac{122}{16}$ y $\frac{x+4y+5z}{16} = \frac{55}{16}$. Seguidamente, se concluye que por ser el 16 un divisor común de los miembros de cada una de las tres ecuaciones se puede suprimir, obteniendo las tres ecuaciones siguientes: 7x+5y+2z=79; 8x+7y+9z=122 y x+4y+5z= 55. Posteriormente, se acude a lo que actualmente conocemos como método de igualación para llegar a la solución que finalmente define que z=3, y=9 y x= 4. Con lo que se concluye que ha de tomar 4 onzas de la primera barra, 9 de la segunda y 3 de la tercera para que en la nueva barra encuentre $4\frac{15}{16}$ de oro, $7\frac{10}{16}$ de plata y $3\frac{7}{16}$ de cobre.

Existe un tratamiento especial hacia las soluciones negativas, pues se advierte que existe una especie de *imposibilidad* para las *cuestiones*, la cual es relativa y solo *"depende del respecto con que se miran las cantidades, de modo que considerando estas cantidades con cierto respecto, son naturales estas resoluciones, y se deben admitir"* (Bails B. , 1779, pág. 138). Con referencia en esta situación, se destaca que en países como Francia durante la primera mitad del siglo XVIII, hubo varios enfoques para reconocer cantidades negativas como objetos matemáticos legítimos, en particular por interpretaciones del mundo real, tales como deudas vs activos y similares. En tanto que, en libros de texto como el de Bezout, empleados para las escuelas militares, predomina la concepción de transformar lo negativo a algo positivo, postura determinada por una epistemología sustancialista de los objetos matemáticos, donde las soluciones negativas de las ecuaciones eran entendidas como indicadores de supuestos falsos en la hipótesis y por tanto requerían correcciones que permitieran llegar a soluciones positivas. En síntesis, se establece que el modelo de Bezout, adopta una posición ambigua de admitir las cantidades negativas como "reales", objetos legítimos, pero reinterpretando las soluciones negativas como positivas. Por tanto hasta finales del siglo XVIII persistió en Francia una situación de ambigüedad, ya que la opinión hacía hincapié en que las cantidades negativas eran "reales", como las positivas. Secuelas que terminan evidenciándose en textos o prácticas del saber construidas durante la época.

2.2.3. Los Principios Matemáticos de Filosofía Natural de Newton

El libro ***Philosophiae Naturalis Pincipia Mathematica*** editado en 1687, es para la historia de la física probablemente el libro más importante, el cual pese a su complejidad gozó de total aceptación en su época, otorgándole a Isaac Newton un lugar privilegiado en el ámbito académico y político. Igualmente representa un hito metodológico en la historia de la ciencia, pues su estilo absolutamente riguroso permitía ir de lo general a lo particular y concreto del mundo físico; lo cual admite la construcción de un edificio conceptual que elimina y asimila algunos planteamientos para ser integrados en una nueva cosmovisión.

La teoría de los *Principia* en medio siglo, pasa de ser comprendida por unas pocas personalidades de pensamiento excepcional a ser la física experimental que comprenden, practican y comparten todos los físicos de mentalidad y talento promedio, gracias a varios autores interesados en difundir y realizar la reinterpretación de la axiomática Newtoniana sobre el sistema del mundo, entre los que se destaca: ‘sGravesande, Musschenbroek, Boerhaave, Sigaud de la Fond y Nollet. (Arboleda L. , 1987).

En la Nueva Granada se han realizado un sinnúmero de estudios a fin de determinar la influencia de tan importante texto. Al respecto, Víctor Albis[91], asegura que durante el siglo XVIII en la Nueva Granada existieron ejemplares de la edición ginebrina de los *Principia (edición de 1739)* y posiblemente este libro fue consultado por Mutis en la preparación de sus *Elementos de filosofía Natural de 1764 y de su sustentación del Sistema heliocéntrico de Copérnico de 1733*. El proyecto de difusión cultural de la Ilustración tendiente a colmar la curiosidad intelectual de un público creciente, encontró en la difusión de la física experimental un canal privilegiado de realización.

2.2.3.1. Estructura de Los Principios Matemáticos de Filosofía de Newton

Esta descripción se hace con base en el trabajo realizado por Marquina (Marquina, Ridaura, Álvarez, Marquina, & Gómez, 1996), quienes elaboran un análisis sobre la estructura matemática subyacente en los *Principia* de Newton.

Al respecto, la descripción de la obra empieza con un conjunto de definiciones en las que se establecen conceptos tales como masa, cantidad de movimiento, fuerza centrípeta. Seguidamente, en una nota explicativa se aborda los conceptos de lugar, espacio y tiempo, también se hace la distinción entre movimiento absoluto y relativo, verdadero y aparente, matemático y común. Posteriormente aparecen enunciadas como axiomas, las leyes del movimiento. Finalmente Newton plantea seis corolarios en los que principalmente trata el carácter vectorial de las fuerzas, la cantidad de movimiento y el centro común de gravedad.

[91] Conferencia hecha en el Coloquio Conmemorativo Isaac Newton, Medellín – Bogotá 1986.

En los libros primero y segundo, denominado del movimiento de los cuerpos; se desarrolla todo lo relativo a la “gravedad, levedad, elasticidad, resistencia de los fluidos y fuerzas por el estilo, ya sean de atracción o de repulsión” (Newton, 1987, citado en (Marquina, Ridaura, Álvarez, Marquina, & Gómez, 1996, pág. 98)). Aspectos que representan los principios matemáticos en filosofía pues el fundamento está en demostrar el resto de fenómenos a partir de las fuerzas de la naturaleza.

En el libro Tercero, Newton plantea la explicación del sistema del mundo, en el cual a partir de fenómenos celestes y empleando proposiciones matemáticas demostradas, se deducen las fuerzas de la gravedad por las que los cuerpos tienden hacia el sol y hacia los planetas.

2.2.3.2. Las matemáticas de Los Principios Matemáticos De Filosofía de Newton

En cuanto a la estructura matemática, en (Marquina, Ridaura, Álvarez, Marquina, & Gómez, 1996) se establece que la matemática predominante en el primer y segundo libro de los Principia es una compleja estructura conceptual que involucra la geometría tradicional y la teoría de fluxiones, de tal manera que se emplea la geometría tradicional para acercarse a elementos de lo que actualmente es conocido como cálculo. En este caso, por geometría tradicional, se interpreta la teoría axiomática propuesta desde los Elementos de Euclides y todas las dinámicas metodológicas que consigo están inmersas.

Para evidenciar el uso de la geometría tradicional en (Marquina, Ridaura, Álvarez, Marquina, & Gómez, 1996, pág. 3) se referencia el Lema XVII, sección V del libro primero:

> *“Si de un punto cualesquiera P de una sección cónica dada se trazan las líneas rectas PQ, PR, PS, PT según ángulos dados sobre los lados prolongados infinitamente AB, CD, AC, DB de un trapecio ABDC que se halla inscrito en la dicha sección cónica y trazadas la líneas una a cada uno; ocurrirá que el rectángulo de las rectas trazadas sobre los dos lados opuestos PQ x PR estará con respecto al rectángulo de las trazadas sobre los otros dos lados opuestos PS x PT en una razón dada”.*

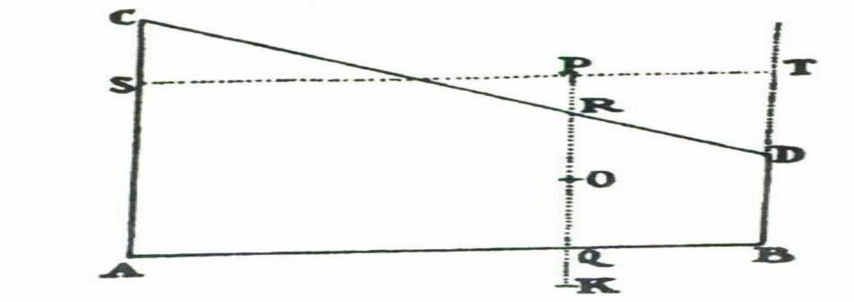


Figura 2. Representación geométrica del Lema XVII, sección V del libro primero en Los Principios Matemáticos De Filosofía de Newton

Como evidencia de la teoría de fluxiones, se enuncia el Lema II, sección I, libro primero:

"Si en una figura AacE comprendida entre las rectas Aa, AE, y la curva acE se inscriben varios paralelogramos Ab, Be, Cd, etc. construidos sobre bases iguales AB, BC, CD, etc. y con lados Bb, Ce, Dd paralelos aliado Aa de la figura; y se completan los paralelogramos aKbl, bLcm, cMdn, etc., si entonces se disminuye la anchura de estos paralelogramos y se aumenta infinitamente el número de ellos: digo que las razones últimas que se dan entre la figura inscrita AKbLcMdD, la circunscrita AalbmcndoE y la curvilínea AabcdE son razones de igualdad". (Newton, 1987, citado en Marquina J y otros, 1996 pp. 782)

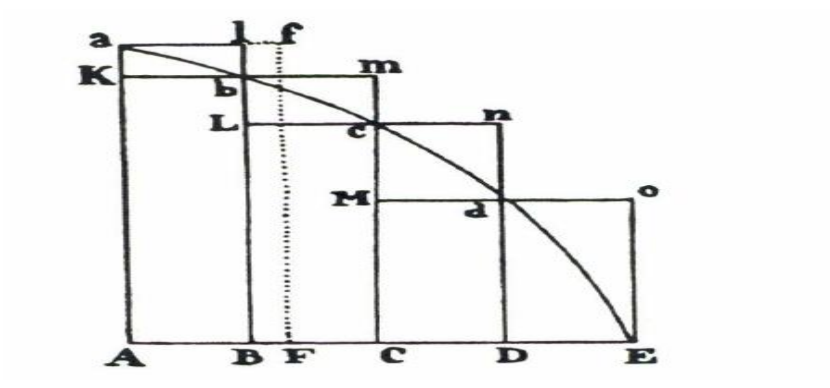


Figura 3. Representación geométrica del Lema II, sección I, libro primero en Los Principios Matemáticos De Filosofía de Newton

2.2.4. Lecciones de Física Experimental de Nollet

Nollet comienza a enseñar en Francia en el año 1730, un curso de física del que se modificaron las especulaciones sistemáticas y las complejidades eruditas de la matemática superior. Simplemente colocaba sobre su mesa sus máquinas, sus palancas, sus mecheros y sus lunetas, y no afirmaba nada que no se tradujera inmediatamente en pruebas de hecho. El éxito fue resonante, ante todo esto la física experimental penetró muy rápidamente.

Las corrientes más importantes de la Física experimental del siglo XVIII, en todos los casos newtonianas, se gestaron básicamente en Francia y en Holanda, y se extendieron luego por diversos países de Europa, como España. Las *Lecciones de Physica Experimental* fue un libro decisivo para el establecimiento paulatino de la nueva Física, presentaba numerosas novedades, como por ejemplo, el estudio parcial que ofrece de la Hidrostática. Se "impuso rápidamente como libro de texto en las clases de física que se crean en las Sociedades de Amigos del País o en las Academias" (Ginés, 1975, pág. 174).

Su amplio uso se debió a la riqueza de experimentos que presentaba, mediante la indicación de la preparación, los efectos y sus aplicaciones, lo que respondía al interés sobre la experimentación en dicha época.

2.2.4.1. Estructura de Las Lecciones De Física Experimental de Nollet

El abate Nollet publicó en 1741 las Lecciones de Física y en 1757 fueron traducidas al español por el Padre Antonio Zacanigni. Esta obra ha sido catalogada como la más clara y metódica conocida en este género, en ella los descubrimientos de Newton sobre la luz están expuestos por primera vez de una manera comprensible para ingenios medianos (Literatos, 1863), además, incluye experimentos sobre electricidad (principal objeto de las investigaciones de Nollet) y también contiene la descripción de los instrumentos de física con el mecanismo de su construcción; la obra en español se divide en seis Tomos, con un total de 2.095 páginas.

En este período los textos de Física experimental evidenciaban cierta heterogeneidad de temas que quedan demostrados en la gran variedad de ramas tratadas en sus contenidos, y principalmente, diversidad de enfoques conceptuales sobre la física. Se consideraba esencialmente, el estudio de la luz, el calor, el magnetismo y la electricidad, campo éste que alcanzó un desarrollo mayor desde Nollet, convirtiéndose en un ámbito de estudio modélico para los físicos experimentales. Entre otros planteamientos, Nollet recurre al estudio de la luz y de sus propiedades para ser modelados en un texto de Física experimental. Todos estos campos formarían parte de la Física experimental, diferenciándose claramente de la Física general, ciencia cuantitativa y exacta, equivalente a la Mecánica. (Rull, 2012)

Entre el contenido de las lecciones se encuentra: En el Tomo I, la explicación de algunos términos geométricos, en su Lección I se aborda secciones relacionadas con extensión, figura, solidez y divisibilidad de los cuerpos; en la Lección II se exponen los conceptos de porosidad, compresibilidad y elasticidad de los cuerpos; en la lección III se explica la movilidad de los cuerpos, sus propiedades y leyes; y en la Lección IV el movimiento simple. En el Tomo II el movimiento compuesto y las fuerzas centrales, en su Lección VI presenta la gravedad de los cuerpos, las lecciones VII y VIII tratan sobre la hidrostática. El Tomo III y IV contienen, la lección IX sobre la mecánica, Lección X, XI y XII naturaleza y propiedades del aire, agua y fuego. Finalmente los Tomos V y VI desarrollan las lecciones XV, XVI, XVII sobre la luz y sus propiedades.

2.2.4.2. Las matemáticas de las Lecciones de Física Experimental de Nollet

Se conoce que si bien en el caso de Francia existía una firme tradición de apoyo a las ideas cartesianas, a finales de la década de 1730 Newton comenzó a ser admitido, estas circunstancias influyeron sin duda en Nollet, considerado uno de los principales difusores de la física experimental en el país Galo. Sin embargo, pese a haber basado su curso de física en la demostración experimental, y a que sus contenidos no difieren sustancialmente con lo tratado por autores Ingleses u Holandeses, algunos principios mencionados y empleados en *Leçons de Physique* (París, 1743), significaron un claro distanciamiento de las posturas defendidas por esos personajes. Así, para Nollet era fundamental no presentarse bajo los

> auspicios de filósofo alguno, ya fuera Descartes, Newton o Leibniz, autores que admira pero que no sigue en las exposiciones estrictamente experimentales de su obra. En su teoría de la materia, en cambio, sigue esencialmente las ideas cartesianas cuando ofrece explicaciones de los fenómenos gravitatorios, eléctricos o magnéticos. Por otra parte, pese a aceptar en el prólogo de su obra una cierta utilidad del álgebra y la geometría, no aparece un solo ejemplo de uso de las matemáticas en sus lecciones, circunstancia que lo diferencia de las prácticas de 'sGravesande, uno de los grandes físicos experimentales holandeses. (Guijarro V. , 2001)

2.2.5. Las Lecciones de Física Experimental de Restrepo

Esta es una producción nacional redactada por José Félix Restrepo para los jóvenes del Colegio Mayor Seminario de San Bartolomé, publicada en 1825 aunque existe evidencia de haber sido redactada muchos años antes [92]. Es el primer texto para la enseñanza de física escrito en el país, el cual, a juicio de (Arboleda L. , 1987) evidencia la maduración en el proceso de incorporación de la física experimental, lo que le permite obtener una opinión favorable, frente a la institucionalización de actividades intelectuales y prácticas, obviamente moldeadas por las condiciones concretas de la periferia. Además, según lo manifestado por (Albis, 1987) es el primer libro de física de corte newtoniano publicado en el continente.

José Félix de Restrepo, quien llegó a Popayán en 1782, cumplió una meritoria labor tanto en la renovación de los métodos de enseñanza, como en los contenidos de los cursos, reflejando tal compromiso a través de la publicación de *Las Lecciones de física*. Pues en palabras de Daniel Herrera: "El texto de Restrepo significa el paso de la física cualitativa de griegos y medievales a la física cuantitativa de los modernos".

En este mismo sentido, Arboleda manifiesta al respecto:

> *"Restrepo ejerció una importante labor en la difusión y enseñanza de la "física nueva"... su magisterio excepcional garantizó en buena medida una línea de*

[92] Se presume que su elaboración inició entre 1778 y 1780 en el Colegio San Bartolomé, continuó en Popayán (1782-1812), luego en la Universidad de Antioquia (1812-1819), y finalmente, en San Bartolomé (1822-1826).

continuidad en la difusión de la física entre dos épocas en conflicto. Las lecciones de física de Restrepo tienen la mayoría de las características que antes se han asignado al texto de consenso en la física experimental en la metrópoli. Además, fue manual para la enseñanza oficial de física en el país por un largo periodo". (Arboleda, 1987, citado en (Rodriguez, 1996)).

Se destaca que el plan de conquista del universo trazado por Restrepo, pasa por la Aritmética, la geometría, las ciencias físicas (óptica, química, metalurgia e ingeniería). En cuanto a referentes, (Herrera, 1991) establece que *las Lecciones de Física Experimental* de Nollet sirvieron de guía a Restrepo en las primeras 187 páginas de su obra y también fue enriquecida con la ayuda de otros autores como Newton, Musschembrocck, Huyghen, 'sGravesande, Keppler, Paulian, Reaumer, Wolff, Brison, y Jacquier, algunas de cuyas obras son citadas textualmente.

Al respecto, de autores como Boerhaave, 'sGravesande, Musschenbroek, Nollet, Franklin y Priestley, (Arboleda L. , 1987) manifiesta que construyeron las obras "Newtonianas" más influyentes de la física experimental, pero además se destaca que éstos no compartían un discurso unitario sobre la filosofía natural, pues cada uno de ellos fue construyendo su discurso a partir de una reinterpretación original de lo que podía llamarse la axiomática newtoniana sobre el sistema del mundo.

2.2.5.1. Estructura de las Lecciones de Física Experimental de Restrepo

Las Lecciones de Física Experimental contienen 36 lecciones en las que dan a conocer el saber científico de la época: física, geografía, astronomía, fisiología, biología y química.

En sus primeras XXI lecciones se realiza la exposición de la física basada principalmente en las ideas de Newton, entre otras, la descripción de las propiedades generales de los cuerpos y su movilidad, la determinación de las fuerzas, la gravedad y sus leyes, principios de la estática, principios de la mecánica, máquinas mecánicas, la luz y sus propiedades, principios de la óptica, la catóptrica y la dióptrica, la teoría de los colores, la hidrostática, la naturaleza del aire y el fuego, hasta el agua y sus propiedades.

La segunda parte comprende las lecciones de la XXII a la XXVII, abordando la geografía, astronomía y el sistema del universo, ofreciendo algunas nociones de física y extendiéndose en la exposición del sistema del universo[93]. Entre las lecciones presentadas se describe los círculos de la esfera celeste, magnitud de la tierra y fenómenos que de allí resultan, el sistema del universo, la naturaleza del sol y la luna, sobre los demás planetas y las estrellas fijas.

La tercera parte comprendida entre la lección XXVIII y la XXXIII, discute la naturaleza de los cuerpos animados y los diferentes géneros de vida: la vegetativa, la sensitiva y la inteligente. Entre las lecciones establecidas se resalta las relacionadas con los cuerpos animados y las plantas, el cuerpo humano y sus principales partes, la circulación de las sangre y la respiración, y una lección dedicada a la cuestión del alma de las bestias.

La parte final constituida por las lecciones XXXIII, XXXV y XXXVI, retoma temas de física relacionados con el magnetismo, la electricidad y galvanismo. En sus lecciones (entre algunos aspectos) aborda, la naturaleza del magnetismo, sus propiedades, causas de la electricidad, nociones comunes y experiencias con electricidad, definición de galvanismo, experimentos y experiencias. Sobre esta parte final, en (Herrera, 1991), se asegura que para la exposición del magnetismo recurre a Brison y de manera especial a Paulian, quien es el guía principal para la exposición de la electricidad.

[93] Cabe destacar que la exposición realizada por Restrepo en estas lecciones es en términos netamente científicos, dejando de lado las discusiones de tipo ideológico o metafísico, tan frecuentes en el ambiente santafereño de la época

2.3. Introducción de las matemáticas en las aulas neogranadinas y la incidencia de los libros de texto en su proceso de constitución

Las prácticas del saber emergentes de libros de texto empleados en las aulas neogranadinas y fuera de ellas, indican el camino trazado durante el proceso de conformación de cualquier pensamiento, particularmente en la presente investigación se centra la atención en la cultura matemática tejida en la Nueva Granada durante la época colonial Ilustrada. Por lo cual, a través de los análisis realizados anteriormente, se puede establecer que el tipo de prácticas introducidas en las cátedras neogranadinas no permitieron impulsar un estudio de las matemáticas desde su propia naturaleza. Pues entre algunos aspectos, se identifican procesos de hibridación entre varias perspectivas de pensamiento que confluyen durante la colonia en este país, procesos de construcción de sentido generados alrededor de los conceptos, teorías e intereses políticos y sociales que coaccionan la negociación entre saber y contexto.

El interés por una ciencia como las matemáticas, se ve ligado a la necesidad de implementar las ciencias útiles y por tanto es común la circulación de obras enciclopédicas con información general. A pesar de que el cultivo de las matemáticas hubiese favorecido la implementación de teorías más profundas y complejas (que se promovían por la época en otros espacios académicos mundiales), por el contrario, sólo se usaron para acceder y comprender las ciencias naturales, particularmente la física. En esta dirección, se puede determinar que la mayoría de textos que circularon en la Nueva Granada, estaban encaminados a ilustrar acerca de las bondades de comprender los fenómenos naturales y sus aplicaciones a través de su experimentación y la aplicación de conceptos matemáticos básicos.

Asumir ésta postura frente a las matemáticas, evidencia que los neogranadinos no se inclinan hacia la profundización de conocimientos que permitan descubrir la naturaleza de las matemáticas sino que terminan realizando procesos de hibridación conceptual, donde el modelo matemático, es visto como una ciencia universal de la medida y el orden. Todo este asunto se ve permeado por los intereses circundantes en el país durante la época, los cuales inminentemente terminan definiendo el nivel de importancia dado a las matemáticas en el currículo.

En conclusión, la identificación del papel asignado a las matemáticas en las aulas neogranadinas de la época colonial ilustrada, se debe focalizar en la perspectiva matemática empleada por parte de los intelectuales de la época, para presentar las teorías y en las prácticas que lograron construir a partir de dicho conocimiento.

CAPITULO III. Insumos para la constitución del pensamiento científico neogranadino

Hacia mediados del siglo XVIII en el campo educativo (por iniciativa de los criollos) se adelantan en la ciudad de Santafé y en otras latitudes, actividades tendientes a aclimatar los contenidos ilustrados. Por tanto, el pensamiento ilustrado permeaba las principales Universidades de la Nueva Granada y su difusión empezaba a producirse a través de autores europeos promovidos desde diferentes cátedras de estudio. Con esto, la visión de la ciencia era renovada y despertaba el interés de varios intelectuales neogranadinos, quienes veían en ella, una herramienta para la exploración y evolución de su país. Tal es el caso de José Félix de Restrepo, quién formado académicamente bajo condiciones de renovación ilustrada, se preocupa por cultivar y difundir desde su cátedra este conocimiento, a tal punto de ser considerado el pedagogo innovador más importante y convertirse en el autor de la única producción intelectual de la época, que sin duda refleja actitudes propias del ejercicio de la docencia en Popayán, donde se desarrolla el estudio de diversas ramas de la ciencia, entre ellas, la física, la astronomía, la mecánica, la biología y la química.

Para las afirmaciones hechas en este capítulo, se parte de la concordancia existente con los planteamientos realizados en (Arias de Greiff, Arboleda, & Espinosa, 1993), donde se puntualiza que la aparición de una obra de difusión o un texto de enseñanza es un acontecimiento de carácter científico y cultural, y que su localización histórica en la periferia es un instrumento metodológico para la reconstrucción de actividades intelectuales en un periodo determinado. Reconociendo que el texto en la periferia no es significativo en la incorporación de una teoría solamente porque su contenido sea moderno con respecto a un paradigma dominante, sino que los obstáculos interpuestos por el medio local a la función natural del texto de promover el saber, desempeñan un papel esencial en los procesos de construcción de una cultura académica.

En consecuencia y de acuerdo con los argumentos mencionados en el párrafo anterior, Las Lecciones de Física de Restrepo para este estudio, son consideradas como un insumo fundamental de análisis, pues el texto es interesante no solo porque es portador de un discurso científico moderno para la época sino porque funge como representante de las ciencias y de la cultura histórica de la Nueva Granada en la que fue constituido. Este texto aparece como representante de la consolidación del pensamiento científico neogranadino (iniciado en 1740 y culminado aproximadamente en 1820) contra el pensamiento peripatético, cuya esencia se concentra en la institucionalización de actividades intelectuales y prácticas donde la física experimental obra como columna vertebral. Su concepción de ciencia, al igual que los modernos de la época, se encamina a ser un discurso crítico y progresivo que acude a interrogar la realidad desde un lenguaje matemático, y descifrar las respuestas según las leyes de la medida, el cálculo y la interpretación matemática.

Adicionalmente, un aspecto a tener en cuenta es la trayectoria de José Félix de Restrepo, un ilustrado perteneciente a las primeras generaciones de neogranadinos que por influencia directa de Mutis rompieron con la física escolástica, quien ejerció una importante labor de difusión y enseñanza de la "física nueva" en la capital y en la provincia. La propuesta que en materia educativa planteó Restrepo en el Colegio Seminario de Popayán, se desarrolló en la cátedra de filosofía, cuya estructura obedece a la del corpus aristotélico[94] pero con innovaciones que demuestran no haberse sometido pasivamente a una repetición mecánica de los contenidos expuestos. Al respecto se puede citar entre otros, que existía una diferencia marcada entre la propuesta aristotélica para la enseñanza de la lógica y la forma como debía enseñarse esta materia de acuerdo con Restrepo, para quien, sin desdecir de los aportes del griego en la formulación de los elementos fundamentales de la disciplina, se apoya en otros criterios para complementar su enseñanza, en especial las matemáticas, materia que no se hallaba incluida en los estudios clásicos sobre la lógica (Uribe J. , 2010).

Similarmente, es conocido que el pensador que sirve de guía a Restrepo, pero solo en lo concerniente a la física, es el abate Juan Antonio Nollet, Aparte de él, Restrepo se apoya en otros científicos como Kepler, Paulian, Reamur, Wolf, Huygens, Newton y Muschenbroek. Sin embargo, (Herrera, 1991) destaca que, Restrepo supo recoger elementos en diversas formas para darle al conjunto una coherencia lógica y sistemática, a partir de un principio superior que no fue otro que el de la confirmación por parte de la razón, la experiencia y la utilidad pública.

[94]La cátedra empezaba por la asignatura de lógica, continuaba con la de metafísica y terminaba con la de física.

La elección del texto denominado las *Lecciones de Física* de José Félix Restrepo, se fundamenta en varios aspectos, en primer lugar, dado que es el primer texto autóctono de física experimental en la periferia colombiana, en segundo lugar, porque es un texto que se obtiene como producto de la enseñanza de la física por parte de Restrepo en instituciones educativas del periodo colonial, es decir, recoge aspectos de la práctica pedagógica del autor, y en tercer lugar, debido a que su obra recopila el impacto de la influencia de autores extranjeros representantes del pensamiento científico de la época y revela la posición característica de los intelectuales frente a las corrientes que se tejían en este ámbito. Cuestión importante de la cultura local, que converge en una actitud de hibridación que revela Restrepo en sus *Lecciones de Física*, las cuales señalaron el paso hacia la ciencia moderna, de carácter cuantitativo, y en la cual las matemáticas, la geometría y la astronomía, dejan de ser valores de carácter especulativo y en la que a través de la experiencia se somete lo que es susceptible de ser medido y objeto de cálculo.

Asimismo, este ilustrado neogranadino fue profesor de un buen número de precursores y gestores de nuestra emancipación, entre los que se cita a Francisco José de Caldas, los hermanos Torres (Camilo, Ignacio y Jerónimo), José María Cabal, Joaquín Caicedo y Cuero, entre otros. Quienes fueron inducidos al camino de la “nueva ciencia” por los conocimientos impartidos desde la cátedra de Restrepo, en el sentido de haber dinamizado procesos de traducción e interacción cultural que contribuyeron a la correlación entre la teoría y las condiciones del medio local, hasta poder alcanzar una opinión paradigmática relativamente consistente que permitió el ingreso de la física como pensamiento armónico en la sociedad neogranadina. Aunque se reconoce que la enseñanza de Restrepo fue solo un vector de formación de pensamiento en física y en las matemáticas, pues los criollos neogranadinos enfrentados en la práctica a la necesidad de resolver problemas de ordenar y medir el territorio, también adquirieron conocimientos a través de sus propias lecturas. No obstante, se debe reconocer que los primeros pasos se dieron al interior de las aulas, con las reformas impulsadas desde 1742 y con el trabajo realizado por catedráticos como Restrepo, cuyo magisterio excepcional garantizó en buena medida una línea de continuidad en la difusión de la física entre dos épocas en conflicto.

Complementariamente, se acogen los presupuestos de Gert Schubring, donde se plantea que la producción de conocimiento matemático de cada país ya sea metropolitano o periférico, se encarga de construir una cultura matemática propia a partir de un estilo nacional que se enmarca en los intereses políticos y socioculturales de la época, además de los procesos comunicativos que hayan logrado establecer con otras comunidades académicas. La circulación del conocimiento matemático entre los diversos países no es un acto libre y transparente en el cual los conceptos se mantienen intactos, sino que ellos son percibidos de acuerdo a unas valoraciones culturales y epistemologías subyacentes, y globalmente, los sistemas educativos como unidades básicas de comunicación, establecen un conjunto de valores sociales y epistemológicos que hacen que la comunicación al interior de esos límites sea fluida y no haya obstáculos en la circulación del conocimiento.

Por tanto, dado el papel que asume José Félix Restrepo como defensor y dinamizador de la "nueva ciencia" desde las aulas universitarias neogranadinas, se establece que las prácticas planteadas en *Las Lecciones de Física*, son un elemento representativo del paradigma del pensamiento matemático de la época colonial en la Nueva Granada, pues el interés de su autor se centra en la medición y el orden de fenómenos naturales donde indiscutiblemente la matemática cumple un papel fundamental. Además, de su trabajo en las aulas se derivan prácticas que es posible documentar, como por ejemplo, las 29 tesis de física defendidas por estudiantes durante las conclusiones públicas presentadas en el Colegio Seminario de Popayán (1782-1789). También los avances y proyectos logrados por discípulos como Caldas[95], quien continua cultivando su espíritu científico, y a finales de la época colonial, plantea investigaciones meteorológicas a partir de una lectura sistemática de Sigaud de la Fond, que le permite desarrollar modelaciones matemáticas originales de fenómenos físicos, en donde empleó correlaciones entre medidas barométricas, de temperatura y alturas de las montañas.

En este sentido, el presente capítulo tiene como finalidad describir y analizar algunos contenidos incorporados por el autor neogranadino en sus *Lecciones de física*, también establecer sus principales referentes conceptuales, la forma de presentar los conceptos matemáticos y las prácticas del saber impulsadas desde el texto. Elementos que finalmente, proporcionarán insumos

[95] Por fortuna me tocó un catedrático ilustrado que detestaba esa jerga escolástica que ha corrompido Jos más bellos entendinlientos; me apliqué bajo su dirección al estudio de la aritmética, geometría, trigonometría, álgebra y física experimental, porque nuestro curso de filosofia fue verdaderamente un curso de física y matemáticas... Me entregué a cultivar los elementos que había recibido en el curso de filosofía. Conocí que éstas no eran sino las semillas de las ciencias**!. *Cartas de Caldas.* Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá, 1978, p. 99.**

para la identificación del estilo propuesto por Restrepo durante el proceso de consolidación de las ciencias en la Nueva Granada.

Ahora bien, para iniciar se reafirma que el proceso de construcción y escritura de las *Lecciones de Física* de Restrepo, se da en una época donde la física vivió un periodo de dispersión que obligó la coexistencia de la teoría aristotélica con teorías como la newtoniana y la experimental, las cuales buscaban impulsar la faceta práctica de la física, ligada con el desarrollo de las matemáticas y el saber racionalista (Herrera, 1991). Por tanto, tomando como antecedente la historiografía construida a lo largo del capítulo I, se procede a caracterizar las principales corrientes de pensamiento científico que convergen durante la época colonial en la Nueva Granada.

3.1. Corrientes de pensamiento científico en la época colonial

Durante la etapa de formación comprendida entre 1580 y 1736, la física dominante en los centros de educación superior estaba articulada en torno al corpus aristotélico. Dicha disciplina, agrupaba los estudios referentes a la naturaleza, desde el mundo sublunar hasta el supralunar, pasando por la clasificación de los animales, plantas y minerales, finalizando con el examen del hombre. Esta física muy difícilmente admitía la experimentación y mucho menos el uso de las matemáticas.

Entre tanto, es conocido que a lo largo de la época ilustrada, las ciencias sufren una transformación fundamental en sus métodos y contenidos. La física se ve permeada por los intereses de la época, tejidos alrededor del progreso de las ciencias, su utilidad, el poder de la razón humana para acceder al conocimiento, la experimentación y fundamentación de los fenómenos de la naturaleza, motivo por el cual el nuevo modelo de filosofía natural abre paso a nuevas corrientes de pensamiento.

De esta manera, la física experimental, ingresa como una disciplina que incorpora los hallazgos y logros de la revolución científica, donde el adjetivo "experimental" indicaba la defensa de la superioridad de su método, basado en la observación y la comprobación de las hipótesis, desafiando la productividad de las prácticas argumentativas de los antiguos (Guijarro V. , 2001). Por su parte, la física newtoniana se asocia indicando la posibilidad de una profunda compenetración entre la naturaleza y el entendimiento humano, revelando con su método una táctica que parte de la observación y el procedimiento, y conduce por medio de generalizaciones inductivas a la formulación de principios (Pérez, 2003).

3.2. Corrientes de pensamiento científico en la época colonial ilustrada neogranadina

Con el establecimiento de los enfoques conceptuales de un grupo de obras de amplia circulación en la Nueva Granada a partir de la descripción general de sus contenidos y el estudio comparativo de las escuelas de pensamiento de sus autores, se logra determinar la existencia de varios aspectos en común que ingresan al ambiente académico de la época. Se destaca en este sentido y en primer lugar, el interés por formalizar la explicación sobre el movimiento de los cuerpos. En segundo lugar, el significado dado a conceptos como espacio, tiempo, fuerza y los conocimientos matemáticos involucrados en el desarrollo de esas temáticas. Finalmente, como factor decisivo está la existencia de un método característico de cada una de las corrientes mencionadas; pues por ejemplo, la física newtoniana está supeditada al modelo racionalista que explica desde la teoría los procesos físicos donde prescribe el cómo de la producción científica, la objetividad y el sentido de la realidad, resultado de dicha práctica científica, delimitada con respecto al modelo inductivo del empirismo de la física aristotélica que se agota en la analítica del movimiento local.

Por otra parte, se establece que en los planteamientos de algunas de las corrientes estudiadas, subyace el concepto de "filosofía experimental", el cual difiere significativamente. Por ejemplo, en la propuesta Newtoniana, hace referencia a la metodología que garantiza la exclusión de las hipótesis de la filosofía natural y la exigencia de que las proposiciones en filosofía experimental sean deducidas de los fenómenos generales y se hagan generales por inducción. En tanto en lo expuesto por los experimentalistas, ésta asume a la experimentación como vía de indagación de la naturaleza y como recurso demostrativo de las teorías, lo cual da pie a la creación de distintas corrientes al interior de la física experimental, pues algunas de ellas hacen uso de las matemáticas para la validación de fenómenos de la naturaleza, mientras otras como la física experimental (seguida por el Francés Nollet) se apartan de estos planteamientos.

En este sentido y para proporcionar mayores herramientas en la ilustración de los aspectos mencionados, se hace la descripción de las tres corrientes convergentes durante la época colonial ilustrada neogranadina: la física aristotélica, la física experimental y la física newtoniana. Anticipando que finalmente, en la Nueva Granada se generó un fenómeno de hibridación alrededor de estas escuelas.

3.2.1. La Filosofía Natural Aristotélica

Inicialmente cabe destacar que lo mencionado a continuación sobre la física Aristotélica, ha sido retomado de investigaciones cuyo objetivo es integrar las ideas dispersas que se pueden encontrar en la literatura acerca del mundo físico de Aristóteles. Entre dichos trabajos se referencia a (Duarte, 2011), (Lombardi, 1997) y (Torres, 2009).

La física Aristotélica fue la más popular de la Antigua Grecia, dado el reinado absoluto que tuvo por más de dos mil años hasta que Galileo la refutó completamente en el siglo XVII. Su filosofía naturalista le permitió descubrir y explicar la verdad sobre la naturaleza apoyándose en la lógica[96] como método filosófico; Aristóteles consideraba que las leyes de la naturaleza se podían deducir partiendo de reflexiones intuidas por la observación de un fenómeno determinado. Por consiguiente, su física está más próxima al uso del llamado "sentido común", con lo cual para descubrir las leyes no consideraba importante la experimentación (Duarte, 2011, pág. 65).

Otra característica para destacar es que el espacio aristotélico era finito y se encontraba limitado por la superficie externa de las estrellas fijas, era un espacio no homogéneo y anisótropo. La teoría aristotélica del movimiento se enmarca en una teoría general del cambio, que pretende dar cuenta de variaciones de distinta índole, aún cuando se trate de cambios

[96] Asumida como el conjunto sistemático de reglas para razonar y encontrar la verdad.

cualitativos que no es posible expresar en términos numéricos. Teoría que a su vez se correlacionaba con una concepción de causalidad, asumiendo que el conocimiento tiene como prioridad conocer las causas de lo que es y lo que acontece.

En el estudio de la mecánica, se analizaba el movimiento de los cuerpos a partir de dos tipos: el movimiento de los cuerpos celestes, al cual están sujetos los astros y el de los cuerpos terrestres, aquel realizado por los cuerpos que yacen en la tierra y distingue cuatro tipos de causas: formal, material, eficiente y final.

El movimiento celeste se describe sobre la tesis de la tierra inmóvil, radicalmente ajena al concepto de planeta y donde el movimiento circular cobra total relevancia sobre el rectilíneo, pues se cataloga como "un movimiento infinito y eterno ya que no puede distinguirse en el mismo un punto de partida, uno final o uno intermedio"; también porque para Aristóteles el cielo estaba compuesto de éter "un elemento eterno que se mueve con movimiento circular y no está sujeto a cambio como los otros cuatro elementos de naturaleza terrestre". La causa principal del movimiento de las esferas celestes es atribuida a un ente divino, motor o causante principal[97].

El movimiento terrestre depende de los componentes entremezclados (fuego, aire, tierra y agua) que constituían los objetos de naturaleza terrestre. Así, los que contenían fuego y aire tenían la propiedad de la "ligereza", por lo cual su movimiento natural es hacia arriba, intentando huir del centro del universo pero sin traspasar la esfera terrestre, en cambio tierra y agua tienen la propiedad de la pesadez, que indica su movimiento natural hacia abajo, intentando llegar al centro del universo. Además, el movimiento de los cuerpos terrestres es clasificado en natural y forzado, donde palabras como "fuerza, fuerza motriz o potencia" son empleadas indistintamente para describir la causa del movimiento y en este marco el concepto de interacción se encuentra totalmente ausente, pues el objeto sobre el cual actúa la fuerza es pasivo. (Lombardi, 1997)

El universo Aristotélico estaba totalmente lleno, *plenum*, y solo es posible el movimiento por contacto, se caracterizaba además porque sus conclusiones físicas se encuentran

[97] Este filosofo apoyado en los trabajos matemáticos de Eudoxo, define que la esfera celeste se divide en cincuenta y cinco sub-esferas, que giran alrededor de la tierra en forma circular uniforme pero a una velocidad diferente con relación a las otras y arrastran consigo los diversos cuerpos celestes.

generalmente expresadas no como leyes sino como reglas de proporcionalidad. Sin embargo, se aclara que tales reglas de proporcionalidad no tienen el alcance de una ley física tal como se concibe actualmente, por el contrario, tiene un rango de validez limitado en función de las magnitudes involucradas (Lombardi, 1997).

La fuerza está en el mismo cuerpo y es entendida como la tendencia intrínseca de permanecer y conservar su lugar natural, de esta forma, el peso no es una propiedad de relación entre dos cuerpos. Finalmente, se recalca que la totalidad del sistema aristotélico se encuentra profundamente arraigado sobre una base metafísica que brinda unidad y coherencia al conjunto.

3.2.2. La Física Experimental

La física experimental cuya caracterización se realiza teniendo en cuenta los aportes de (Quintás, 1995), (Grobet, 2005) y (Guijarro V. , 2001), puede ser descrita como una corriente que se consolida en el siglo XVIII bajo el impulso de ideas y resultados introducidos en los siglos anteriores por Bacon, Descartes, y Newton, con los cuales se buscan nuevas manera de investigar la naturaleza. Era un instrumento que buscaba superar las teorías basadas en el Aristotelismo y el estudio de la naturaleza guiado por la disputa verbal. De esta manera, Bacon propuso la realización de experimentos para interrogar al mundo, Descartes la suficiencia del poder deductivo de la razón para explicarlos y Newton se dedicó a poner en práctica una brillante síntesis de experimentación y formalismo matemático.

En general, esta disciplina se caracterizó en primer lugar porque el alcance de sus contenidos era más concreto que el enfoque antiguo, pues se dejaba de lado las investigaciones sobre el mundo orgánico y las referidas al hombre. En segundo lugar, se defendía el uso de las matemáticas como modo de representación de las regularidades de la naturaleza. En tercer lugar, se tomaba como fundamento una teoría de la materia basada en alguna de las versiones de la filosofía mecánica corpuscular. Finalmente, en cuarto lugar, inducia la experimentación como una vía de indagación de la naturaleza y como recurso demostrativo de la teoría. (Quintás, 1995)

El adjetivo "experimental" que acompañaba el estilo de hacer física se vio permeado por algunas particularidades, como el papel preciso asignado a las matemáticas o el uso y alcance de la experimentación; situación que desencadena durante este siglo la convivencia de tres corrientes de pensamiento con finalidades distintas: la *mecánica práctica, la física experimental matemática y la física experimental en sentido estricto.*

La mecánica práctica está incorporada en la física general y su propósito era comprobar la aplicación de principios matemáticos a situaciones reales. Por su parte, la física experimental matemática empleó los experimentos para determinar propiedades generales que luego pudieren ser matematizadas, similarmente a lo que lo hizo Newton con su teoría sobre óptica. Finalmente, la física experimental, cuya difusión y desarrollo permitió la realización de importantes descubrimientos en la filosofía natural, se fundamenta en un método cuyos procesos internos estaban condicionados por la base empírica obtenida de las observaciones y que informaba aproximadamente sobre la posición y movimiento de las partículas. Pero por otra parte, el nivel de generalidad se conseguía debido a que solamente se empleaba un número finito de propiedades (masa, posición y algunos derivados como la elasticidad) de las que dependía la amplia variedad de las cualidades sensibles. A su vez, el experimento, constituía una parte esencial de esta postura epistemológica, servía para confirmar la verosimilitud del mecanismo propuesto. (Guijarro V. , 2001).

Cabe subrayar que dentro de esta línea, las matemáticas cumplían un papel específico y limitado: reflejar mediante proporciones observadas. Por tanto, las variables no representaban cuantitativamente algunas de las propiedades generales, como lo hacían los físicos experimentales matemáticos, ya que esto supondría tomar como fundamental para la explicación algo inaccesible, ideal, hipotético y fuera del alcance de los sentidos o de la capacidad de detección mediante los instrumentos.

Por ejemplo, para Musschenbroek (físico experimentalista) en el caso de determinar la fuerza magnética se debe atender al efecto global producido por el objeto que tiene esa propiedad. Mientras que la propuesta de Coulomb (físico experimentalista matemático) partía de la consideración de cada uno de los polos como centros de fuerza separados, paso previo para lograr su finalidad, lo cual significaba atribuir una propiedad constante a una entidad microfísica, fuera del alcance de los sentidos. (Guijarro V. , 2001)

La finalidad de la física experimental no fue el establecimiento de leyes sino ofrecer dentro del marco conceptual corpuscularista un modelo mecánico que diera cuenta de los hechos. Entre los principales autores de esta corriente se tiene al francés Nollet y a los holandeses ‘sGravesande y Musschenbroek. Se destaca que aunque los contenidos de la obra de Nollet no diferían con respecto a los autores holandeses, la aplicación de principios como la aceptación de las ideas cartesianas en sus explicaciones sobre fenómenos gravitatorios, eléctricos o magnéticos, supuso un distanciamiento con respecto a los holandeses (Guijarro V. , 2001, pág. 114).

3.2.3. La Física Newtoniana

Esta física al igual que la física Aristotélica, cuenta con un sin número de literatura que da cuenta del gran impacto que generó Newton con cada una de sus invenciones. A continuación se menciona algunas de los documentos que sirvieron de insumo para la elaboración de la siguiente síntesis: (Araque, 2010), (Casas, 1996), (Castro & Pérez, 2004), (Gómez & Harquina, 1984), (Pérez, 2003), (Shapiro, 2007) y (Olivárez, 1987).

El espíritu científico de la Inglaterra de Newton estaba dominado por una concepción utilitarista de la ciencia. El empirismo baconiano imponía una búsqueda de explicaciones físicas de los fenómenos que surgieran de la experiencia, y el papel de la matemática se circunscribía al de ser un mero auxiliar técnico; ella jamás podría aspirar a las explicaciones de los fenómenos naturales porque su esencia es la de ocuparse de entes abstractos.

En palabras de (Casas, 1996), la física clásica de Newton da el toque final al esfuerzo que desde los Griegos se hace por comprender la dinámica del universo y es el inicio de una nueva actitud del pensamiento hacia la naturaleza: dada la independencia asignada a la razón en este marco, bajo un control continuo de la experiencia y en la búsqueda comprobada de las leyes del funcionamiento de la naturaleza.

De acuerdo a (Granés & Sierra, 1989), para Newton partir de la experiencia es ante todo atender a los aspectos formales, matematizables de ella, es poder establecer principios según los cuales se puedan involucrar leyes que expresen las relaciones necesarias en las regularidades de la naturaleza. También se destaca que la explicación matemática newtoniana no expresa la naturaleza de los fenómenos físicos, sino el modo de manifestarse, la génesis y desarrollo de ellos. La filosofía experimental[98] introducida por Newton tiene poco que ver con el experimento sino que más bien hace referencia a la ciencia empírica, en esta filosofía las proposiciones se deducen de los fenómenos y se hacen generales por inducción, por tanto, Newton descarta completamente las hipótesis[99] de su filosofía natural (Shapiro, 2007).

Es así como fundamentado en la base del proyecto racionalista del siglo XVII, define un sistema que consta de puntos dotados de masa y sometidos a fuerzas, cuyo movimiento se expresa mediante velocidades y aceleraciones, no se habla de tierra o sol, sino de puntos. La velocidad, la aceleración, la fuerza y la masa, son magnitudes que se definen matemáticamente. Por consiguiente, Newton concibe un espacio infinito e ilimitado, en su mayor parte vacío, donde se ubican y mueven los objetos, así el espacio newtoniano es la expresión física del espacio euclídeo, infinito e ilimitado en todas sus direcciones; es físicamente neutro, esto es, un sustrato inerte para todos los cuerpos. El método que Newton plantea desde el prefacio de los *Principia*, consiste en:

> *"A partir de los fenómenos del movimiento, investigar las fuerzas de la naturaleza, y después, a partir de esas fuerzas, demostrar los demás fenómenos"* (*Principia*, Prefacio) (Citado en (Olivárez, 1987)).

En el sistema establecido por Newton, la *causa del movimiento* es una ley que permite explicar ordenadamente los diversos fenómenos, es decir, el mundo y la naturaleza. Por lo que en relación con esta, conocer significa extraer de ella (mediante la observación) sus leyes generales y escribirlas matemáticamente. Se impone la homogenización y estandarización de los cuerpos y

[98] Newton conscientemente había evitado utilizar el término "filosofía experimental" hasta comienzos del siglo XVIII cuando introdujo aquel término para defender su teoría de la gravedad, contra la crítica de cartesianos y leibnizianos.

[99] Asumida por Newton para significar sólo una proposición tal que no es un fenómeno ni se deduce de ningún fenómeno, sino que se asume o se supone sin ninguna prueba experimental (Shapiro, 2007).

su reducción a “puntos de masa” en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme, dentro del marco del espacio y del tiempo absolutos.

La obra newtoniana, teoría general del movimiento, es la primera gran unificación del conocimiento, la unidad de la física del universo y de la tierra. Por tanto, lo que llamó Newton los principios matemáticos de la filosofía natural, son el resultado de la extracción e inclusión de los fenómenos del movimiento de los cuerpos naturales y de aquellas relaciones y propiedades comunes. Por ejemplo, la ley de inercia racionaliza desde el pensamiento matemático las condiciones que posibilitan la interpretación del movimiento de los cuerpos sometidos a fuerzas en el espacio isomorfo.

De manera general se tiene que el método de la física impulsada por Newton sugiere, en primer lugar, el uso del razonamiento hipotético-deductivo entendido como las conjeturas que son planteables y comprensibles desde los principios axiomáticos y por lo mismo son garantía de explicación, de predicción, de precisión y de investigación. En segundo lugar, el tratamiento matemático de la experiencia, de antemano el saber matemático anticipa los resultados y sus mediciones a través de la representación matemática de sus hipótesis. Finalmente, en tercer lugar, el recurso del experimento o momento de la confrontación empírica o verificación, donde se reconoce la subordinación de la experiencia a la teoría. (Araque, 2010).

Isaac Newton publicó su tratado *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* en tres ediciones (la primera en Londres en 1687, la segunda en Cambridge en 1713 y la tercera también en Londres en 1726). Los principia pese a ser una de las obras maestras de Newton, su influencia en el siglo XVII quedó atenuada por la complejidad matemático-formal que encerraba.

3.3. Análisis sobre Las Lecciones de Física de Restrepo

Retomando el objeto de desarrollo de este capítulo, cuyo interés se centra en la caracterización de actividades intelectuales postuladas en las Lecciones de Física de Restrepo. Se circunscribe como temática de análisis: la mecánica; principalmente porque es un concepto alrededor del cual durante el siglo XVII se movilizó el pensamiento científico europeo, alcanzando grandes avances tanto en el campo de la ciencia como de las matemáticas. Al respecto, se argumenta:

> *"Debido a los trabajos desarrollados por los investigadores del siglo XVII, se observa que la física se relacionó de una manera tan directa con las matemáticas, que hubo un momento en que los adelantos matemáticos provenían de los requerimientos de la física. El cálculo es heredero de ésta época; es un producto de la liberación de los viejos métodos instaurados desde Euclides"* (Recalde L. , 2012)

Además, históricamente se conoce, que los griegos fueron los primeros en plantear teorías que explicaban el movimiento de los cuerpos, posteriormente Galileo reunió las ideas de otros grandes pensadores de su tiempo y empezó a analizar el movimiento a partir de la distancia recorrida desde un punto de partida y del tiempo transcurrido. Kepler contribuyó con su estudio sobre los movimientos celestes, en tanto Newton realizó un análisis similar pero partiendo de la definición de fuerza y masa, relacionándolas con la aceleración. La escogencia de la mecánica también se justifica en que la obra de Restrepo desarrolla por lo menos en diez de sus treinta y seis lecciones, los fundamentos teóricos inmersos en esta rama.

Posterior a la delimitación del análisis, se ha continuado con la identificación de los conceptos matemáticos incorporados en las *Lecciones* que abordan temáticas relacionadas con la mecánica, y también en ese sentido, se establecen las corrientes de pensamiento predominantes en el texto y la forma cómo Restrepo las difunde, además de tipificar los intereses sociales, académicos y políticos, implícitos en el desarrollo de *Las Lecciones de Física*.

3.4. El aporte de *Las Lecciones de Física* en la constitución del pensamiento matemático neogranadino

En su obra, Restrepo inicia definiendo la física como "La ciencia de los cuerpos", cuyo objeto es conocerlos a partir de sus propiedades, de los efectos que ante nuestros sentidos evidencian y desde las leyes que de ello se derivan. Mientras el origen de la física lo presenta como algo celestial y divino. (Restrepo, 1825, pág. 5).

Aristóteles en su obra denominada "Física[100]", define la *physis* como "*el conjunto de principios generales pertenecientes a todas las ciencias, fundamentalmente a las del mundo corpóreo y sin los cuales no se podría comprender la realidad*" (Boeri & De Echandía, 1998). En este sentido, la concepción asumida por Restrepo se enmarca en el mismo objeto de estudio, sin embargo, lo establecido por Aristóteles compromete a la física con un mayor campo de acción, pues hace alusión a todas las ciencias (Desde la mecánica celeste pasando por la fisiología, botánica, biología, geología hasta la sicología). En su lugar, Restrepo se apropia de la concepción que para el siglo XVIII la física experimental fue madurando, pero sin inclinarse hacia el uso de métodos cuantitativos, solamente aceptándola como el estudio de las leyes que gobiernan el mundo inorgánico.

3.4.1. LECCÓN I: La naturaleza de los cuerpos

En esta lección se establece el estudio de las propiedades de los cuerpos, enunciadas a través de la impenetrabilidad, extensión y divisibilidad. Aspecto propio de la estructura propuesta por la física experimental, y característico en los trabajos de S'Gravessande, quién además, desde sus inicios se inclina hacia el punto de partida newtoniano por su interés en las matemáticas y su aplicación en la física. En contraste, lo planteado en ésta lección se distancia del trabajo propuesto por Aristóteles quien analiza la naturaleza de los cuerpos según su composición, ya sea: aire, agua, fuego, tierra o éter.

[100] Tratado sobre la naturaleza y análisis del cambio. Traducción y notas de Guillermo R. de Echandía. Editorial Gredos. 1995.

En la descripción de propiedades como la extensión y divisibilidad, sobresale la necesidad de incorporar nociones y elementos matemáticos. La extensión por ejemplo, según lo planteado en el texto responde a la condición en la cual el cuerpo debe contar con un tamaño limitado y una figura regular o irregular; definición que implícitamente requiere involucrar valores numéricos positivos y finitos necesarios en la caracterización de un tamaño limitado, asimismo, comprender indiscutiblemente nociones de geometría euclidiana que brindan herramientas para categorizar y realizar cálculos sobre dichas figuras a la luz de las propiedades asignadas al espacio.

Restrepo al considerar a la impenetrabilidad como el primer atributo de la materia, evita incluir posiciones derivadas de los planteamientos realizados por Descartes. Pues asumir a la extensión como principal atributo implica involucrar la hipótesis del sólido continuo, perspectiva geométrica de la cual se desglosan posturas como la exclusión del vacío y la imposibilidad de concebir la extensión divisible bajo cierto límite.

Por otra parte, desde el lenguaje newtoniano, la extensión, la dureza, la impenetrabilidad y el movimiento o inercia, son cualidades catalogadas como universales, las cuales se extienden por analogía a la uniformidad de la naturaleza y donde las cualidades del todo son una consecuencia de las partes. Al introducir la divisibilidad[101], Restrepo enfrenta un concepto complejo para la época, foco de diferentes análisis y estudios, en el cual las matemáticas y la teología estaban involucradas y su definición involucraba elementos como el infinito. Finalmente, ante una cuestión tan "célebre", el autor termina por no asumir una postura frente al tema, pero si decide ilustrar en su texto las dos posibilidades existentes en la época alrededor de la temática, la divisibilidad e indivisibilidad de los átomos. Los argumentos expuestos a favor de la divisibilidad se basan en una concepción matemática del infinito, la cual a su vez se apoya en construcciones geométricas. Particularmente, el argumento I detalla el concepto a través de lo siguiente:

[101] Propiedad derivada de la impenetrabilidad y la extensión. La primera, definida como aquella propiedad que tienen todos los cuerpos de procurar excluir a todos los otros del lugar que ellos ocupan y la segunda descrita como lo primero que se presenta a nuestra vista cuando examinamos los cuerpos. (Restrepo, 1825, pág. 6 y 7).

"Sea el cuadrado ABCD cuya diagonal es C. (fig. 1.) De todos los puntos a, c, e, del lado A B, tirense rectas paralelas a todos los puntos b, d, f, del opuesto B C. Hecha la hypotesi que los lados A B. B C. se compongan de solos puntos, habra tantas rectas cuantos son los puntos en uno y otro lado. Cada una de estas corta la diagonal en un punto; habra pues tanto puntos en la diagonal A C. cuantos en el lado A B; Y por consiguiente la diagonal sera igual al lado". (Restrepo, 1825, pág. 7).

Cuya reconstrucción geométrica actual, se representa a través de la figura 4.

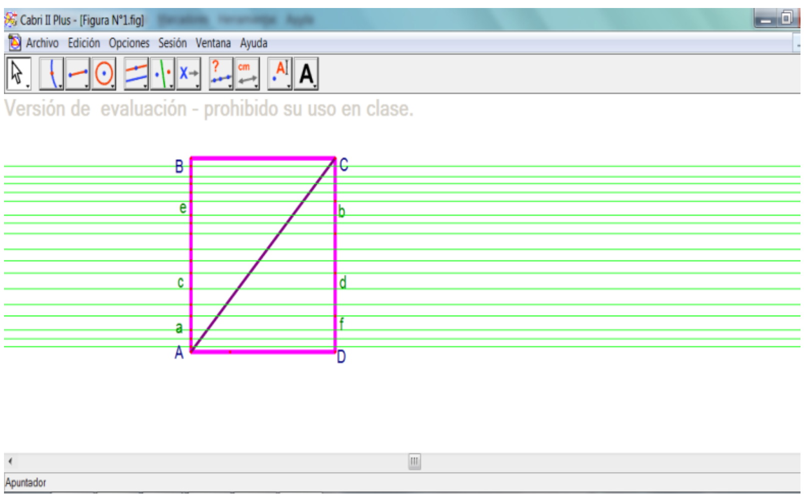


Figura 4. Construcción del Argumento I de la Lección I de Restrepo.

Y de la cual se deduce que, la intención de la demostración es establecer una relación biunívoca entre puntos que conforman un lado del cuadrado y puntos de la diagonal obtenidos a partir de la intersección entre paralelas trazadas sobre puntos del lado mencionado inicialmente y su opuesto, puntos obtenidos tantas veces como puntos haya en el lado del cuadrado; llegando a concluir que la diagonal es igual al lado. Por tanto, se determina que este argumento, implícitamente involucra la propiedad que, en tanto conjuntos de puntos, dos segmentos de longitud diferente tienen el mismo infinito desde una biyección. Esto es formulado en un contexto de discusión metafísica sobre la divisibilidad, muy parecido al contexto geométrico en que Galileo enuncia la biyección en los Diálogos.

Similarmente el argumento III, es enunciado en los siguientes términos:

> *"Entre dos paralelas A F, D E, tirese la recta B C. (fig. 3.). Desde el punto A tirense las rectas Aa, Ab, Ae, y otras hasta el infinito. Es claro que el segmento BC es cortado en diferentes puntos, para que dos rectas no tengan un segmento comun contra los principios de la geometria; y pudiendose multiplicar los cortes hasta el infinito podrá tambien el segmento BC. ser dividido en partes infinitas*" (Restrepo, 1825, pág. 11).

Su reconstrucción geométrica corresponde a:

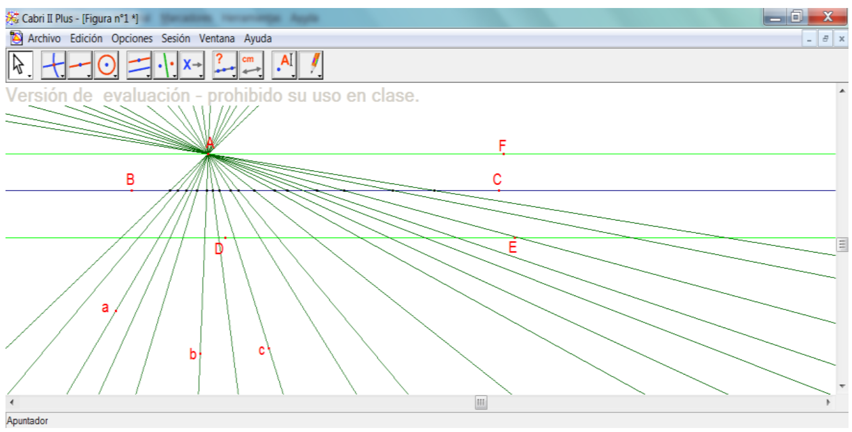


Figura 5. Construcción del Argumento III de la Lección I de Restrepo

Aspecto que igualmente, evidencia el uso de una biyección entre las rectas trazadas por un punto que se encuentra sobre una paralela (aspecto derivado de la geometría de Euclides), y los puntos de intersección entre estas rectas y un segmento de recta que se encuentra entre dichas paralelas.

De esta manera, se identifica que los argumentos presentados por Restrepo en su Lección I, involucran aspectos de la geometría Euclidiana; definiciones, axiomas y el método característico de este campo. Por ejemplo, en el argumento I, toma como hipótesis que los lados de un cuadrado están formados por puntos (deducción según definición 4 del libro I de

Euclides[102]), por un punto es posible trazar una recta, la existencia de rectas paralelas, además del método como se construyen los argumentos. Al igual que nociones tan importantes en la constitución de la estructura conceptual matemática como la de continuidad e infinito.

Así mismo, se identifica nuevamente en el argumento III el empleo indirecto de la noción de biyección existente entre dos segmentos de longitud diferente. Precisamente, dada la contextualización del escrito y teniendo en cuenta que tanto la teoría del continuo aristotélica y la actual intentan responder a distintos interrogantes[103], se establece que el estilo planteado en los argumentos sobre la divisibilidad infinita en las Lecciones de Restrepo, coincide con aspectos conceptuales esgrimidos por Aristóteles en su teoría del continuo, de donde se obtienen planteamientos conceptuales precisos sobre la divisibilidad. Por ejemplo, se afirma que una característica fundamental de la continuidad no es solo la imposibilidad de componerse a partir de entidades indivisibles, sino que la propia estructura ontológica de ésta exige que sus partes integrantes sean siempre divisibles, lo cual se ilustra a través de un proceso de división infinito de una recta mediante un punto intermedio, en el cual según las tesis aristotélicas, una línea no estaría compuesta de puntos ya que un punto no tiene partes, no existen límites y por tanto no es indivisible. Pero, en este caso el infinito del continuo solo existe potencialmente, lo cual implica que se predica la infinitud de éste en la medida en que una fase divisoria exista. (Torres, 2009).

Al respecto del concepto de infinito, se debe recordar que desde la antigüedad griega hasta la segunda mitad del siglo XIX, los mayores inconvenientes conceptuales se presentaron con relación a esta noción. Pues es conocido que para Aristóteles cualquier teoría científica consistente debía sólo acoger el infinito potencial. Durante más de veinte siglos el infinito actual fue condenado a la exclusión, ya que fue considerado como fuente de paradojas y sólo hasta finales del siglo XIX, ésta noción se aceptó a través de la definición de conjuntos infinitos; hecho históricamente controversial, dado que la autoría de la definición fue enunciada explícitamente por Dedekind pero Cantor aduce que ésta ya aparece de manera implícita en sus artículos.

---

[102] Definición 4, libro I Euclides: Una línea recta es aquella que yace por igual respecto de los puntos que están en ella.

[103] Por ejemplo, la continuidad aristotélica intenta ser una respuesta a la noción empírico-intuitiva de continuidad, la cual encuentra su realización última en el análisis físico de la magnitud espacial, el movimiento y el tiempo, tema que queda totalmente fuera de la abstracción matemática. (Torres, 2009).

Desde el punto de vista cartesiano, la divisibilidad emerge como consecuencia de la definición geométrica de materia como extensión (Concepto asumido en las Lecciones de Nollet y del cual se aleja Restrepo), aspecto cuyo problema se centra en el paso hacia la perspectiva física donde por un lado, considerar el pleno material dificulta la explicación del movimiento, y la divisibilidad al infinito de la extensión hace problemática la explicación de los cuerpos físicos, pues si las partes siempre se están dividiendo ¿cómo pueden generarse cuerpos? (Grobet, 2005).

La concepción de divisibilidad, esbozada en la teoría de Newton, parte de su formación matemática, pues al respecto sostiene que "Las partículas no divididas, al igual que las divididas, pueden ser divididas y efectivamente separadas hasta el infinito. Lo cual es obvio, no consta por evidencia de los experimentos, sino sólo por la divisibilidad matemática cuya veracidad se infiere desde procesos inductivos". (Casas, 1996)

En los argumentos presentados contra la divisibilidad infinita en las *Lecciones de Física de Restrepo*, asumen la concepción del infinito en acto, para comprobar a través de reducción al absurdo que dicha concepción no es posible bajo la mirada Aristotélica. Así por ejemplo, el argumento I enunciado en la Lección I, toma como hipótesis la posibilidad de dividir infinitamente en partes más y más pequeñas una línea AB que contiene un número finito de puntos y mediante una serie de comparaciones en sus medidas, se concluye que sus partes son infinitamente menores y por tanto la magnitud de la línea AB finita, es infinita, llegando a una contradicción. Teoría que se objeta desde Aristóteles diciendo:

> *"Si lo infinito es en acto, cualquier parte suya sería infinita, y una misma cosa no puede ser muchas cosas infinitas. Por lo tanto tendría que carecer de partes y ser indivisible, pero entonces no sería una cantidad. A lo sumo, lo infinito sería un atributo de aquello que sea principio de lo real"* (Partal, 2005).

3.4.2. LECCIÓN III: Caracterización de la movilidad de los cuerpos

En la lección III denominada "*De la movilidad de los cuerpos*", se continúan involucrando nociones matemáticas. El ítem 1 de esta sección, hace referencia a la movilidad de los cuerpos, allí se conceptualiza la ubicación, movimiento y tiempo, los cuales son enunciados en los siguientes términos:

> "Ubicación: es la relación del cuerpo al lugar en que se halla; y el movimiento debe considerarse como una succesiva serie de ubicaciones. Esto hace ver, que el movimiento local, no puede verificarse en un momento indivisible de tiempo". (Restrepo, 1825, pág. 15)

En este caso, la definición de ubicación es presentada mediante una relación entre cuerpo y espacio, también el movimiento es caracterizado como una sucesiva serie de ubicaciones involucrando en su descripción la divisibilidad del tiempo. Por lo cual, esta conceptualización evidencia la necesidad de introducir un sistema de coordenadas que permitan realizar la descripción de un movimiento en el tiempo, implicando a su vez acoger algunas generalidades de geometría euclidiana para describir trayectorias y relaciones entre las rectas y asimismo acudir a postulados cartesianos que permitan la representación del espacio, precisar una posición y calcular distancias a los ejes coordenados, entre otros.

Restrepo al igual que Aristóteles presenta el movimiento como una pieza fundamental a través del cual la naturaleza ejerce sus acciones. Además, ilustra la imposibilidad de su existencia sin el lugar y el tiempo, y en cambio, no considera el vacio tal como lo hace Aristóteles. Sin embargo, a partir de la caracterización en la Lección III sobre el movimiento, se puede decir que se deja de lado gran parte de los planteamientos aristotélicos. Por ejemplo, la inexistencia del movimiento fuera de las cosas; el movimiento como actualidad de lo potencial en cuanto a tal, donde se afirma que: "El movimiento es, pues, la actualidad de lo potencial, cuando al estar actualizándose opera no en cuanto a lo que es en sí mismo, sino en tanto que es movible" (Boeri & De Echandía, 1998). Por tanto, Aristóteles realiza la descripción del movimiento en un sentido más general, no precisamente desde el cambio de lugar de un objeto, sino del cambio de cualquiera de sus cualidades, lo cual se encuentra ligado a la naturaleza del tiempo.

La descripción hecha por Restrepo, concuerda con la definición de movimiento planteada desde la física Cartesiana, "Descartes considera que la mejor y más simple explicación del movimiento es considerarlo como cambio de posición; sin embargo, no se trata sólo del cambio de posición de los cuerpos geométricos, como algunos autores han pensado, sino de cuerpos físicos, de los cuerpos en el mundo natural". (Grobet, 2005, pág. 43).

El movimiento desde Newton, es presentado como una cualidad fundamental de todos los cuerpos. Desde L*os Principia* se introduce el concepto de movimiento absoluto como: *"La traslación de un cuerpo de un lugar absoluto a otro".* Recordemos sin embargo, que el lugar es definido como una parte del espacio, y las partes del espacio donde tienen lugar esos movimientos absolutos de ninguna manera pueden percibirse por nuestros sentidos.

Otro aspecto tratado en la Lección III por Restrepo, hace referencia a que la causa originaria y eficiente del movimiento es asignada a Dios. "El cuerpo no puede recibir el movimiento, ni de sí mismo, ni de otro, ni del espíritu creado. Si éste pudiera producir el movimiento, sería por un acto de su voluntad. Por consiguiente, solo Dios es causa originaria y eficiente del movimiento" (Restrepo, 1825, pág. 16). Lo cual coincide con lo expresado por Descartes para quien Dios crea de inicio la cantidad de materia y movimiento de que consta el universo, así como las leyes que rigen su organización. Para Descartes es Dios quien dota las partes de la materia con movimiento rectilíneo que es el más simple (primera causa del movimiento). Sin embargo, en lo planteado se presentan diferencias con respecto a Aristóteles, pues este afirma que "Todo lo que está en movimiento, tiene que ser movido por algo". Para Aristóteles la razón es clara: como el acto es siempre anterior a la potencia, el movimiento en tanto que actualidad de lo potencial exige que algo actual actualice lo potencial, es decir exige siempre una causa.

En tanto, Newton en *Los Principia* atribuye como causa del movimiento a las fuerzas. *"El movimiento verdadero ni se genera ni se altera excepto cuando al cuerpo en movimiento se le imprime una fuerza"* (Gómez & Harquina, 1984, pág. 699). Es más, en su primera ley "*Establece que si existe un sistema de referencia en el cual se cumpla la primera ley, entonces habrá una causa para explicar que un objeto altere su estado de movimiento".*

Continuando con las temáticas abordadas en las Lección III, es a través de Muschenbroek que se enuncia a la fuerza como "Aquello que se produce en el cuerpo cuando se mueve, y que se destruye cuando deja de moverse; cuya traslación requiere un efecto real, que requiere una causa real" (Restrepo, 1825, pág. 15).

En los ítem 8 y 9 de la misma sección, se ilustra a la velocidad como una propiedad del movimiento, la cual puede ser descrita mediante procesos comparativos con relación al espacio recorrido en un tiempo determinado. En este sentido, es visible incluir un valor numérico para nombrar la relación entre magnitudes físicas, lo cual sugiere la incorporación del concepto de razón[104] para argumentar situaciones como la mencionada a continuación:

> "Un cuerpo se dice que se mueve con más velocidad que otro, cuando en el mismo tiempo corre un espacio mayor, ó en menor tiempo corre un espacio igual" (Restrepo, 1825, pág. 17)

Asimismo, se hace imperante establecer el uso de herramientas matemáticas como las proporciones directas, en definiciones donde se esboza lo siguiente: "Cuando dos cuerpos se mueven con movimiento uniforme sus velocidades son entre sí como los espacios corridos en iguales tiempos" y proporciones inversas cuando se implanta que: "Si los espacios son iguales, las velocidades[105] guardan entre si la razón inversa de los tiempos" (Restrepo, 1825, pág. 19). Sin embargo, se debe tener en cuenta que para la época, el lenguaje con el que se describe este tipo de relaciones es la "composición de razones", aspecto heredado de los fundamentos dados en los Elementos de Euclides pero que producto de traducciones y comentarios[106] a esta época, buscan un proceso de aritmetización del concepto de razón (Oller & Gairín, 2013).

También para la ilustración de la relación existente entre las variables que intervienen en un movimiento uniforme, se acude a conceptos geométricos donde se asume el espacio recorrido

[104] Hacia el siglo XIII, la razón no es aún un número sino que es nombrada mediante un número, diferencia principalmente de índole filosófica; producto del trabajo de traducción y comentarios sobre los Elementos de Euclides desarrollado en la edad media. Se enuncia a Giovanny Campano como el traductor de la obra de mayor difusión. (Oller & Gairín, 2013).

[105] En el movimiento uniforme la velocidad del cuerpo se conoce dividiendo el espacio por el tiempo.

[106] Se destaca el de Giovanny Campano, trabajo que se convirtió en la obra de mayor difusión y que ejerció la influencia más determinante sobre la ciencia occidental (Rashed, 1997, pag. 215).

como el área bajo la curva, que a su vez depende de la velocidad y el tiempo. “El espacio corrido por el cuerpo, es representado por un rectángulo, del cual un lado signifique la velocidad, y el otro el tiempo” (Restrepo, 1825, pág. 19). Comprobación realizada por Galileo empleando un método semejante al método de los infinitésimos de Kepler[107].

Estos planteamientos se siguen desde Aristóteles, quien asume que siempre existe una proporción entre un movimiento y otro movimiento (porque éstos ocupan tiempo, y un tiempo dado está siempre en proporción con otro tiempo si ambos son finitos), pero no hay ninguna proporción entre el vacío y lo lleno. La velocidad de un movimiento rectilíneo se describe en términos del espacio recorrido y el tiempo.

En tanto, Newton parte de la relación indisoluble entre espacio, tiempo, materia y movimiento, que permite adoptar entonces el punto de vista de que el espacio (Δx), el tiempo (Δt), el movimiento (v) y la materia son propiedades indisociables, la ecuación $v = \frac{dx}{dt}$, es una expresión que establece la interrelación cuantitativa entre tres de estas cantidades y, de hecho, les da sentido. (Gómez & Harquina, 1984). Aquí se identifica la incidencia de un fuerte componente matemático a tal punto de ser elemento central en sus definiciones: (Proposición II, Teorema II; Sobre el movimiento de los cuerpos que son resistidos en la razón de la velocidad) “Si un cuerpo es resistido en la razón de su velocidad, y se muere por su sola inercia a través de un medio homogéneo, y los tiempos se toman iguales, las velocidades en el comienzo de cada uno de los tiempos están en una progresión geométrica, y los espacios descritos en cada uno de los tiempos son las velocidades” (Newton, 1987, pág. 145).

En esta lección, se aborda una de las leyes generales del movimiento tomando como base los postulados expuestos por Newton, pero expresados en sus propios términos.

> *“I: El cuerpo puesto en movimiento, continua moviéndose, hasta que una fuerza extranjera sea reducido al estado de quietud. II: El cuerpo puesto en movimiento, continua según su primera dirección, (que siempre es en línea*

[107] La base de este método, consiste en pensar que todos los cuerpos se descomponen en infinitas partes, infinitamente pequeñas, de áreas o volúmenes conocidos.

> *recta) hasta que algún obstáculo le obligue a mudarla"* (Restrepo, 1825, pág. 21).

En este sentido, se asume netamente lo planteado por Newton y que difiere con la teoría cartesiana puesto que desconoce el concepto de fuerza como causa del movimiento y como elemento que impide su continuidad infinita, él afirma: "El movimiento deja de producirse por causas ocultas a nuestros sentidos" (Quintás, 1995, pág. 99).

3.4.3. LECCIÓN IV: Clasificación del movimiento de los cuerpos.

En esta lección se identifica el uso de elementos geométricos, como ángulos, clases de líneas y figuras regulares, empleadas en la determinación del movimiento, su línea de dirección[108], el comportamiento y los efectos de las fuerzas aplicadas en puntos específicos. Por ejemplo, los ángulos se aprovechan para describir la dirección obtenida al aplicar dos fuerzas, las líneas rectas y curvas para caracterizar algunos movimientos según la trayectoria descrita.

> *"Todo movimiento que se hace por línea curva es compuesto. Un cuerpo no puede moverse por la línea a, b, c, d (fig 9) si cuando llega al punto b, no es obligado por otra fuerza a desviarse de la dirección am, y tomar la dirección bn; y por lo tanto deben concurrir muchas fuerzas"* (Restrepo, 1825, pág. 23).

Además, se emplean conceptos geométricos euclidianos como línea, ángulos, plano y perpendicularidad, para establecer un lenguaje que describa el movimiento reflexo[109] y refracto[110]. De esta manera, se introducen términos como ángulo de incidencia, de reflexión, de refracción, línea de incidencia, plano de referencia. Sin embargo, se destaca que las comprobaciones y ejemplos de esta teoría se hacen a base de ilustraciones geométricas y experimentaciones, no hay rastro de procesos de generalización apoyados en un lenguaje algebraico. A continuación, se evidencia parte de lo mencionado:

---

[108] Dirección, según la cual el cuerpo se mueve o procura moverse y la línea que lo indica.
[109] Aquel con que el cuerpo movido resalta encontrando un impedimento, que no puede vencer (Restrepo, 1825).
[110] Cuando el cuerpo pasa oblicuamente de un medio a otro (Restrepo, 1825).

> *"Se llama movimiento refracto cuando un cuerpo pasa oblicuamente de un medio a otro v. g. del ayre al agua. De dos modos puede hacerse esta mudanza: ó apartandose de la perpendicular, o acercándose a ella. Por exemplo: si el cuerpo B (fig. l3) pasando del ayre al agua, segun la linea B D, no sigue al punto G, sino que se inclina al punto H, se refracta apartándose de la perpendicular DA. Lo contrario sucede, cuando sigue la linea D C"* (Restrepo, 1825, pág. 26).

Con respecto a este movimiento, Restrepo proporciona su definición en términos geométricos e ilustra algunos ejemplos descritos desde el plano experimental. En tanto por ejemplo Newton, lo realiza desde el punto de vista rigurosamente matemático, a saber: "Afirmo que la velocidad del cuerpo antes de su incidencia es a su velocidad tras su emergencia como el seno de emergencia al seno de incidencia" (Newton, 1987, pág. 276).

En sentido opuesto, en el numeral 20 de la Lección IV se establece por ejemplo:

> *"El cuerpo que pasa perpendicularmente de un medio a otro, no padece refracción en su movimiento. La experiencia demuestra esta verdad"* (Restrepo, 1825).

De otro lado, como consecuencia de la descripción del movimiento en un lenguaje netamente geométrico, se tiene que Restrepo establece proposiciones derivadas de dichos planteamientos, cuya demostración matemática no se esboza en el texto. Sin embargo, comprueba el rompimiento del paradigma de la física retórica para dar paso a la descripción de las ciencias a partir de un lenguaje matemático, que también admite y facilita describir los fenómenos de la naturaleza. Por ejemplo:

> *"Si las potencias fueran iguales, y el ángulo de dirección recto, describirá el cuerpo la diagonal de un cuadrado. Si las fuerzas fueren iguales y el ángulo oblicuo, describirá la diagonal de un rombo. Si las fuerzas fueren iguales y el*

ángulo oblicuo, se moverá por la diagonal del rectángulo o Romboides, según que el ángulo sea recto ú oblicuo" (Restrepo, 1825, pág. 25).

Todos estos planteamientos, finalmente se emplean para expresar gráficamente la aplicación de una fuerza, la incidencia del ángulo y las consecuencias que de allí se generan. Aspecto que claramente se muestra en el ítem 14 de la Lección IV:

"El valor de la fuerza que resulta de potencias opuestas, se representa muy bien por la diagonal del paralelogramo. Por consiguiente, cuanto el ángulo de dirección decreciere, tanto mayor será el efecto de las fuerzas" (Restrepo, 1825, pág. 25) .

3.4.4. LECCIÓN V: Principios que rigen el movimiento durante un choque

En la Lección V donde se enuncian las leyes de comunicación necesarias para el movimiento durante el choque de los cuerpos, previamente se define una serie de condiciones para facilitar el análisis del fenómeno; esto es, el establecimiento de lo que actualmente se conoce como un sistema de referencia, buscando promover un análisis lógico y coherente, característico del pensamiento newtoniano.

"Para que la exposición de las leyes, que se observan en el choque de los cuerpos sea más clara, suponemos. 1. Que los cuerpos colidentes y colisos, son de una misma naturaleza, esto es perfectamente duros ó perfectamente elásticos. 2. Que la colisión se hace en un lugar vacio, en donde la resistencia de los medíos no pueda disminuir el movimiento. 3. Que los cuerpos sean esféricos. 4. Que la percusión sea directa, esto es, que la línea, según la cual se encuentra, pase por el centro de uno y otro" (Restrepo, 1825, pág. 28).

Para instaurar las leyes sobre el movimiento producido durante el choque de los cuerpos, las leyes planteadas dejan ver nuevamente el uso de nociones matemáticas como razón y la inclusión de otras como igualdad y comparación de cantidades, todas ellas necesarias para determinar el valor de la fuerza resultante. A continuación se destaca la aplicación de una de las leyes donde se identifica lo mencionado:

> *"Ley 2 (Leyes para choque de cuerpos elásticos): Si un cuerpo elástico corre contra otro menor puesto en quietud, ambos se mueven según la dirección del incurrente; pero el menor con más velocidad que el mayor. Sea la masa del cuerpo A igual 2, y su velocidad igual 3: la masa del cuerpo B igual 1. En el globo A habrá 6 grados de movimiento, de los cuales comunicará 2 al cuerpo B. Por consiguiente, reservará para sí 4 y perderá 2 por la reacción, quedándole solo 2 con que continuara su movimiento. El cuerpo B adquiere 2 por el choque, 2 por la elasticidad; y así proseguirá con 4* (Restrepo, 1825, pág. 32).

Para resolver las dudas generadas a raíz del comportamiento de las leyes teóricas del movimiento, cuando se reducen a la práctica, emerge un concepto que principalmente se identifica en los fluidos denominado resistencia, la cual se describe como proporcional a la masa que debe ser desalojada. Para su explicación, Restrepo se apoya en una de las reglas planteadas por Newton y que consiste en comprobar lo siguiente:

> *"Un cuerpo esférico, que se mueve en un intermedio tranquilo, de una densidad igual a la suya, pierde la mitad del movimiento, corriendo un espacio igual a $\frac{8}{3}$ de su diámetro"* (Restrepo, 1825, pág. 36).

En esta demostración Newton aplica el concepto de resistencia (Definición similar a la planteada como empuje en el principio de Arquímedes) y algunas leyes de choque de los cuerpos, con el objeto de determinar las fuerzas ejercidas sobre un objeto inmerso en un fluido y la incidencia en su movimiento. Para ello se apoya en las matemáticas, en cuya justificación involucra a figuras geométricas como la esfera y el cilindro que permiten recrear la situación y establecer una relación entre sus respectivas masas. Así, a partir de la igualdad de las densidades esbozada en la hipótesis, se entabla una ecuación de primer grado que surge de expresar la densidad como la relación existente entre la masa y el volumen de un cuerpo; en este caso masa y volumen del cilindro y de la esfera. Para finalmente, concluir que la masa del cilindro es cuatro veces la de la esfera y por tanto el cuerpo esférico disminuye su movimiento a la mitad, a consecuencia de las leyes de movimiento existentes entre la masa y la cantidad de movimiento de dos objetos que chocan bajo determinadas condiciones.

Lo expuesto por Restrepo, está en la línea de pensamiento de Newton, pues se incorporan conceptos como fuerza y masa en relación con la velocidad. En contraste, Descartes condensa los efectos de un choque en siete reglas las cuales se apoyan en conceptos como movimiento, velocidad y posición de un cuerpo.

> *"La segunda regla: En el supuesto de que se dieran las condiciones anteriormente descritas (se mueven con igual velocidad y en línea recta el uno hacía el otro), pero B fuera al menos un poco más grande que C, y se llegaran a encontrar con una misma velocidad, solamente C retrocedería hacia el punto de donde procediera y ambos cuerpos continuarían su movimiento hacia un mismo lado, pues teniendo B más fuerza que C, B no podría ser rechazado por C"* (Quintás, 1995, pág. 105).

Mientras para Aristóteles, no existe un concepto denominado resistencia, en su caso, simplemente la velocidad adquirida dependía en forma inversa de la densidad del medio y por tanto en un medio como el agua, que es más denso, la velocidad alcanzada por el objeto era menor.

Se destaca a lo largo de las *Lecciones*, que toda la teoría descrita se refuerza con ejemplos de la vida cotidiana. Por ejemplo, para mostrar una aplicación de la resistencia en fluidos, cuando un cuerpo corriendo espacios iguales en un mismo tiempo puede padecer resistencias más o menos grandes, según el modo como se presente el choque del intermedio, se analiza una situación desde el uso que los marineros hacen del remo por la parte plana cuando buscan un punto de apoyo en la superficie, y se adjudica también a esta misma causa, el hecho de que un cuerpo entero conserva mejor su movimiento que si estuviese dividido.

3.4.5. LECCIÓN VI: Leyes de la Gravedad

En la Lección VI se exponen los efectos y causas de la gravedad, al igual que sus leyes. Definiéndola como *"La cantidad de materia que hay en los cuerpos, de tal modo que dos cuerpos no lexos de la superficie de la tierra, son directamente entre sí en cuanto al peso, como en cuanto a la densidad o a la cantidad de materia"*. (Restrepo, 1825, pág. 40)

Acerca de las causas de este fenómeno, Restrepo esboza diferentes argumentos al respecto (Escolásticos, Du-Hamel, Descartes, Gasendo, ‘sGravesande). Concluyendo finalmente que si bien Newton no ha logrado determinar la causa, su definición es la más completa dado que satisface plenamente a los fenómenos de la naturaleza.

En este sentido, se sabe que Newton consigue establecer que la gravedad actúa en proporción a la cantidad de materia en un cuerpo, o al volumen y no a la superficie. Además, producto del método newtoniano se llega a determinar la ley de gravedad, según la cual dos cuerpos cualesquiera se atraen (gravitan unos hacia otros) con fuerzas directamente proporcionales al producto de sus masas e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre sus centros de gravedad.

Además, para determinar sobre *"el movimiento de los graves dirigido acia el centro de la tierra"*, se apoyan en argumentos matemáticos y de la experiencia, mostrando que si un cuerpo se suspende de un hilo, éste se constituye en una situación perpendicular a la superficie de la tierra (experiencia), pero toda dirección perpendicular a la superficie de una esfera se dirige hacia su centro, como lo demuestran los argumentos de la geometría.

Para refutar algunas teorías donde se plantea que la gravedad sigue una relación directa entre masa y aceleración. Restrepo recrea experiencias como la de Galileo[111] y el Señor de

[111] Quien deja caer desde la misma altura globos de diversos materiales: oro, plomo, cobre, cera y determinó su velocidad al término.

Saguillers[112], de las cuales induce que las razones entre masas y velocidades al final de la caída, solamente comprueban que:

> *"La gravedad con que los cuerpos baxan acia el centro, es la misma en todos, aunque su mole sea diferente. El motivo por que los cuerpos bajan con desigual celeridad, es la resistencia del ayre"*. (Restrepo, 1825, pág. 45)

Para explicar lo mencionado anteriormente, entre otros, se da a conocer un experimento de Newton que consiste en lanzar dos materiales (plomo y papel) de igual magnitud en un tubo (con y sin aire) de cuatro pies de largo, concluyendo que bajo condiciones en la cuales la ausencia de aire es total, no se observa diferencia en la caída. Sin embargo, para corroborar lo obtenido experimentalmente, matematizan la situación práctica, planteando una proporción aritmética entre el plomo y el papel, asumiendo que el plomo es 12 veces más pesado que el papel; así las masas de estos dos cuerpos están entre sí como 12 a 1, de lo cual deducen que cada grado de mole tiene 1 grado de gravedad, y por consiguiente el plomo es impelido con 12 y el papel con 1, debiendo por lo mismo correr la longitud del tubo en un tiempo igual. En este caso, una vez más la matemática desde su proporcionalidad aritmética es empleada para modelar un fenómeno físico.

Con respecto a la misma temática y para argumentar el movimiento acelerado uniforme de los cuerpos que caen, el texto se apoya tanto en la experimentación realizada por Galileo como en comprobaciones matemáticas mediante las cuales se manifiesta que "Los espacios recorridos por el grave en tiempos iguales, siguen la razón de los números impares 1, 3, 5, 7 &c". También se apoya en argumentos geométricos para modelar lo sucedido entre el espacio y el tiempo durante la caída de un cuerpo involucrando el cálculo de la cuarta proporcional.

Lo planteado por Restrepo, no contempla en absoluto la postura de Aristóteles, para quien la caída libre es asumida como un movimiento natural al cual son sometidos los cuerpos

[112] Quien valiéndose de la gran elevación de la cúpula de la Iglesia de San Pablo en Londres, tomó dos globos uno de plomo y otro de una vejiga inflada por aire, teniendo en cuenta la razón entre sus masa y determinando al final de la caída las razones entre sus velocidades.

terrestres, sujetos a la vez a una interacción con el centro del universo que hacía que cayeran, adicionando a su interacción una variabilidad[113] según su peso. (Duarte, 2011)

3.4.6. LECCIÓN VIII: Principios de la mecánica y aplicaciones

En la lección VIII relacionada con los principios de la mecánica, se emplea un lenguaje netamente geométrico para describir las máquinas y su funcionamiento, lo que obliga a tener conocimiento sobre nociones de geometría euclidiana como clases de líneas, clases de ángulos, ubicación en el plano, pues estas se constituyen en la principal herramienta de comprobación e ilustración sobre los conceptos. A continuación se muestra un ejemplo de lo referido: *"La potencia oprime directamente el punto de la Máquina a que se aplica, cuando forma con el yugo un ángulo recto. Así la potencia aplicada en B, según la dirección Bm, oprime directamente el yugo AB. Pero lo oprime oblicuamente si forma con el yugo un ángulo oblicuo; tal es la dirección Bx, o Bn."* (Restrepo, 1825, pág. 57).

El principio fundamental de la mecánica, también es planteado en términos matemáticos. Partiendo de la relación entre peso, potencia y celeridad, para concluir que una pequeña potencia[114] sostendrá un gran peso por medio de una máquina, si la distancia al centro de movimiento estuviere en razón inversa del peso a la potencia. Una aplicación de dicha teoría se evidencia en la constitución de máquinas como el *Peritroquio* "Cuyo eje se compone de un cilindro, que tiene Exe una vara de fierro, y esta prevenido de sytalas o manezuelas a las cuales se le aplica la potencia" (Restrepo, 1825, pág. 64). En esta parte se emplea los sólidos geométricos y su intersección con el plano además de nociones de geometría plana como línea recta, distancia y paralelismo, herramientas que se combinan con nociones matemáticas como razón para describir y argumentar el funcionamiento de máquinas como la mencionada anteriormente.

El *glosocomo* es una máquina compuesta de ruedas dentadas que encajan unas con otras, para calcular el aumento de la fuerza se entabla una relación entre número de dientes por rueda y

[113] Los cuerpos más pesados caerían más rápidamente que los livianos
[114] Entendida como el esfuerzo que se aplica a la máquina para mover el peso.

número de vueltas, proporción que finalmente después de aplicar una propiedad transitiva permite determinar la relación de 1 a 100 existente entre la velocidad de la rueda 1 y la 3; en términos del texto: velocidad de la potencia y velocidad del peso, relación inversa que permite demostrar el principio de la mecánica (una pequeña potencia sostendrá un gran peso por medio de una máquina si la razón del peso a la potencia estuviere en razón inversa de la celeridad de la potencia a la celeridad del peso).

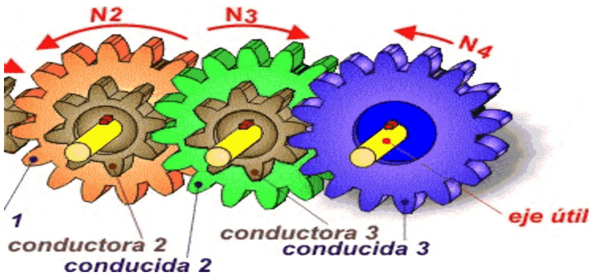


Figura 6. El Glosocomo, aplicación de la mecánica.

Los contenidos abordados en la presente lección evidencian el objetivo que llevó a instaurar y difundir la física experimental, desde su principal promotor Nollet, quien impulsa la física a partir de la demostración experimental. Para lo cual decide no presentarse bajo el auspicio de ningún filosofo, ni Descartes, Newton o Leibniz, a quienes admira pero no sigue en las exposiciones estrictamente experimentales de su obra (Guijarro V. , 2001). No obstante, es evidente nuevamente la implementación de un lenguaje geométrico para describir en este caso el funcionamiento de una máquina y los fundamentos físicos que en ella se presentan.

3.4.7. LECCIÓN XVIII: Fuerza centrípeta y centrífuga

En la Lección XVIII se abordan las fuerzas centrales, representando particularmente a la fuerza centrípeta y centrifuga. Estas definiciones y su relación son planteadas desde una descripción netamente geométrica, donde se involucra el concepto de línea tangente, rayo, intersección de líneas y características de un círculo, lo que en su conjunto permite conocer el accionar de las fuerzas centrales y su relación. A saber:

“Las fuerzas centrales se oponen directamente entre sí; porque aunque la fuerza centrífuga tenga su dirección por la tangente, se ha de advertir, que si se prolongase el rayo que representa la fuerza centrípeta, lo cortaría la tangente en una continuación de puntos, que siempre se van apartando del centro”. (Restrepo, 1825, pág. 159)

Así mismo, algunas deducciones son realizadas a partir de construcciones geométricas, las cuales incluyen nociones de geometría y matemáticas. En este caso, se acude a definiciones como semirrecta, tangente, rotación, trayectoria, elementos de un círculo y punto, además de axiomas que implícitamente se asumen, por ejemplo, la existencia de infinitos puntos en una recta. Dicha construcción a continuación se enuncia y recrea:

“Sea por ejemplo que el mobil M sea llevado por el rayo BC, a lo largo del cual pueda correr; es cierto que haciendo dar vueltas a este rayo alrededor del centro C, todos los puntos contenidos entre M, B, pasaran sucesivamente con el móvil por encima de todos los puntos de la tangente M D; y por consiguiente, obedeciendo el cuerpo M a la fuerza centrifuga, correrá directamente de M a B. Por esta razon permanece siempre recta la cuerda de una honda, que da vueltas”. (Restrepo, 1825, pág. 163)

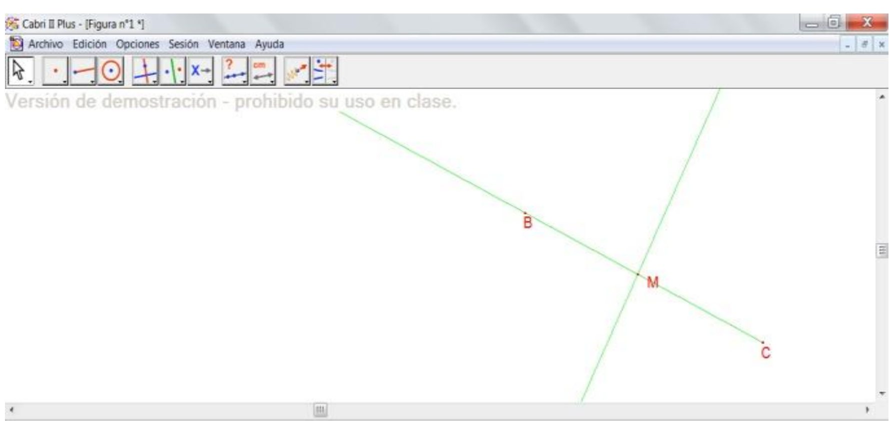


Figura 7. Lección XVII, Lecciones de Física de Restrepo. Construcción Fuerzas Centrales

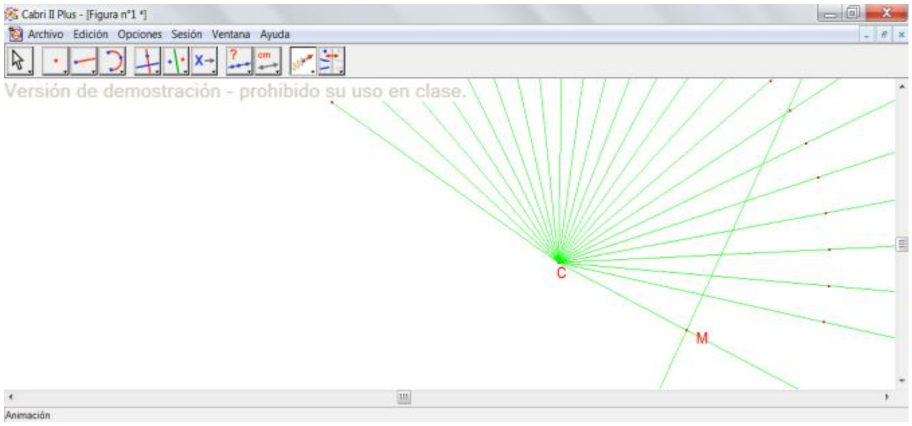


Figura 8. Lección XVII, Lecciones de Física de Restrepo. Construcción Fuerzas Centrales

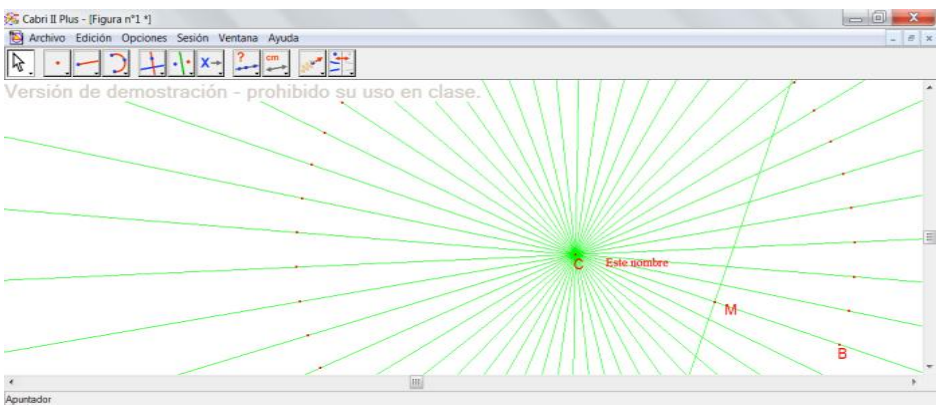


Figura 9. Lección XVII, Lecciones de Física de Restrepo. Construcción Fuerzas Centrales

Como resultado de la combinación de las fuerzas centrales y de la relación proporcional entre ellas, se deriva el tipo de curva descrita mientras dura su revolución. Aspecto por el cual se detalla su forma y principal característica "que las dos líneas tiradas de los puntos F, f, (que llaman focos) a cualquier punto de la circunferencia, como FG, fG, o FL, Fl, juntas una con otra sean iguales al exe mayor HI" (Restrepo, 1825, pág. 170). Enunciando como consecuencia del movimiento elíptico los *aphelios y perihelios.*

En este punto, se puede leer la presencia de mayores contenidos geométricos empleados para la definición de conceptos que hacen parte de la física, en este caso conceptos como fuerza centrípeta y centrífuga. Sus construcciones requieren alcanzar una modelación del fenómeno físico empleando instrumentos de la geometría. De igual manera, el hecho de asignar letras a dichos instrumentos permite pensar en un paso hacia la introducción de la geometría analítica.

3.4.8. LECCIÓN XIX: Movimiento compuesto en los cuerpos

La Lección XIX por su parte, induce al conocimiento del movimiento compuesto a partir del análisis del lanzamiento de una piedra desde el mástil de una nave que se mueve horizontalmente en un intervalo de tiempo determinado, hecho comprobado experimentalmente por Gasendo y exhibido desde la teoría expuesta por Galileo: "*Si aquel cuerpo, en el cual insistimos se traslada de una parte á otra, todos nuestros movimientos, y el de las cosas que son movidas por nosotros, se hacen del mismo modo que si aquel cuerpo estubiese en quietud*" (Restrepo, 1825, pág. 166). Dicho movimiento se describe desde dos direcciones: una horizontal y otra vertical, las cuales se caracterizan por ser respectivamente *"movimientos iguales y acelerados"* cuya trayectoria traza una semiparábola. En condiciones similares se analiza el lanzamiento de una piedra perpendicularmente hacia arriba, la cual termina representando una trayectoria parabólica en su recorrido. Matemáticamente se identifica el estudio de las relaciones entre distancia, tiempo, velocidades y aceleraciones; descritas empleando un lenguaje geométrico, mediante analogías que modelan la experimentación pero sin involucrar cálculos numéricos ni ecuaciones.

> *"Del pie A del mástil AD arrojese la piedra perpendicularmente hacia arriba, entre tanto que la nave pasa desde A acia C, según la horisontal AC. Hágase la hipotesi de que en el mismo tiempo si la nave estubiera en quietud subiria la piedra a la altura AD, y bajaría de ella, se mueva la nave, con movimiento igual por el espacio AC. En este caso la piedra se mueve con movimiento compuesto, igual según la dirección horizontal AC, y retardado según la dirección perpendicular AD. Cuando después del ascenso vuelve a caer; se mueve también con movimiento igual según la dirección horisontal AC y acelerado según la dirección DA, o BE. Luego en el ascenso, y descenso*

> *describirá una curva parabolica ABBN, y se hallará en el punto C, al mismo momento en que llegue allí el pie A del mástil AD”*. (Restrepo, 1825, pág. 167)

Lo expuesto por Restrepo, es de corte newtoniano, cultura adquirida mediante la lectura de textos divulgativos de experimentalistas como Musschenbroek, Nollet, Booherhave y ‘sGravesande. En consecuencia, se debe tener en cuenta que Newton en los *Principia,* enuncia el movimiento de un proyectil como aquel que padece una resistencia proporcional a su velocidad, siempre y cuando sea uniforme la fuerza de gravedad en cualquier medio homogéneo y tienda perpendicularmente al plano del horizonte (Proposición IV, problema II). En sus planteamientos se presenta todo un constructo teórico, que involucra a la teoría de números y la geometría como principal herramienta de modelación; entre otros aspectos se destaca el uso de la continuidad proporcional existente entre cantidades proporcionales y sus diferencias, la equivalencia establecida entre rectas y segmentos como representantes de velocidad y tiempo. Conjuntamente, la progresión geométrica asignada a la velocidad como consecuencia de la proporcionalidad de sus términos, bajo condiciones de inercia a través de un medio homogéneo y con tiempos iguales.

La ejemplificación de algunos fenómenos en esta sección de Las *Lecciones de Física* se acerca al peculiar uso de figuras que Newton promueve en *Los Principia*. Su forma de emplear las figuras tiene raíces en la antigua concepción griega, donde no se manipulan símbolos algebraicos en los razonamientos matemáticos, pues en su constructo teórico una figura es una representación simbólica por sí misma. En la geometría griega es vital el uso de las figuras como parte de su razonamiento, por ejemplo, para mostrar la existencia de una intersección entre dos círculos. Los griegos podían analizar la figura e inferir una relación directa con la primera proposición del libro de Euclides, donde se construye un triángulo equilátero. No estaba la necesidad de clarificar todas las relaciones existentes entre los objetos de una teoría y presentar axiomas y definiciones explícitamente (Ferraro, 2010). En el caso de *las Lecciones de Física,* se puede pensar que dado el limitado campo de acción logrado por las matemáticas en el nuevo paradigma de ciencia neogranadina, Restrepo ligado aún a las concepciones de la geometría euclidiana toma esta opción como estrategia para modelar en torno a fenómenos naturales desde conceptos como las razones y proporciones, sin tener que involucrarse con teorías matemáticas más complejas.

3.5. CONCLUSIONES: Lecciones de Física de Restrepo en la constitución del pensamiento matemático neogranadino

Después de lo expuesto a lo largo de la presente monografía y con el fin de cerrar este capítulo, se presentan de manera general algunos comentarios finales producto del análisis del texto de José Félix de Restrepo. De igual manera, se invita a revisar el capítulo siguiente donde se realizan planteamientos alrededor del tema con mayor profundidad y detalle.

Al respecto, en primer lugar se establece que el texto de Restrepo en su estructura, alberga una riqueza teórica que da cuenta del cambio vivido durante el periodo colonial. Deja ver el grado de cientificidad con el que se argumenta diferentes fenómenos y principalmente el método empleado en su comprobación, ya no desde lo retórico, sino desde la experimentación y lo cuantitativo. En este caso, evidenciando un mayor interés frente a lo práctico como elemento de demostración para la ciencia y empleando la modelación de los fenómenos principalmente a través de modelos lineales para su conceptualización, lo cual involucra la implementación de conceptos matemáticos y de la axiomática del espacio geométrico euclídeo.

Las Lecciones de Física, pueden ser descritas como un texto donde si bien aún se perciben pequeñas secuelas del conocimiento aristotélico, también se ilustra posturas y alternativas en el campo de las ciencias asumidas por el autor, a fin de no involucrarse en confrontaciones conceptuales que no correspondan a sus intereses. Particularmente su objetivo se direcciona a impulsar aspectos que contribuyan a suplir necesidades académicas, culturales y sociales de la Nueva Granada. En este sentido, se plantea que dichos intereses responden en primer lugar al compromiso adquirido desde la academia para con el desarrollo social de la Nueva Granada. Pues si bien, el contacto de Restrepo con los contenidos ilustrados le abrió el horizonte intelectual que proyectaría con gran éxito durante su estadía en Popayán, Medellín y Bogotá, a tal punto de ser considerado el docente criollo más importante de su tiempo, asimismo, dicho contacto lo erigió como representante indudable del grupo de intelectuales ilustrados llamados por antonomasia a instalar un nuevo orden en la Nueva Granada. Restrepo intentó a través de sus iniciativas, la integración que creía necesaria para la construcción de una nación en proceso de constitución, siguiendo un orden que a través del ideal de la ciudadanía, prometía igualdad, libertad y fraternidad para todos, en una comunidad atomizada y sometida a los efectos de la sociedad estamental caracterizada por las profundas diferencias entre las castas y el sector de los criollos, empeñados en controlar el desarrollo del proceso político y en destacar una presunta superioridad de carácter cultural y económico sobre las capas sociales subalternas (Uribe J. , 2010).

Las *Lecciones de Física* cumplieron un papel fundamental en la consolidación del estudio de las ciencias exactas, son una representación de la huella que dejó la labor de Restrepo como pedagogo y demuestran su papel de innovador. Pues aparte de cumplir con la misión de ilustrar frente a nuevas posturas existentes en el cultivo de las ciencias naturales, rompen paradigmas y abren brechas para que toda una comunidad de intelectuales se encaminara hacia la búsqueda de nuevos campos de estudio y hacia la generación de otras propuestas científicas; demostrando en este caso que el conocimiento fue asumido como proceso social de producción y apropiación. Las políticas implementadas por Restrepo en su tarea pedagógica fueron la génesis de una gran cantidad de proyectos de carácter académico y educativo, que se consolidaron en la época republicana, como por ejemplo, la defensa de la libertad de cátedra realizada desde la dirección general de estudios en la universidad Central, y proyectos como las investigaciones meteorológicas de Caldas, quien a su vez demuestra su inclinación hacia el estudio de las ciencias naturales desde la sustentación de su tesis en el colegio Seminario San Francisco de Asís bajo la dirección de Restrepo, y quien en una carta escrita a Mutis el 5 de agosto de 1801 reconoce: “Por fortuna me tocó un catedrático ilustrado (Dr. José Félix de Restrepo) que detestaba esa jerga escolástica que ha corrompido los más bellos entendimientos; me apliqué bajo su dirección al estudio de la aritmética, geometría, trigonometría, álgebra y física experimental, porque nuestro curso de filosofía fue verdaderamente un curso de física y de matemáticas” (Ocampo, 2010, pág. 23). Además, no se debe olvidar que Restrepo también fomentó la constitución de escenarios de debate científico como el *Semanario*, donde publicaron sus memorias Francisco Antonio de Ulloa, José Manuel Restrepo, Joaquín Camacho, Jorge Tadeo Lozano, Caldas, entre otros.

CAPITULO IV: Las Lecciones de Física de Restrepo y el pensamiento matemático en la Nueva Granada

4.1. Enfoques en la Historia de las Matemáticas

En la historia de las matemáticas ha predominado el enfoque tradicional, cuyo estilo se enmarca en presentar al público un marco de cronologías, que se toman como un sumario de verdades y descubrimientos acumulados. Sin embargo, en los últimos tiempos y bajo el reconocimiento de las matemáticas como una construcción humana sumergida en formas particulares únicas y propias de explicar el mundo, se viene desarrollando una nueva visión de la historia, donde se reconstruye y revela el desarrollo teórico producido en medio de complejas dinámicas sociales.

La historia acumulativa ha sido criticada por varios filósofos de las matemáticas, tal es el caso de Emmanuel Lizcano quien manifiesta preocupación sobre la universalidad de los imaginarios y el desconocimiento que esto genera sobre aquellas formas de pensamiento autóctonas. Se destaca también, David Bloor con su apuesta hacia el programa fuerte en sociología del conocimiento, cuyo principal interés es criticar sobre la exigencia de filiación a un paradigma compartido como prerrequisito para estar dentro de una actividad científica normal. Por tanto, desde el enfoque planteado en esta investigación se hace necesario considerar que en la constitución de una cultura matemática, las teorías hegemónicas sufren transformaciones en los procesos de difusión y recepción a contextos diversos. No llegan y se instalan en su estado original en contextos culturalmente vacios, estas concepciones sufren un estado transitorio, donde se originan procesos de traducción, interacción cultural y de construcción de sentido, lo que termina contribuyendo a la conformación de una cultura matemática particular.

Asumir la complejidad epistemológica existente en las matemáticas, conduce a reflexionar e indagar acerca de la naturaleza sociocultural de la actividad matemática, donde surgen dinámicas diferentes alrededor de la constitución de los conceptos y cobra sentido la relación matemáticas y cultura. Al respecto, existen varios autores como Schubring, Lizcano, Serres, y Goldstein, quienes establecen y demuestran la incidencia de la cultura en el desarrollo de los conceptos matemáticos; desafiando paradigmas y concepciones comunes alrededor de la historia de las matemáticas.

Los estudios en historia de las matemáticas en su mayoría emplean el enfoque internalista para explicar el progreso de esta disciplina en contextos de Cultura Occidental, y el enfoque de corte externalista principalmente en la reconstrucción histórica de países no generadores de conocimiento matemático como Colombia. Dejando en evidencia, la necesidad latente en el fortalecimiento de políticas científicas orientadas hacia una posición particular de la ciencia, cuyo propósito sea suministrar contenidos propios a las investigaciones de países periféricos en contraste con lo desarrollado en países metropolitanos. En consecuencia, se asume como postura en esta investigación la construcción de una historia social, como aquel instrumento necesario para reconocer movimientos de ideas, corrientes culturales e ideologías que han intervenido en la vida intelectual de una nación, tal como lo demuestra el Doctor Arboleda en sus investigaciones, donde exalta la incidencia de la realidad social e institucional en la determinación y el condicionamiento de las actividades científicas particulares realizadas en cierta época, y similarmente, recalcando la función del texto en la formación de una cultura en el contexto local, lo cual se puede documentar desde su circulación efectiva, sus lecturas posibles y una lectura del mismo en prácticas del saber escolarizadas o no. Complementariamente, con los postulados de Gert Schubring, se incorpora la comunicación como un acto básico en las ciencias, reconociendo la epistemología que subyace en cada contexto, destacando la actividad científica como un resultado emergente de una producción social de ideas y no de uno o pocos individuos. Además, reconociendo al sistema educativo de cada nación como aquel que permite la fluidez y circulación del conocimiento desde un conjunto de valores sociales y epistemológicos.

Así, con la puesta en juego de los anteriores elementos se desarrolla un análisis histórico, que contribuye a detectar el estudio de dinámicas académicas que inmersas en un contexto cultural, desencadenan en procesos de hibridación que conducen a la incorporación y apropiación de conceptos matemáticos y científicos, delineando una cultura matemática propia en la Nueva Granada durante la época colonial.

4.2. Transformación en el papel de las matemáticas en la Nueva Granada durante la época colonial ilustrada

La descripción y análisis realizados en los capítulos II y III de la presente monografía, proporcionan elementos definitivos para determinar la transformación que sufre una disciplina como las matemáticas en el pensamiento de los intelectuales neogranadinos. Para tal efecto, se hace una categorización de datos emergentes, teniendo en cuenta los contenidos, el impacto cultural de los libros de texto de mayor difusión en las instituciones de educación superior durante la época colonial ilustrada y las prácticas escolares emergentes de dicha influencia.

Dado que el análisis es un proceso cíclico y una actividad reflexiva, donde los datos se fragmentan y dividen en unidades significativas pero manteniendo una conexión con el total, se establecen categorías, asumidas como aquellos conceptos representantes de los fenómenos hallados en los datos (Jaramillo, 2015) y mediante los cuales es posible responder al interés por caracterizar la transformación que sufre una disciplina como las matemáticas en el pensamiento de los intelectuales neogranadinos entre 1736 y 1826.

Tal categorización se lleva a cabo sobre una masa documental decantada durante el proceso investigativo, constituida por libros de texto de matemáticas y ciencias cuyo análisis permite determinar los enfoques conceptuales abordados por sus autores, sus prácticas, rasgos sociales, epistemológicos, y políticos, presentes en la época y que abrieron la brecha hacia el cambio de pensamiento en la Nueva Granada. Características a través de las cuales fue posible identificar fenómenos sociales implícitos.

La categorización realizada con base en una descripción general de los contenidos, el estudio comparativo de las escuelas de pensamiento de sus autores y las condiciones culturales determinadas en los primeros capítulos, arroja como evidencia el proceso cultural tejido durante la época colonial ilustrada, los fenómenos sociales y académicos que se exponen en las siguientes secciones.

4.3. El rol asignado al conocimiento científico durante la época colonial ilustrada en la Nueva Granada

Después de las indagaciones realizadas, se puede aseverar que el conocimiento científico durante la época colonial ilustrada jugó como un elemento de desarrollo cultural y se vio permeado por la influencia de paradigmas como el aristotélico y la cultura científica ilustrada, los cuales convivieron y se vieron involucrados en una lucha, buscando convertirse en una opinión paradigmática consistente. Sin embargo, en este caso tal disputa culmina en un proceso de hibridación académica moldeada por el contexto, sus intereses, y el nivel de equilibrio logrado por cada paradigma. Por tanto, la cultura científica ilustrada vivió diferentes etapas en las cuales las teorías se enfrentan a periodos de transición, difusión y penetración, hasta llegar a funcionar como una teoría propia de la cultura en la que fue tejida. Esta afirmación se deriva en primer lugar, debido al camino abierto por el énfasis de la filosofía aristotélica en el sentido de alimentar el interés en los criollos por conocer más allá del saber especulativo, integrado a la importancia asignada al conocimiento útil desde la llegada de la filosofía ilustrada en la Nueva Granada. Componentes que impactan los planes de estudio, a tal punto de lograr la reforma de cátedras donde cobra relevancia la ciencia como herramienta de utilidad colectiva, desde el cultivo de áreas como la astronomía, medicina y matemáticas, y el interés por repensar aspectos de la formación en las diferentes instituciones de educación superior.

Otro elemento fundamental que evidencia la importancia asignada al conocimiento, fue la introducción de métodos como el de *la medida y el orden* para conocer la naturaleza a través de un razonamiento lógico y sin especulaciones. Apropiación y uso que dio pauta para la constitución de nuevos campos teóricos y que impulsó al desarrollo de propuestas científicas como la expedición botánica, la creación de nuevas cátedras, y la fundación de universidades. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el concepto de "ciencia útil" comporta una consideración de fondo sobre ordenamiento científico y régimen político, entre ciencia y Estado. Estas empresas del conocimiento se crearon y desarrollaron en el marco de intereses políticos y económicos, se gestaron en un contexto de crisis social y política del régimen monárquico en la Nueva Granada, y fueron parte de la emergencia en el horizonte de un nuevo régimen.

También se destaca en este sentido, la ejecución de métodos de enseñanza que conllevan al proceso de masificación del conocimiento, ayudado por el ingreso a las sociedades académicas de libros impresos, enciclopedias, obras de divulgación y manuscritos, contenidos, enfoques, etc., por parte de catedráticos neogranadinos como José Félix de Restrepo. Por lo cual, un asunto de fondo en el estudio de culturas científicas en la Nueva Granada es las transformaciones en las subjetividades científicas, como producto de dos factores: la emergencia de nuevos dispositivos para relacionar los saberes científicos con sus públicos, y la aparición de concepciones pedagógicas sobre las prácticas de saber en las instituciones educativas y por fuera de ellas.

4.4. Conocimiento científico ilustrado en la Nueva Granada

El interés suscitado por un grupo de intelectuales en la Nueva Granada alrededor del conocimiento como herramienta para el desarrollo de la región se ve involucrado en disputas paradigmáticas que permiten tomar conciencia de su proceso de apropiación. En primer lugar, aparece el control hacia la circulación de textos debido a intereses doctrinales y políticos vigentes en la época, además de la limitación sobre corrientes de pensamiento y autores, dada la dependencia de la Nueva Granada como colonia, sobre el Reinado de España. En este caso, el acceso al conocimiento estaba sujeto a las obras de mayor difusión y aceptación en la academia española, particularmente textos franceses de enseñanza de la física experimental.

A ello se suma el ingreso de autores extranjeros como Newton, Descartes, y Leibniz, principalmente a través de compilaciones y traducciones, por ejemplo, la versión ginebrina de los Principia de Newton consultada por Mutis y la difusión de textos producto de reinterpretaciones de la axiomática newtoniana por parte de autores Franceses y Holandeses como Musschenbroek, ‘sGravesande, Nollet y de la Found. En la mayoría de casos no se tuvo acceso a la fuente principal y solamente fue posible conocer aquellos textos con contenidos supeditados a la comprensión de otros ingenios, esencialmente en el campo de las matemáticas. Esto a causa de la presencia de diversos recursos de transmisión de saberes a distintos públicos, un fenómeno característico de la Ilustración y que los criollos neogranadinos conocieron a través de los planes de estudio concebidos con la reforma de la enseñanza durante la colonia.

Asimismo, se debe reconocer que los conocimientos de ciencias y matemáticas en la Nueva Granada fueron difundidos por científicos no matemáticos, formados en derecho, filosofía y ciencia. Aspecto que corresponde al patrón ilustrado del "savant", particularmente en lo relativo a las disciplinas agrupadas en la "filosofía natural" y la influencia del papel central de la formación en matemáticas de los distintos planes de estudio ilustrados, que sería predominante en las instituciones (metropolitanas no coloniales) de formación de ingenieros, guardias marinas, arquitectos, etc.

Se logró el ingreso de compilaciones realizadas con el objetivo de dar a conocer el estado de las ciencias matemáticas europeas del momento, aunque se habla de textos no tan actualizados precisamente por las dificultades de difusión y comunicación existentes en la época. De otro lado, se impulsó la promoción de aquellos textos de física que se traducían en pruebas de hecho, dado que la premisa ilustrada del conocimiento estaba basada en la experiencia. Además, el patrón de textos franceses de enseñanza de la física experimental basados en Nollet y De la Found, era característico de la Ilustración y fue adoptado en diversas regiones del mundo, en particular en España y sus colonias.

4.5. Ingreso de las matemáticas como consecuencia de su papel en la comprensión de saberes que satisfacen la utilidad y la práctica

La matemática inmersa en el estudio de la filosofía útil aportó en la preparación del nuevo espíritu científico de la Nueva Granada. A partir de allí, las obras matemáticas cobran expectativas de cierto público interesado en una comprensión integral y en la formalización de teorías en saberes que satisfacen la utilidad y la práctica. En la Nueva Granada la matemática fue concebida como una teoría de la medida y el orden, el ideal práctico se introduce a través de la aritmética, geometría, trigonometría, mecánica, entre otras, pero principalmente se habla del ingreso de unas matemáticas mixtas que responden a políticas de utilidad universal.

Por ejemplo, la divulgación del pensamiento matemático desde inicios de la época colonial en su etapa ilustrada en la Nueva Granada, se dirigió al entrenamiento de la razón y como herramienta de orden y medición de fenómenos naturales. En el Discurso del Método del tratado de Wolff (al que se refiere Mutis en 1769) se explica precisamente el doble carácter recurrente de las matemáticas en la Ilustración, como forma de razonamiento y como procedimiento para explicar la naturaleza. No hay oposición aunque sí tensiones, por ejemplo, los modos de enseñanza se orientarán en la aplicación de este doble carácter a uno u otro polo, dependiendo de las situaciones y contextos históricos.

Toda esa dinámica finalmente desemboca en un mayor interés por el abordaje de las matemáticas pero desde un enfoque que proporciona conceptos muy puntuales para modelar y expresar cuantitativamente fenómenos, involucrando un razonamiento que apunta a encapsular el fenómeno en una fórmula, es decir, a designar matemáticamente el "principio" teórico que explica el fenómeno. Este papel asignado a las matemáticas identificado desde el método de la medida y el orden impulsado por Mutis en su discurso inicial, está implícitamente en las políticas de los planes de estudio ilustrados, tiene prioridad en el enfoque transformador llevado a cabo por Restrepo y se refleja en la forma de presentar los contenidos de su libro de texto y en prácticas del saber como el método de la hipsometría de Caldas donde su experiencia física siempre estuvo sometida al control de la dimensión teórica, tanto que es posible hablar de un estilo de matematización newtoniana del fenómeno físico, salvo por la utilización de variaciones lineales en donde deberían haberse realmente utilizado variaciones exponenciales o logarítmicas.

4.6. Implicaciones del contexto en el conocimiento matemático que ingresa a la Nueva Granada

De los textos analizados, se puede denotar la existencia de una matemática subyacente a condiciones socioculturales del período colonial, es decir, la matemática caracterizada en los textos se enmarca inicialmente en el principal interés por parte de los intelectuales neogranadinos de formalizar teorías matemáticas que reflejaran su utilidad en la práctica; por lo cual no se promueve el cultivo de una matemática avanzada en toda su extensión. Bajo estas condiciones, a las matemáticas se les asigna el rol de ciencia secundaria o auxiliar, cumpliendo el papel de instrumento de modelación, orden y medida en las ciencias, particularmente la física y la astronomía, muestra de ello es la mayor aceptación generada para aquella física que se traducía en pruebas de hecho, donde generalmente se eliminan las complejidades de la matemática superior y se opta por lo experimental, de allí el principal interés en la Nueva Granada por la física experimental en sentido estricto, donde tiene principal incidencia la axiomática de Newton y cuyo fundamento es exponer los saberes útiles de su filosofía a la verificación experimental. Por ejemplo, en la Lección III de Restrepo cuando se determinan las variables que intervienen en un movimiento uniforme, se puede observar dos puntos de vista que comprueban lo manifestado anteriormente.

Inicialmente se tiene el punto de vista planteado por Restrepo en su texto *Lecciones de Física*, interesado por describir el concepto desde un lenguaje muy puntual "En el movimiento uniforme, la velocidad del cuerpo se conoce dividiendo el espacio por el tiempo" (Restrepo, 1825, pág. 19), para seguidamente ilustrarlo con un caso particular: *"Suponiendo, por exemplo que el cuerpo tenga un grado de celeridad cuando en tiempo de un minuto corre un espacio de un pie…" y posteriormente proceder a introducir un concepto más formal, en términos geométricos: "El espacio corrido por el cuerpo, es representado por un rectángulo, del cual un lado signifique la velocidad, y el otro el tiempo"* (Restrepo, 1825, pág. 19). Concepción descrita sin profundizar en ella. Mientras tanto, en *Los Principia* por ejemplo se plantea la definición del mismo concepto con un destacado énfasis matemático: "Si un cuerpo es resistido en la razón de su velocidad, y se mueve por su sola inercia a través de un medio homogéneo, y los tiempos se toman iguales, las velocidades en el comienzo de cada uno de los tiempos están en una progresión geométrica, y los espacios descritos en cada uno de los tiempos son las velocidades"[115] (Newton, 1987, pág. 145), el cual posteriormente se somete a un método geométrico de demostración y termina siendo parte de un cuerpo de axiomas y teoremas construidos alrededor de la temática central.

Para la época, las principales producciones de matemática avanzada se obtenían en Inglaterra gracias a los trabajos de Newton, por lo cual sus versiones originales se encontraban en inglés y latín principalmente. Los textos fueron sometidos a procesos de traducción e interpretación, bien sea por parte de los intelectuales neogranadinos o por aquellos autores que realizan la traducción o la compilación, entre los que se destacan 'sGravesande, Musschenbroek,

[115] Proposición II, Teorema II; Sobre el movimiento de los cuerpos que son resistidos en la razón de la velocidad.

Wolff, y Bails. Otro factor incidente en el conocimiento matemático que ingresa al país (una vez este logra un nivel de equilibrio), es la formación autodidacta que adquieren los criollos neogranadinos en función de sus proyectos e intereses particulares.

Por consecuencia de los argumentos esbozados anteriormente, se establece que el tránsito de la producción matemática generada en Europa hacia la Nueva Granada, se vio permeada por algunas valoraciones culturales del país y por la incidencia de la epistemología propia en los canales de comunicación. Por tanto, los conocimientos matemáticos difundidos en las aulas universitarias neogranadinas de la época colonial, tuvieron que ser sometidos a procesos de negociación cultural, además de dinámicas de construcción de sentido alrededor del conocimiento matemático, particularmente a través de la física y la astronomía. Hecho que se materializa en la fortalecimiento de una cultura matemática propia.

4.7. La constitución de una cultura matemática en la Nueva Granada

La instauración de una cultura encaminada hacia el cultivo y la práctica de las matemáticas durante la época colonial en el país, obedece entre otros aspectos, al interés por adquirir conocimientos acordes al paradigma ilustrado y a la necesidad generada desde las actividades intelectuales nativas. Dicho proceso genera la depuración de varias corrientes de pensamiento, además de la tarea de apropiar y reproducir en prácticas escolares y cotidianas, las propuestas conceptuales promovidas desde las cátedras.

Una evidencia de todo ese proceso de cambio llevado a cabo en las aulas universitarias neogranadinas durante la colonia, emana de la experiencia pedagógica recogida por Restrepo. Su texto *Lecciones de Física*, como ya se ha argumentado anteriormente, es considerado como el instrumento que materializa la cultura matemática del país, pues dicho texto es parte fundamental del constructo que impulsó el paso de una física cualitativa a una cuantitativa, donde se exponen conocimientos científicos a través de un lenguaje matemático y se abre el espacio para promover un conocimiento matemático diferente a la propedéutica mental. En este punto de la historia, a través del método impulsado por Mutis, replicado por los catedráticos ilustrados y presente en la esencia de las *Lecciones* de Restrepo, los estudiantes neogranadinos amplían un poco la visión sobre la esencia de las matemáticas, pues es promovida como un campo a través del cual es posible cultivar la razón, conocer otras ciencias mediante conceptos como la medida, la correlación de variables y el orden impartido desde la lógica euclidiana, y la importancia de la dimensión teórica proporcionada por las matemáticas en la práctica y la utilidad.

El pensamiento científico constituido por los neogranadinos causó gran impacto sobre el desarrollo social, a raíz de su acogida se fortalece el espacio para el cultivo y estudio de las ciencias exactas, con la apertura y generación de nuevos campos de estudio en el ámbito educativo de la Nueva Granada. Con todo lo anterior, finalmente se logran los primeros pasos hacia la consolidación del estudio de las matemáticas como una ciencia autónoma.

4.8. La cultura matemática neogranadina desde las Lecciones de Física de Restrepo

El estudio realizado sobre las Lecciones de Física que abordan temáticas relacionadas con la mecánica, provee herramientas para caracterizar el entorno sobre el cual se desarrolla la actividad científica en la Nueva Granada. Dicha caracterización se efectúa mediante la comparación de variables, extraídas de los paradigmas de pensamiento en coexistencia tanto en la etapa de formación como en la etapa ilustrada. También teniendo en cuenta las prácticas del saber impulsadas desde el mismo texto y que reflejan la apropiación efectiva de la física experimental y de conceptos matemáticos.

De manera general, se establece que el texto de Restrepo no puede ser catalogado como una simple síntesis, pues además de enriquecer sus *Lecciones* con varios autores Europeos, argumenta cada una de sus tesis con estilo propio, logrando una hibridación de conceptos según su filosofía, además asumiendo posición frente a cada concepto e introduciendo elementos matemáticos, científicos o de la práctica, según su criterio. En este sentido, se establece que Restrepo adquiere la capacidad de extraer a los conceptos de su corriente de pensamiento, ya sea que pertenezca a la física experimental en sentido estricto o física experimentalista matemática; asignando a cada uno el énfasis adecuado desde sus intereses y necesidades. Por ejemplo, en el texto se puede evidenciar la convivencia de puntos de vista retomados desde Nollet (experimentalista puro), Musschenbroek (experimentalista matemático), Aristóteles y Newton.

Particularmente, en la Lección VI, Restrepo pone en dialogo directo y cuestiona varios autores en torno al concepto de gravedad[116] y sus causas[117], dejando ver los vacios encontrados en sus planteamiento y fijando su aceptación sobre la definición proporcionada por Newton, manifestando argumentos donde señala que aunque Newton no enuncia las causas de la gravedad sino sus efectos, "no puede negarse que su opinión satisface plenamente a los fenómenos de la naturaleza". (Restrepo, 1825, pág. 42)

Para la exposición de las temáticas, emplea principalmente definiciones además de descripciones, y como herramienta de comprobación, acude a la experimentación. Aspecto que coincide con los planteamientos de Nollet quien demuestra mayor interés frente a lo práctico y experimental como elemento de demostración de la teoría en la física, eso sí, apoyándose en gráficos que hacen uso de algunos conceptos de geometría euclidiana y sin inclinarse hacia una filosofía en particular. También en la mayoría de sus lecciones está presente el método matemático, pero en comparación con los planteamientos teóricos presentados por Newton, no se interesa por utilizar herramientas matemáticas como por ejemplo el álgebra simbólica, los procesos de demostración matemática y la teoría de "razones primeras y últimas[118]" impulsada desde *Los Principia.* Estrictamente conserva la esencia de la *mathesis* en su obra, dejando ver a la matemática como la ciencia de la medida y el orden.

Durante el desarrollo del texto, se visibiliza que el autor pretende plasmar un contraste entre teorías anteriores y actuales de la época, donde se reflexiona sobre planteamientos preliminares a la luz de los principios establecidos y acreditados por la experiencia. Por ejemplo, en la Lección 6 se ilustra la concepción de los escolásticos frente a la gravedad de los cuerpos: "los cuerpos graves producen inmediatamente en sí mismos aquella fuerza, con la cual se mueven, o procuran moverse". Aspecto que usa Restrepo para justificar su desacuerdo, *"pues la materia es inerte, y no puede producir en si misma el movimiento local"* (Restrepo, 1825, pág.

[116] Definida como: la fuerza con la cual los cuerpos se inclinan hacia la tierra, la cantidad de materia que hay en los cuerpos, como Ley Universal en cuanto a los géneros de los cuerpos y en cuanto al tiempo. (Restrepo, 1825, pág. 42)
[117] Los escolásticos establecen como causa la capacidad de los cuerpos graves de producir en sí mismos una fuerza con la cual se mueven o procuran moverse. Descartes atribuye el origen de la gravedad al movimiento vorticoso, con que la materia celeste se mueve de occidente a oriente en contorno de la tierra. En tanto Newton, plantea que la gravedad obedece a una ley primitiva y general, impresa por Dios a toda la materia. (Restrepo, 1825, pág. 42)
[118] Proposición demostrada a través del método directo, procedimiento que se asemeja al método épsilon-delta usado en la actualidad.

40) y demostrar que estos fundamentos están en contra de aquello que proporciona la experiencia *"Nada es más probable, dice el mismo autor, que todos los cuerpos se inclinan acia abajo en virtud de una fuerza impelente, pero nada es mas difícil de explicar cual sea ésta"*. (Restrepo, 1825, pág. 41)

El texto expone teorías y experiencias de la ciencia naciente en la época colonial, pues aborda conceptos de autores de gran relevancia que recogen los testimonios de la nueva ciencia, donde se busca acudir a herramientas de la matemática como instrumento de modelación y validación de fenómenos, además de recurrir a la experimentación buscando hacer una ciencia asequible y útil. Entre los autores se incluye: Sigaud de la Fond, Musschenbrock, Abate Nollet, Mr Paulian, 'sGravesande, Clarke, Galileo, Saguillers, Mr Richer, Amadeo Paulian, etc.

Sobre el componente matemático en las Lecciones de Restrepo, se puede decir que emplea en su descripción, conceptos entre cantidades y relaciones lineales entre variables, ambientados en el espacio geométrico euclidiano; *Las Lecciones* se presentan siguiendo el método axiomático y sus comprobaciones se derivan de la aplicación de métodos como el deductivo y la reducción al absurdo. Sin embargo, su presencia no es predomínate ya que en ocasiones lo experimental se convierte en el principal componente de los argumentos esgrimidos en el texto.

Aunque en el documento no se identifica un énfasis fuerte en el uso del álgebra, la geometría analítica, ni los métodos infinitesimales, se resalta el uso de la geometría como elemento de validación. Este aspecto, da un toque singular al trabajo realizado por Restrepo, pues aunque no existen gran cantidad de conceptos matemáticos explícitos en el desarrollo de *Las Lecciones*, sobresale el uso de modelos lineales en la explicación de fenómenos naturales y las figuras empleadas en algunas argumentaciones tienen un alto componente matemático, que requieren cierto dominio principalmente sobre el universo euclidiano. En este caso, posiblemente al igual que con el pensamiento de Newton, el apoyo de Restrepo sobre figuras va mucho más allá de la ejemplificación, y en el fondo guarda una riqueza de pensamiento matemático que quizá desde el paradigma de ciencia actual no refleje gran trascendencia.

Otro aspecto a tener en cuenta sobre la ausencia de cierto tipo de matemáticas en *Las Lecciones* de Restrepo, se genera como consecuencia de los referentes conceptuales difundidos durante la Ilustración, particularmente la incidencia de obras francesas. En el caso de Nollet, se conoce su inclinación por una física con énfasis en lo experimental y con un mínimo interés por practicar el componente cuantitativo. Aspecto derivado de las corrientes de física experimental cultivadas en Europa, donde los holandeses se interesan por un enfoque físico-matemático experimental, mientras los franceses optan por trabajar sobre una física netamente experimental alejada del algebra y la geometría pese a reconocer su importancia.

Por tanto, aunque el pensamiento newtoniano se puede leer en las *Lecciones de Física* del neogranadino, no denota su presencia explicita. El fuerte componente matemático que caracteriza y valida cada uno de los planteamientos del científico Inglés, tal como es característico en textos de su autoría, por ejemplo en *Los Principia*, no es usado por Restrepo. De hecho, se puede identificar que Restrepo toma algunos aspectos de la teoría newtoniana, sin embargo, los despoja de todo concepto matemático diferente al lenguaje geométrico. Esta situación se atribuye a que eventualmente sus referentes no fueron directamente los textos escritos por Newton sino textos de autores como ´sGravesande, Musschenbroek, Boerhaave, Sigaud de la Fond o Nollet, quienes se encargaron de reinterpretar la axiomática newtoniana.

La anterior aseveración, responde en primer lugar a la incidencia de los canales de comunicación entre los países productores de conocimiento y los países destinatarios de dicho conocimiento. Para la época, la Nueva Granada recibió influencia de España quien a su vez se vio permeada por las corrientes de pensamiento predominante en Francia y Holanda, la influencia de Inglaterra no fue tan inmediata debido a la complejidad con la que decidieron abordar la física y la matemática, entre otros aspectos. A esto se suma, el estilo que develan los contenidos del texto de Restrepo, el cual responde más al modelo experimental que a un modelo cuantitativo. También incide que durante el siglo XVII y parte del XVIII, una obra como *Los Principia o Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* de Newton, no fue considerada propiamente como un trabajo de física ya que partía de una entidad teórica, la fuerza, la cual era contemplada más bien como un producto de la imaginación. Por lo cual, la obra representaba un brillante despliegue de matemáticas, pero ignoraba los fundamentos físicos.

Un ejemplo de la manera como la estructura planteada por Restrepo toca tangencialmente los planteamientos realizados por Newton en su texto de filosofía natural, se revela en la descripción hecha sobre las leyes del movimiento, las causas y efectos de la gravedad y el concepto de fuerza. En *Los Principia* para la determinación de las fuerzas centrípetas, se esbozan diez proposiciones, cinco problemas, varios teoremas, corolarios y lemas, derivados de dichas conceptualizaciones, mientras en Las Lecciones de Restrepo existe un énfasis sobre la forma cómo el concepto funciona en automóviles, máquinas, fluidos, entre otros. El concepto de fuerza centrífuga presentado en los dos textos, muestra diferentes enfoques: “Las fuerzas centrípetas de cuerpos que mediante movimientos regulares describen diferentes círculos tienden hacia los centros de esos círculos, y son entre sí como dos cuadrados de los arcos descritos en tiempos iguales divididos respectivamente por los radios de esos círculos (Proposición IV, Teorema IV)” (Newton, 1987, pág. 80). Entre tanto Restrepo las presenta de una manera muy puntual: “Por las leyes del movimiento se sabe que el cuerpo siempre se encamina por línea recta, y que solo describe una cuerda cuando es impelido por muchas potencias…estas dos fuerzas, que producen el movimiento circular, y que tiran continuamente, la una procurando acercar; y la otra separar el móbil del centro como se ve en una honda, se llaman Fuerzas centrales; y para distinguir la una de la otra, a la primera se da el nombre de fuerza Centrípeta y a la otra de fuerza Centrífuga”.

El pensamiento matemático promovido por Newton desde *Los Principia*, cuyo interés se encaminó hacia la introducción de procesos infinitesimales mediante la visualización de las variables como expresiones del movimiento en función del tiempo, no se representa en lo descrito por Restrepo en sus Lecciones. Este planteamiento teórico, requiere partir de las proposiciones que encierra el denominado “Método de las primeras y las últimas razones”, base teórica implementada buscando la emergencia de un objeto matemático que diera cuenta de la variación en general y que pudiera tomarse como referencia para la geometría y la física, como es el concepto de función.

4.9. Cultura matemática en la Nueva Granada desde el esquema metodológico de Schubring

Partiendo de la historiografía y análisis desarrollados en capítulos anteriores, se presentan algunas conclusiones acerca de la transformación del pensamiento matemático en los intelectuales neogranadinos durante la época colonial. Para dicho fin, se acude a referentes como el concepto de estilo nacional presentado por Hebe Vessuri desde su ejercicio investigativo de la práctica antropológica, la perspectiva de la historia social de la ciencia, campo del conocimiento dentro del cual convergen diferentes disciplinas sociales interesadas en esclarecer factores de procesos a través de los cuales se construyen los saberes científicos, y además, se retoman las categorías expuestas en los trabajos de Gert Schubring sobre el desarrollo de conceptos matemáticos en la Europa de los siglos XVIII y XIX. Los referentes mencionados, logran desde esta perspectiva explicar el proceso de inmersión del conocimiento matemático en una cultura permeada durante muchos siglos por un paradigma dogmático, y particularmente, describir el estilo nacional identificado a lo largo del análisis realizado sobre un texto de producción nacional y emergente en la época colonial neogranadina.

El análisis del desarrollo de actividades matemáticas en diferentes países, ha permitido establecer la existencia de centros productores de conocimiento matemático, como lo fue Francia en el siglo XIX, y de regiones periféricas dependientes de ser puestas al día por las comunicaciones del centro. Categorización que desde la historia social de las ciencias y de las matemáticas ha sido producto de cuestionamientos y reflexiones, dado que el rol de las regiones catalogadas como “periféricas”, no es ser un receptor de conocimiento matemático. Es así como desde los postulados de Schubring, se alerta en el sentido de que dichos países construyen su propia cultura matemática, en concordancia con las características socioculturales que le rodean, las influencias matemáticas externas y los canales de comunicación con los que cuenta. Por lo cual, el conocimiento matemático al ser difundido no permanece inalterado y su flujo de comunicación no es tan libre como se había asumido implícitamente, por el contrario, se determina la incidencia de un estilo nacional en las producciones emergentes de dicha cultura matemática. Concepto que Hebe Vessuri, puntualiza y describe como “*Los rasgos peculiares de una práctica científica realizada en contextos socio-institucionales particulares, que comparten* *con otros contextos la creencia, como apropiada y natural, en la estabilidad y universalidad de las formas fundamentales de pensamiento y práctica disciplinaria*" (Vessuri, 1996). Con lo que se reafirma la relación directa entre las cuestiones epistemológicas y la cultura nacional, que permite aproximarse a la manera como se desenvuelve una disciplina como las matemáticas dentro de un contexto social, político, ideológico y económico específico a lo largo de un periodo como la época colonial ilustrada.

En este sentido, es claro que Colombia a lo largo de su historia no ha sido un país productor de conocimiento matemático, sin embargo, no se debe desconocer que en cada época han existido características socioculturales, influencias matemáticas externas y diferentes canales de comunicación que intervienen en la constitución de una cultura matemática propia. La conformación de la cultura matemática durante la época colonial se ve ligada a los esfuerzos realizados por impulsar planteamientos de la corriente ilustrada en la Nueva Granada. Situación que genera una revolución educativa encaminada hacia el uso de la ciencia en la exploración de recursos naturales, el incremento de la agricultura y el fomento del comercio; aspectos que abrieron camino en las aulas al conocimiento matemático desempeñando un rol distinto a la propedéutica mental.

Las matemáticas cultivadas en la época colonial obedecen en gran parte a la utilidad, por tanto se caracteriza el uso de unos conocimientos matemáticos que adquieren valor en la medida que permitan comprender los fenómenos de la naturaleza. Tal valor se concentra como ya se ha mencionado anteriormente en ser considerada como la ciencia universal de la medida y el orden, elemento que facilita el acceso al conocimiento de ciencias como la física, la medicina y la astronomía. Sin embargo, se abre espacio para introducir el método y la rigurosidad con la que se desarrollan las matemáticas, donde se involucran representaciones geométricas en la fundamentación de fenómenos o prototipos, en algunos casos el uso en sus demostraciones de un lenguaje algebraico obtenido de las representaciones, el uso de variables y relaciones entre cantidades. Todo esto evidencia el trabajo desarrollado por los intelectuales neogranadinos quienes logran cambiar el paradigma aristotélico y asignar un rol a las matemáticas dentro de los procesos formativos, rompiendo con el papel fijado a éstas desde inicios de la época colonial cuando tan solo cumplen el papel de gimnasia mental.

Cabe aclarar que aunque parte de ésta investigación se realiza en torno a un solo individuo, éste fue seleccionado por estar inmerso en una comunidad de intelectuales, además de ser considerado como agente dinamizador y multiplicador del pensamiento ilustrado neogranadino; quien actuó bajo unos intereses comunes y de la mano con una comunidad. Además, porque logra con su pedagogía impactar a una comunidad de jóvenes neogranadinos quienes posteriormente continúan profundizando en estos conocimientos hasta lograr ejecutar proyectos donde ponen en práctica los saberes adquiridos en función del desarrollo de su país. Por tanto se puede establecer en este caso, la existencia de una actividad científica emergente de una producción social de ideas.

En el texto publicado por Restrepo, se identifica una tendencia hacia el desarrollo de conocimientos prácticos, donde se asigna un lugar a las matemáticas, y por lo cual, de manera implícita se induce a tener un conocimiento puntual de algunos de sus campos. Sin embargo, se debe reconocer que no es objetivo del texto profundizar en su desarrollo, más bien se preocupa por dar a conocer todos aquellos contenidos de la física que facilitan la comprensión de la naturaleza y mejoran las prácticas cotidianas. De manera general, se lee un interés por presentar unos contenidos más aterrizados a la realidad de los estudiantes y por hacer uso de dichos conocimientos para impulsar el desarrollo de la región. Restrepo no asume como referente un autor en particular, por el contrario toma de varios autores[119] aquello que nutre su objetivo para con la ciencia neogranadina. Es así, como se puede ver que apropia de manera tangencial el pensamiento newtoniano, pues Newton pone a las matemáticas en el centro mismo de la explicación, convirtiendo los procedimientos matemáticos y cuantitativos en la esencia de la ciencia; aspecto que claramente no develan los desarrollos realizados por Restrepo en sus Lecciones de Física.

El proceso de constitución de la cultura matemática neogranadina, se dio en medio del protagonismo que por la época aún disputaban las comunidades religiosas, condición social particular que denota el anclaje a una sociedad marcada por lo doctrinal y que forma parte de las causas por las cuales en la Nueva Granada surge la necesidad de impulsar nuevos paradigmas. Este aspecto condiciona la continuidad de este proceso, sin embargo, no evita el impacto que se

[119] Entre los cuales se destaca: Newton, Huyghens, Gravesande, Keppler, Paulian, Reaumer, Wolff, Nollet.

materializa en hechos concretos como la expedición botánica, los logros investigativos alcanzados por Caldas, el trabajo académico conquistado por Restrepo, y el precedente curricular dejado en Instituciones como el Colegio del Rosario y el Colegio de San Bartolomé. Como consecuencia de todo este trasegar, finalmente en la época Republicana con la reforma de Ospina Rodríguez en 1842, se decreta la facultad de ciencias y matemáticas. Aspecto que tiene su génesis en el trabajo que desarrollan los intelectuales neogranadinos durante la época colonial y como resultado de sus esfuerzos por conocer la naturaleza a través de la razón y asignar un papel a las matemáticas dentro de los procesos formativos. Pues si bien, desde un inicio no se impulsa el cultivo de las ciencias matemáticas por sí mismas, si se abre una brecha para su consolidación. Similarmente se puede establecer que el devenir del conocimiento matemático se vio ligado al desarrollo de unas políticas nacionales que finalmente reconocen su esencia e importancia y terminan otorgando un espacio a este tipo de conocimiento en sus currículos.

4.10. Transición del pensamiento científico en la época colonial en la Nueva Granada

Es claro que el pensamiento científico durante toda la etapa colonial sufre transformaciones por diferentes circunstancias como las discutidas en apartados anteriores, transición que se puntualiza a continuación.

El paradigma científico predominante durante la época colonial en su etapa de formación fue la concepción aristotélica, la cual defendía una naturaleza cualitativa y no plenamente matematizable del mundo natural. Este era un mundo demasiado lleno y poblado como para ser reducido y subsumido en el unidimensional espacio euclídeo, por lo tanto la dificultad real de la concepción aristotélica, consistía precisamente en la necesidad de albergar una geometría euclidiana en el interior de un universo no euclidiano en el universo aristotélico[120]. Por lo tanto, es sus inicios claramente el mayor esfuerzo se dio alrededor del desarrollo de una filosofía doctrinal.

---

[120] Donde se aborda una aritmética especulativa, que trata sobre los números y su naturaleza, lo par y lo impar para comenzar.

Posteriormente se conoce que Galileo exhorta hacia la búsqueda de la descripción matemática de la naturaleza, recuperando para ello las tradiciones platónicas. Aunque Galileo plantea las bases del desarrollo de la matematización formal del universo, no consigue explicitar y formalizar todo el desarrollo implícito en su concepción de una naturaleza matematizable, según algunos autores debido a que Galileo aun estaba inscrito en la mentalidad religioso teocrática, por lo cual, no habría sido capaz de concebir el espacio homogéneo e isótopo donde el movimiento uniforme y rectilíneo de un cuerpo aislado prosigue hasta el infinito.

Galileo solo consideraba las matemáticas como una ayuda para la descripción de la naturaleza, mientras aparece Newton quien las pone en el centro mismo de la explicación, éste permite pasar de la descripción matemática a la explicación matemática. Con Newton tiene lugar el triunfo del desarrollo teórico que posibilitó a los procedimientos matemáticos y cuantitativos convertirse en la esencia de la ciencia.

Se conoce también que a partir de Boyle, la ciencia experimental sufre transformaciones debido a que los experimentos e instrumentos de laboratorio no se limitan a observar pasivamente la naturaleza, sino que pasan directamente hasta cierto punto a producirla.

De lo mencionado, se puede inferir que principalmente la concepción teocrática-religiosa del mundo, tuvo una gran influencia en el proceso de matematización del mundo y en los avances que de allí se derivarán. Además, en la tradición aristotélica se reivindicaba la idea de que lo más importante era develar las causas que producen los fenómenos. Para los científicos del siglo XVII, principalmente para Galileo y Newton, esto no era suficiente, era necesaria una explicación que describiera el fenómeno en sus diferentes fases. Se debe tener en cuenta que grandes pasos en el desarrollo de las matemáticas se producen a raíz de su relación inicial directa con las ciencias, principalmente la física.

En el caso de la Nueva Granada, el interés dirigido hacia el conocimiento y desarrollo de las ciencias en las aulas universitarias se vio influenciada por el paradigma dominante de la edad media. Pese a ello, logran ingresar otros paradigmas como el ilustrado, logrando impactar las nuevas generaciones de estudiantes, consiguiendo a futuro, el cultivo de las ciencias exactas a través de planes de estudio formales. Por ejemplo, en 1847 bajo el gobierno del general Tomas Cipriano de Mosquera, se funda el colegio militar cuya función era formar los oficiales científicos del estado a través de un pensum con un componente altamente matemático. Finalmente en el caso de la física, se logra pasar de una física como mero instrumento de exploración y exhibición, hacia un plano donde se desarrolla un método de riguroso análisis cuantitativo de la naturaleza.

4.11. Conclusiones finales y trabajos futuros

Dar respuesta a condiciones de inserción histórica de la Nueva Granada en la modernidad, implica ver la incidencia de lo sociocultural y político en la constitución de procesos relacionados con la apropiación del conocimiento. En este caso, los intereses planteados desde un grupo de intelectuales como representantes de la comunidad neogranadina, inciden en la renovación curricular, que termina en la búsqueda de metodologías alternas a las desarrolladas habitualmente, la exploración sobre otras miradas en la ciencia y la inclusión de nuevos conocimientos. Todo en medio de dinámicas sociales encargadas de dirigir procesos de apropiación, que finalmente desembocan en la ejecución de proyectos que develan la importancia de continuar cultivando nuevas ciencias en estrecha relación con las necesidades del contexto.

4.11.1. Sobre el contexto educativo de la época colonial ilustrada

"Cada nueva generación empieza su vida en el mundo de los objetos y fenómenos creados por las generaciones precedentes… el pensamiento y los conocimientos de cada generación subsiguiente se forman apropiándose de los avances ya alcanzados por la actividad cognoscitiva de las generaciones anteriores" (Dumoulin, J, 1973). Por tanto, es necesario comprender los procesos suscitados al interior del campo educativo con el fin de garantizar a la sociedad, la transmisión activa a las nuevas generaciones de los avances alcanzados. En este sentido, se hace importante realizar la descripción de la cultura educativa tejida en este país desde épocas anteriores y reconocer la dinámica de fortalecimiento de la misma e identificar aquellos factores que en alguna medida pudieron incidir en su evolución.

Los objetivos del proceso educativo, responden al encargo social que dicha sociedad plantea a la escuela, teniendo en cuenta esto, se presenta un análisis desde la reconstrucción histórica hecha en esta investigación, recogiendo elementos que permiten describir el contexto educativo de la época colonial ilustrada. Como primer componente, se puede identificar la exclusividad en sus contenidos y programas, dado que inicialmente su manejo se encuentra en manos de las comunidades religiosas quienes se inclinan por la formación hacia el conocimiento de Dios. En este caso específico, se puede ver que la reforma educativa nace a partir de las necesidades de un grupo de personas interesadas en el desarrollo de la nación, sin embargo, es evidente que desde dicha época no se ha apostado por una práctica educativa autóctona, siempre han existido influencias externas, que aunque terminan permeadas por un estilo nacional, finalmente demuestran que desde inicios de la época colonial el país ha sido receptor de conocimiento; puntualmente en lo relacionado con las ciencias exactas. Sin embargo, es claro que es una época donde las ciencias anteriormente mencionadas ganan espacio en el currículo neogranadino, también adquieren autonomía y entran a jugar un papel fundamental en la consolidación de los procesos educativos, convirtiéndose en el instrumento que facilitaría el cambio de paradigma y el avance hacia niveles educativos de mayor jerarquía.

Se debe tener en cuenta que la enseñanza de las matemáticas y gran parte de la reforma educativa, emerge de una necesidad netamente política, donde interesa instruir alrededor de un conocimiento útil que proporcione herramientas hacia el avance económico y social del país. Conocer a través de los sentidos, es una práctica que desde la cátedra de Mutis se impulsa, sin embargo, éste termina involucrando una lógica teórica y metodológica que solo es posible respaldar desde las matemáticas. Esto bajo la pretensión de liberar a las ciencias de las dimensiones extrasensoriales y de locuacidad en las que estaban siendo abordadas. Potenciado también por el hecho de que José Celestino, desde muy temprana edad estuvo rodeado por contextos donde se vivía pleno auge comercial con América, además de sumergirse en el estudio de las ciencias y el movimiento de la Ilustración.

El impulso en la Nueva Granada de cátedras como la de Mutis, el plan de Moreno y Escandón, la constitución de la junta de estudios, y el plan de Caballero y Góngora, son políticas que abren paso al cultivo de las ciencias exactas en Colombia y con ello a una gran revolución educativa, económica y social. Por ejemplo, la consolidación de un grupo de intelectuales con ideas de independencia quienes finalmente logran la emancipación del imperio español, reivindicando en su política el apoyo a procesos como la educación útil, práctica y pública, fomentando el estudio de las ciencias naturales con miras hacia el desarrollo económico, y la descentralización de la educación y su organización por niveles (uno, dos y tres correspondiente a la educación básica y cuatro y cinco a universidades departamentales y centrales).

La naturaleza de la comunidad académica en cabeza de José Celestino Mutis constituida durante la época colonial, tiene gran incidencia en la revolución educativa alcanzada, fue una sociedad conformada bajo intereses comunes que nacen de la formación recibida en las aulas de clase con ideas extraídas del movimiento ilustrado pero con la suficiente autonomía para diseñar su propio modelo bajo las necesidades del contexto. Lo anterior es posible evidenciarlo en las temáticas propuestas para ésta área en los planes de estudio, a través del pensamiento que años más tarde exterioriza José Félix de Restrepo, al inicio de su cátedra, definiendo a las matemáticas como: "Método para rectificar los pensamientos y coordinar las ideas y formar juicios seguros", además, del papel que es asignado a estas ciencias en el texto sobre Lecciones de Física.

En concordancia con la época actual, podemos ver que las políticas educativas obedecen a intereses del contexto como herramienta de equidad social, para asegurar la igualdad de oportunidades y contribuir al desarrollo del país. Hoy en día, el Ministerio de Educación Nacional basa la construcción del Currículo en acuerdos internacionales cuya misión es promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo. Sin embargo, este aspecto aumenta la brecha de desconocimiento sobre la riqueza conceptual autóctona existente en cada comunidad y que desde los procesos educativos instaurados en la época colonial se viene promulgando, no existe desde dicha etapa un espacio en el currículo que incentive el estudio alrededor de tales conocimientos, se viene desconociendo entonces desde tiempos inmemoriales la diversidad cultural existente en este país. Si bien, la bandera de la revolución educativa durante la época colonial ilustrada era la utilidad, hoy en día es la calidad. Cada época o cada gobierno ha impulsado diferentes revoluciones educativas, lo cual obligatoriamente debe conllevar a infinidad de reflexiones sobre los aciertos y desaciertos de dichas políticas implementadas, las cuales podrían finalmente convertirse en un insumo que nutra las nuevas propuestas.

En este sentido, la historia como indagación de los hechos del pasado, se convierte en un ejercicio permanente de interpretación y explicación, proporcionando aspectos que facilitan también la comprensión del presente y la proyección futura de la sociedad. Del mismo modo, admiten la restitución en un mismo momento de acontecimientos intelectuales, su historicidad y su función en el plano de la cultura. Por ejemplo, el presente estudio permite evidenciar cómo aquellos argumentos agrupados bajo intereses sociales, terminan ambientando y condicionando la actividad científica. Así mismo, es un instrumento que posibilita recuperar la historia de las ciencias en el propio país, contribuyendo al esclarecimiento o reformulación de cuestiones históricas aún sin respuesta. En particular, es posible identificar que desde 1787 cuando Mutis propone el plan de estudios de matemáticas, se viene implementando como metodología de enseñanza: la explicación, demostración y el ejercicio. Es decir, ésta es una práctica que tiene más de doscientos años de vigencia en las aulas colombianas, pues aún se sigue efectuando.

Finalmente, se establece que en los procesos educativos la historia puede cumplir funciones que contribuyen a superar los vacios presentados durante este proceso. Desde su génesis y epistemología logra ser empleada a través de la historia de las ideas, para el provecho de la didáctica. Así mismo, está comprobado que la enseñanza desde una perspectiva histórica afecta positivamente a la motivación de los estudiantes, al igual que la determinación de concepciones y obstáculos ligados al desarrollo de una noción, es una herramienta muy útil para el análisis didáctico de las concepciones y obstáculos que se pueden presentar en el proceso de enseñanza aprendizaje.

4.11.2. Aportes a la Educación Matemática y a las prácticas educativas

La Educación Matemática vista como un campo académico y como un dominio de interacción entre la investigación, el desarrollo y la práctica, se convierte en el espacio formal donde es posible formular interrogantes, generar debate y dar respuesta a aquello que surge en la praxis. En este campo, la interdisciplinariedad es un aspecto característico, pues de acuerdo con el modelo Vasquiano[121], las problemáticas en estudio deben ser pensadas desde otras áreas del conocimiento (psicología, filosofía, historia de las matemáticas, lógica, informática, antropología, sociología y neurología), las cuales deben hacer un esfuerzo por trascender el nivel de agregado disciplinar; traduciéndose finalmente en la elaboración de propuestas conjuntas en las que intervengan con sus propios conceptos y métodos.

Desde este tipo de estudios históricos, se contribuye a reiterar la postura donde las matemáticas son el resultado de construcción humana, y por tanto, están ligadas al contexto cultural que las produce y a sus arduos procesos de interrelación cultural, en contraposición al concepto tradicional, según el cual las matemáticas son una disciplina completamente abstracta desligada del hombre y su cultura. Este es un trabajo en historia de las matemáticas que da cuenta de lo complejo de la difusión de teorías como la newtoniana, sin olvidar que dichos procesos de expansión se desarrollan en el marco de un contexto sociocultural.

El estudio realizado permite comprender en una dimensión más amplia las dificultades de difusión del conocimiento y conformación de una cultura matemática particular, que en este caso involucra la caracterización epistemológica de la física newtoniana, su apropiación y las condiciones socioculturales bajo las cuales se ha dado dicho proceso. Admite también, la identificación de los aspectos que hicieron posible la constitución de una cultura matemática propia en la Nueva Granada, comprendiendo que en este momento histórico y en las condiciones socioculturales por las que pasaba el país, era necesario introducir contenidos matemáticos que fueran en consonancia con la medición, el orden y la modelación. En este caso no era necesario involucrar concepciones tan abstractas como el cálculo de Newton, ni teorías de mayor complejidad que por la época eran cultivadas en Europa.

La identificación del rol asignado a las matemáticas desde sus orígenes en los procesos educativos en Colombia proporciona insumos al campo de la Educación Matemática, con los cuales es posible generar reflexiones en términos del desarrollo curricular consolidado a lo largo

[121] El modelo Vasquiano fundamenta en su interacción en un octógono de disciplinas (psicología, filosofía, historia de las matemáticas, lógica, informática, antropología, sociología y neurología) donde plantea como centro de interlocución tres ramales: las matemáticas realmente existentes, las matemáticas de investigación y las matemáticas escolares, con lo cual se piensa a la Educación Matemática como distinta a las demás disciplinas pero impensable sin ellas (Vasco, 1994).

de la historia, sus aciertos y desaciertos, al igual que la construcción de propuestas que determinen el fortalecimiento de las políticas educativas del país. Asimismo, con este tipo de estudios se plantea nutrir aquellos campos incipientes aún en la academia, mostrando una historia de la matemática alterna a la vivida por los países productores del conocimiento matemático, pues como países receptores de dicho conocimiento también se posee una cultura matemática propia, cuya identidad debe darse a conocer. Demostrando que en tal proceso de constitución, la actividad matemática no permanece inalterada pues termina siendo permeada por los intereses políticos y educativos del país; en este caso las producciones académicas de la época dan cuenta de tal fenómeno.

El trabajo realizado espera proporcionar explicaciones históricas, pedagógicas y epistemológicas del pasado que puedan ser aprovechadas para esclarecer aspectos de la cultura matemática de la actualidad, pudiendo ser empleado como base por las comunidades académicas para fortalecer futuros proyectos educativos o investigativos.

Como consideración final respecto a la práctica pedagógica, el estudio realizado invita a crear conciencia sobre la naturaleza de las matemáticas, pues generalmente desde la formación que se imparte actualmente en las universidades, se conciben como elementos abstractos ajenos a la cultura y al contexto. La presente investigación conduce a comprender que su consolidación se da en medio de dinámicas sociales y se termina dando mayor relevancia a ciertos conceptos que llegan a las aulas y de quienes se desconocen sus antecedentes históricos, los cuales pueden aportar en los procesos de comprensión de toda noción matemática. Es decir, la importancia de la historia de la matemática para incluir en las estrategias pedagógicas. Así mismo, se devela la naturaleza política del currículo desde la cual se asigna un papel específico al conocimiento en la formación de los ciudadanos colombianos, y donde la escuela debe asumir un papel dinámico y crítico frente a lo que desde allí se propone.

A manera de conclusión, de la metodología implementada en la época colonial ilustrada, queda como insumo didáctico el impulso hacia el conocimiento práctico introducido en la cátedra de Mutis y materializado por Restrepo en su práctica educativa; en este aspecto el conocimiento matemático por ejemplo, fue empleado en la creación de máquinas simples y compuestas con diferentes funcionalidades.

4.11.3. Consideraciones finales

Un indicador clave del fenómeno acaecido en la formación de la cultura científica en Colombia, radica en la lectura e interpretación realizada sobre la postura de Nollet, por parte de los intelectuales neogranadinos, entre ellos Restrepo. La filosofía de hibridación característica de sus obras y que fue expresada por la vía de la experimentación, con el fin de eludir la confrontación histórica europea entre la física de Newton y Descartes, fue un insumo que los intelectuales neogranadinos incorporaron a su filosofía "*Nosotros no nos postramos de rodillas para venerar como oráculos los caprichos de algún filósofo. La razón y no la autoridad tendrá derecho a decidir nuestras disputas*" (Apartado de la "Oración de Estudios" en el Real Colegio Seminario de Popayán, octubre 1791). Por tanto, en sus trabajos es particular identificar la coexistencia de posturas que se conjugan a fin de cumplir con el objetivo de cuantificar y encapsular fenómenos de la naturaleza. En este mismo sentido, se demuestra que un estudio realizado bajo condiciones e intereses particulares, crea la necesidad de "negociar" en términos de Schubring, con aquellos conocimientos que provienen del exterior y que requieren ser apropiados bajo condiciones específicas. Es así, como se termina por delinear un papel específico para las ciencias y las matemáticas, instaurando un camino por cultivar y consolidar en las instituciones de educación superior.

Un tema interesante para el estudio de la cultura matemática de los eruditos criollos a comienzos del siglo XIX, es la explicación matemática de fenómenos naturales que involucraban variables correlacionadas, únicamente a través de modelos lineales, es decir, de razones y proporciones. Aspecto que deja ver el nivel de permeabilidad logrado por los intelectuales neogranadinos, frente a las "nuevas ciencias", y que sin duda debe ser reconocida a José Félix de Restrepo. En primer lugar por la labor de difusión y enseñanza ejercida a través de su excelente magisterio. En segundo lugar por haber logrado consignar toda esa experiencia en su texto *Las Lecciones de Física*, legado que permite a partir de su análisis identificar la cultura científica propia que se logró construir durante la época colonial. En tercer lugar, por haber logrado introducir las matemáticas como la ciencia de la medida y el orden, en un contexto donde la especulación dominaba, y finalmente, por inducir a quienes fueran sus discípulos en el cultivo de las ciencias desde la práctica y el análisis, a los cuales les correspondió dar un paso más adelante y realizar esfuerzos para comprender el complejo papel que cumple una ciencia como las matemáticas con respecto al componente analítico del método impulsado por Mutis, lo que define el razonamiento dirigido a encapsular el fenómeno en una fórmula, es decir, a designar matemáticamente el "principio" teórico que explica el fenómeno.

Finalmente, como aporte hacia la consolidación de la historia local de las matemáticas, se plantean algunas temáticas de investigación vislumbradas en diferentes trabajos históricos que pueden contribuir en dicha dirección. A nivel local, existen diferentes épocas e instituciones cimentadas en el país, con procesos de constitución histórica particular. Por tanto, se infiere que aún existen líneas abiertas de investigación con respecto al papel de las matemáticas en diferentes instancias importantes para la nación, como son: la expedición botánica, el fundamento matemático empleado en las tesis de Caldas, Torres y los intelectuales de la época. En general, existe una gran cantidad de material histórico que no ha sido explorado, material entre el que se destaca el albergado en los archivos históricos de Universidades como la del Cauca, la del Rosario y la Nacional.

Bibliografía

Albis, V. (1987). Los principia de Newton y sus relaciones con el desarrollo de las Ciencias Naturales en la Nueva Granada. *Revista de la Universidad Nacional, 2 (11)* , 50-54.

Anacona, M., & Arboleda, L. (1996). Las geometrías no euclidianas en Colombia. La apuesta euclidiana del profesor Julio Garavito Armero (1865- 1920). *Quipu. Revista Latinoamericana De Historia De Las Ciencias Y La Tecnología* , 7-24.

Araque, E. (2010). Distinción de la física clásica Newtoniana con respecto a la física antigua Aristotélica. *Revista Pensamiento Humanista,1* , 29-35.

Arbeláez, G. (2012). Proceso de instauración del análisis matemática en Colombia: 1850 -1950 (Tesis Doctoral). *Universidad del Valle, Calí.*

Arboleda, L. (1987). Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: el caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820). *Quipu, 4 (1)* , 7-32.

Arboleda, L. C. (1986). Mutis: Entre las Matemáticas y la Historia. En L. C. Arboleda, *Historia Social de las Ciencias. Sabios, médicos y boticarios* (págs. 11-25). Bogotá: Empresa Editorial Universidad Nacional. Colciencias.

Arias de Greiff, J., Arboleda, L., & Espinosa, A. (1993). *Historia Social de la Ciencia en Colombia. Matemáticas Astronomía y Geología. Tomo II.* Bogotá: COLCIENCIAS.

Bails, B. (1779). *Elementos de Matematicas, Tomo I.* Madrid: Imprenta de la Viuda de Joachim Ibarra.

Bails, B. (1779). *Elementos de Matemáticas, Tomo II.* Madrid: Imprenta de la Viuda de Joachim Ibarra.

Bails, B. (1789). *Principios de matemáticas.* Madrid: Imprenta de la viuda de Joachim Ibarra.

Boeri, M., & De Echandía, G. (1998). *Aristóteles, Física.* Madrid: Editorial Gredos.

Casas, G. (1996). Ciencia y episteme en Isaac Newton. *Revista Ciencia Ergo-Sum, 3 (1)* , 51-59.

Castro, I., & Pérez, H. J. (2004). Primeros antecedentes sobre lo infinitamente pequeño. *Universitas Scientiarum, 9 (1)* , 13-22.

Dávila, J. M. (2011). *Ciencias útiles y planes de estudio en la Nueva Granada: método racional y canon wolffiano en la filosofía escolar neogranadina (1762-1826).* Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.Tesis de Maestría en Historia.

Díaz, S. (2005). La Ilustración en la Nueva Granada: su influencia en la educación y en el movimiento de emancipación, el caso de Mutis. *Boletín de historias y antiguedades VOL. XCII No. 828* , 117.

Duarte, J. (2011). El mundo físico de Aristóteles. *Góndola: enseñanza-aprendizaje de las ciencias, 6 (1)* , 62-70.

Fajardo, J. D. (1999). La implantación del Ratio Studiorum en La Provincia del Nuevo Reino de Granada. *Revista Portuguesa de Filosofia* , 275 -317.

Ferraro, G. (2010). Some mathematical aspects of Newton's Principia . *Newton and the method of the last and ultimate ratios* .

Ginés, J. V. (1975). *La Historia de la ciencia española.* Madrid: Instituto de España, Cátedra "Alfonso X el Sabio".

Goldstein, C. G. (1996). L'Europe mathématique. Lectura: Changing cultural and epistemological views on mathematics and different institutional contexts in nineteenth Europe. Gert Schubrin. *Éditions de la Maison des sciences de l'homme, París.* , 363- 390.

Gómez, R., & Harquina, J. (1984). Sobre las leyes de Newton. *Revista Mexicana de Física* , 693-708.

Granés, J., & Sierra, H. (1989). Newton y el Empirismo. *Revista Ideas y valores, 38 (79)* , 123-126.

Greiff, F. a.-L. (2015). *Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango-Biografías*. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango-Biografías: http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/fondos-abierto/autores/leon-de-greiff

Grobet, L. (2005). *La filosofía natural en René Descartes.* México: Instituto de investigaciones filosóficas-Universidad Nacional Autónoma de México.

Guijarro, V. (2001). La enseñanza de la física experimental en la Europa del siglo XVIII. *Endoxa, Series filosóficas Madrid. UNED (14)* , 111-136.

Guijarro, V. (2001). Petrus Van Musschenbroek y la física experimental del siglo XVIII. *Revista Asclepio,53 (2)* , 191-212.

Gurdián, A. (2007). El paradigma cualitativo en la investigación socio-educativa. En A. Gurdián, *El paradigma cualitativo en la investigación socio-educativa* (pág. 283). San José, Costa Rica: IDER.

Hernández de Alba, G. (1983). *Los escritos científicos de Don José Celestino Mutis.* Bogotá: Instituto Colombiano de cultura Hispánica.

Herrera, D. (1991). José Felix de Restrepo, filosofo ilustrado. *Ideas y valores,40 (85-86)* , 19-36.

Jaramillo, L. G. (2015). Proceso de análisis de la información., (pág. 28). Popayán.

Literatos, R. d. (1863). Biografía eclesiastica.

Lombana, A. (1991). Gonzalo Hernández de Alba: Catedrático e Historiógrafo. *América Negra* , 2-4.

Lombardi, O. (1997). Comparación entre la física aristotélica y la mecánica clássica: algunos problemas de interpretación. *Revista Educación en Ciências. Universidad Nacional de General San Martín Buenos Aires, 1(3)* , 62-70.

Lozano, F. (1984). Biografía de Don Jorge Tadeo Lozano. *Boletín de historia y antiguedades N- 116-117 (1916)* .

Marquina, J., Ridaura, R., Álvarez, J., Marquina, V., & Gómez, R. (1996). Philosophiae Naturalis Principia Mathematica: considraciones en torno a su estructura matemática. *Revista Mexicana de física, 42 (6)* , 1051-1059.

Mateus, K. A. (2013). *Una propuesta para la enseñanza de la trigonometría y la astronomía, desde los conceptos de razón, ángulo y cuerda, basada en la construcción de las tablas de cuerdas del Almagesto de Ptolomeo (Tesis Doctoral).* Bogotá , Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Newton, I. (1987). *Principios matemáticos de la Filosofía natural. (Estudio preliminar, traducción y notas de Antonio Escohotado).* Madrid: Tecnos (Primera edición en Latín 1687).

Nobre, S. (1995). La difusión de las matemáticas en la primera mitad del siglo XVIII en Alemania a través de la gran enciclopedia universal. *Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, 18 (34)* , 113-133.

Obregón, D., Arboleda, L., Quevedo, E., Arias de Greiff, J., & Espinosa, A. (1993). *Historia social de las ciencias en Colombia. Fundamentos Teórico-Metodológicos. Tomo 1.* Bogotá: COLCIENCIAS.

Ocampo, J. (2010). El maestro José Felix de Restrepo,el educador de la generación de independencia de Colombia. *Revista Historia de la educación Latinoamericana,14* , 9-60.

Olivárez, J. (1987). Newton todavía esta ahí. *Revista Elementos. México* , 58-63.

Oller, A., & Gairín, J. (2013). La génesis histórica de los conceptos de razón y proporción y su posterior artmetización. *Revista Latiniamericana de Investigación en matemática Educativa* , 317-338.

Pacheco, J. M. (1984). *Ciencia, filosofía y Educación en Colombia, Siglo XVIII* . Bogotá: Ecoe Ediciones.

Paradinas, J. L. (2012). Las matemáticas en la Ratio Studiorum de los jesuitas. *Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, 35 (75)* , 129-162.

Partal, J. d. (2005). Infinito, divisibilidad y continuo en la Física de Aristóteles. *XV Congrés Valencià de Filosofia:" Josep L. Blasco in memoriam"* , 495-507.

Pérez, C. (2003). *Hume, Intérprete de Newton (Tesis Doctoral).* Madrid: Universidad Complutense, Departamento de Filosofía.

Quintás, G. (1995). *Los principios de la filosofía.* Madrid: Alianza.

Quintero, J. E. (1999). La Huella de Crhistian Wolff en la Educación Neogranadina. *Historia de la Educación Colombiana, 2* , 83-104.

Ramírez, E. (2004). Implementación de la Ratio studiorum en el Colegio de San Bartolomé (1604-1767). *Theologica Xaveriana, (152).Universidad Javeriana, Bogotá.* , 651-678.

Recalde, L. (2012). *Lectura 1: Las matemáticas en la antiguedad griega (Notas de Clase).* Santiago de Cali: Departamento de matemáticas, Universidad del Valle.

Recalde, L. (2012). *Lectura 3 : Arquímedes y el problema de las cuadraturas (Notas de Clase).* Santiago de Cali: Departamento de matemáticas, Universidad del Valle.

Recalde, L. (2012). *Lectura 4: Las raices del álgebra: Diofanto y Alkhowarizmi (Notas de Clase).* Santiago de Cali: Departamento de matemáticas, Universidad del Valle.

Recalde, L. (2012). *Lectura 5: La evolución del álgebra y los indivisibles de Cavalieri (Notas de Clase).* Santiago de Cali: Departamento de Matemáticas, Universidad del Valle.

Recalde, L. (2012). *Lectura 7 : El cálculo y la solución al problema de las cuadraturas (Notas de Clase).* Santiago de Cali: Departamento de Matemáticas, Universidad del Valle.

Restrepo, J. F. (1825). *Lecciones de Física para los jovenes del Colejio Mayor Seminario de San Bartolomé.* Bogotá: Impreso por FM Stokes.

Rodriguez, L. D. (1996). Traducción cultural y relaciones de poder: las Lecciones de Física de José Félix de Restrepo, Nueva Granada (1825). *Revista Física y Cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias, 1 (2)* , p.111 - 120.

Rull, A. (2012). La creación del léxico de los aparatos de Física experimental en español: Jean Antoine Nollet y Antonio Nicolás Zacagnini. *Revista de Investigación Lingüística, 15.* , 223-249.

Shapiro, A. (2007). La filosofía experimental de Newton. *Estudios de Filosofía, 35* , 105-141.

Silva, R. (2004). *Saber, cultura y sociedad en el Nuevo Reino de Granada, siglos XVII y XVIII.* Santa Fé de Bogotá, Colombia: La Carreta Editores.

Soto, D. (2005). Aproximación histórica a la Universidad Colombiana. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana, (7)* , 99-136.

Soto, D. (1991). La cátedra de filosofía en los planes ilustrados del Virreinato de la Nueva Granada. *Revista Colombiana de Educación, (22-23)* , 111-137.

Torres, J. (2009). La Concepción Aristotélica Del Continum. Un análisis comparativo de física. *Revista Philosophica Volumen 35* , 211-227.

Uribe, D., & Piedrahita, M. I. (2008). *Aportes de José Celestino Mutis a la Educación en los Estudios Superiores de la Nueva Granada.* Medellin: Universidad de Antioquia.

Uribe, J. (2010). José Felix de Restrepo, Educador y político. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana, Volumen 14* , 61-82.

Uribe, J. (2005). La Universidad Colonial Neogranadina y la Ilustración 1774 -1810. *Revista de la Educación Latinoamericana, (7)* , 295-326.

Vargas, P. (1945). *Historia del Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís de Popayán.* Bogotá: ABC.

Vargas, R. (2011). Ruta de una reforma:La educación entre el plan de Antonio Moreno y Escandón y la reforma de Francisco de Paula Santander. *Revista Mutis, Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1 (1)* , 47-73.

Vessuri, H. (1996). ¿Estilos nacionales de antropología?. Reflexiones a partir de la sociología de la ciencia. *Maguaré, 11(4)* , 11-12.